

Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή στην Ιατρική Πληροφορική

Σύνοψη

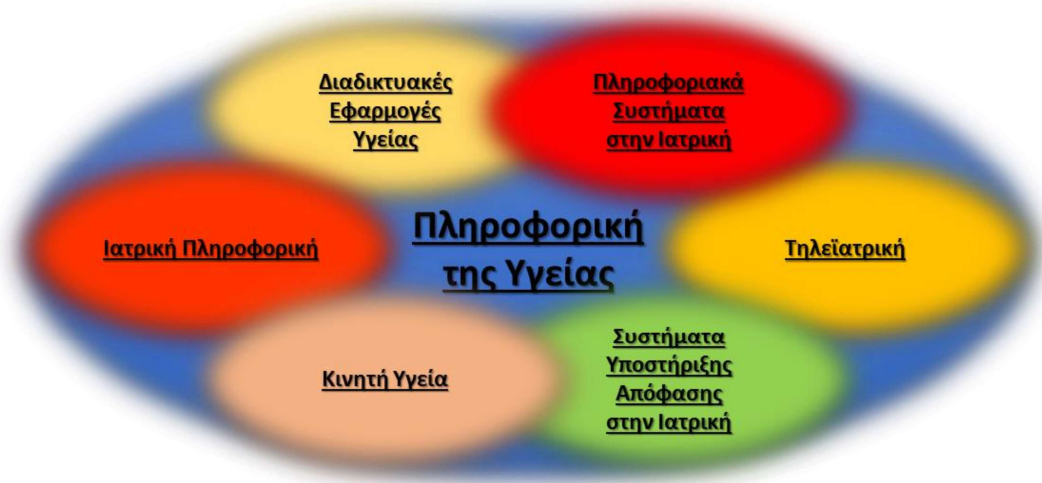
Η ιατρική πληροφορική είναι ο κλάδος που περιλαμβάνει όλες τις εφαρμογές της πληροφορικής στην ιατρική. Άμεσα συνυφασμένη με την εξέλιξη της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών, η ιατρική πληροφορική έχει γνωρίσει ραγδαία εξέλιξη τις τελευταίες δεκαετίες, φτάνοντας στη σύγχρονη πραγματικότητα να συμπεριλαμβάνει μια σειρά από επιμέρους κλάδους ανάπτυξης, όπως τα πληροφοριακά συστήματα υγείας, την ψηφιακή επεξεργασία βιοσημάτων, τα συστήματα υποστήριξης απόφασης, την τηλεϊατρική και την κινητή υγεία. Με τον όρο να χρησιμοποιείται ως συνώνυμο της ηλεκτρονικής υγείας, η πληροφορική ιατρική αναφέρεται σε όλες τις εφαρμογές που αφορούν στην υγεία, και έτσι πέρα από το ιατρικό επίπεδο συμπεριλαμβάνει τις πληροφοριακές εφαρμογές στη νοσηλευτική και τη φαρμακολογία, αλλά και γενικότερα στη διοίκηση και την οικονομική διαχείριση μονάδων υγείας. Επιπλέον, συμπεριλαμβάνει και τις εφαρμογές πληροφορικής σε σχέση με την τηλεϊατρική και την κινητή υγεία.

Προαπαιτούμενη γνώση

Δε χρειάζεται κάποια προαπαιτούμενη γνώση.

1.1 Εισαγωγή

Η εξέλιξη της ιατρικής ανά τους αιώνες συνδυάζεται πάντα με τις αντίστοιχες τεχνολογικές εξελίξεις. Η ραγδαία εξέλιξη της πληροφορικής, από μια ιδέα στη φαντασία των οραματιστών πριν από έναν αιώνα μέχρι τη σημερινή της μορφή, ως συνδυασμός όλων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, με την παράλληλη ανάπτυξη των τηλεπικοινωνιακών δικτύων, αποτέλεσε και αποτελεί το γόνιμο έδαφος πάνω στο οποίο πολλοί τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας εξελίσσονται σε νέα επίπεδα. Ο τομέας της ιατρικής και γενικότερα της υγείας αποτελεί ίσως τον σημαντικότερο τομέα έρευνας και ανάπτυξης, καθώς έχει ως επίκεντρό του τον άνθρωπο. Η πληροφορική της υγείας (health informatics) είναι το αποτέλεσμα αυτής της σύμπραξης μεταξύ τηλεπικοινωνιών και πληροφοριακών εφαρμογών με την ιατρική και όλων των συναφών με αυτή λειτουργιών. Η έννοια της πληροφορικής της υγείας είναι ιδιαίτερα ευρεία και περιλαμβάνει όλες τις εφαρμογές πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών στον χώρο της υγείας, συμπεριλαμβανομένων συνεπώς όλων των υπολοίπων συναφών εννοιών, όπως η ιατρική πληροφορική (medical informatics), τα πληροφοριακά συστήματα υγείας (health information systems), ο ηλεκτρονικός ιατρικός φάκελος (electronic medical record), η τηλεϊατρική (telemedicine) και η κινητή υγεία (mhealth).



Εικόνα 1.1 Πληροφορική της Υγείας.

1.2. Βασικές Έννοιες

Η πληροφορική είναι η επιστήμη που ασχολείται με την έννοια της πληροφορίας και των δεδομένων, καθώς και όλων των σχετικών με αυτά ενεργειών, όπως η απόκτηση, η καταγραφή, η διαχείριση, η επεξεργασία, η κωδικοποίηση, η μετάδοση, η ανάλυση, η κρυπτογράφηση και η συμπίεση. Η πληροφορική, που είναι ίσως η νεότερη από τις σύγχρονες επιστήμες, γνώρισε αλματώδη εξέλιξη με την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών και των υπολογιστικών συστημάτων, καθώς μέσω αυτών μπορούν να υλοποιηθούν με αυτοματοποιημένο τρόπο τεχνικές επεξεργασίας μεγάλου όγκου δεδομένων. Τα πληροφοριακά συστήματα είναι συστήματα που είναι σχεδιασμένα να υλοποιούν μια ή περισσότερες από τις παραπάνω λειτουργίες σε ένα σύνολο δεδομένων ή πληροφοριών. Επίσης, η ανάπτυξη της πληροφορικής έχει μεγάλο αντίκτυπο σε άλλα πεδία ανθρώπινης δραστηριότητας.

Η ιατρική είναι η επιστήμη που ασχολείται με την έρευνα και την εφαρμογή τεχνικών και μεθόδων για τη διάγνωση και τη θεραπεία των ασθενειών του ανθρώπου. Θέτοντας στο επίκεντρό της τον άνθρωπο και την υγεία του, η ιατρική αποτελεί την αρχαιότερη των επιστημών με την εξέλιξή της να είναι συνυφασμένη με αυτή του ανθρώπου, έχοντας τις απαρχές της στις πρώτες ανθρώπινες κοινωνίες. Βγαίνοντας από το χώρο της τέχνης και της μαγείας, όπου ανήκε μέχρι πριν από λίγες εκατοντάδες χρόνια, η ιατρική απέκτησε επιστημονική υπόσταση και πλέον αποτελεί τον ερευνητικό κλάδο, ο οποίος στο σύγχρονο ερευνητικό τοπίο συγκεντρώνει το μεγαλύτερο ενδιαφέρον.

Ο όρος «Ιατρική Πληροφορική» αναφέρεται κυρίως στον κλάδο που σχετίζεται με τις εφαρμογές της πληροφορικής στην ιατρική. Συνδυάζοντας την αρχαιότερη με μια από τις νεότερες επιστήμες, η ιατρική πληροφορική είναι ένας χώρος σύνθεσης ιδεών, με την πληροφορική να δρα επικουρικά ως προς την ιατρική αλλά και ταυτόχρονα να μεγεθύνει σε υπερθετικό βαθμό τα αποτελέσματα αυτής στην κοινωνία. Παράλληλα, μέσω της ιατρικής πληροφορικής ανοίγονται και νέοι δρόμοι παροχής υπηρεσιών υγείας, όπως στην τηλεϊατρική ή την κινητή υγεία, οι οποίοι παρόλο που δεν αποτελούν νέους κλάδους της ιατρικής επιστήμης, επιτρέπουν την εφαρμογή της σε περιοχές που ήταν απρόσιτες με τις έως τώρα κοινά εφαρμοζόμενες πρακτικές.

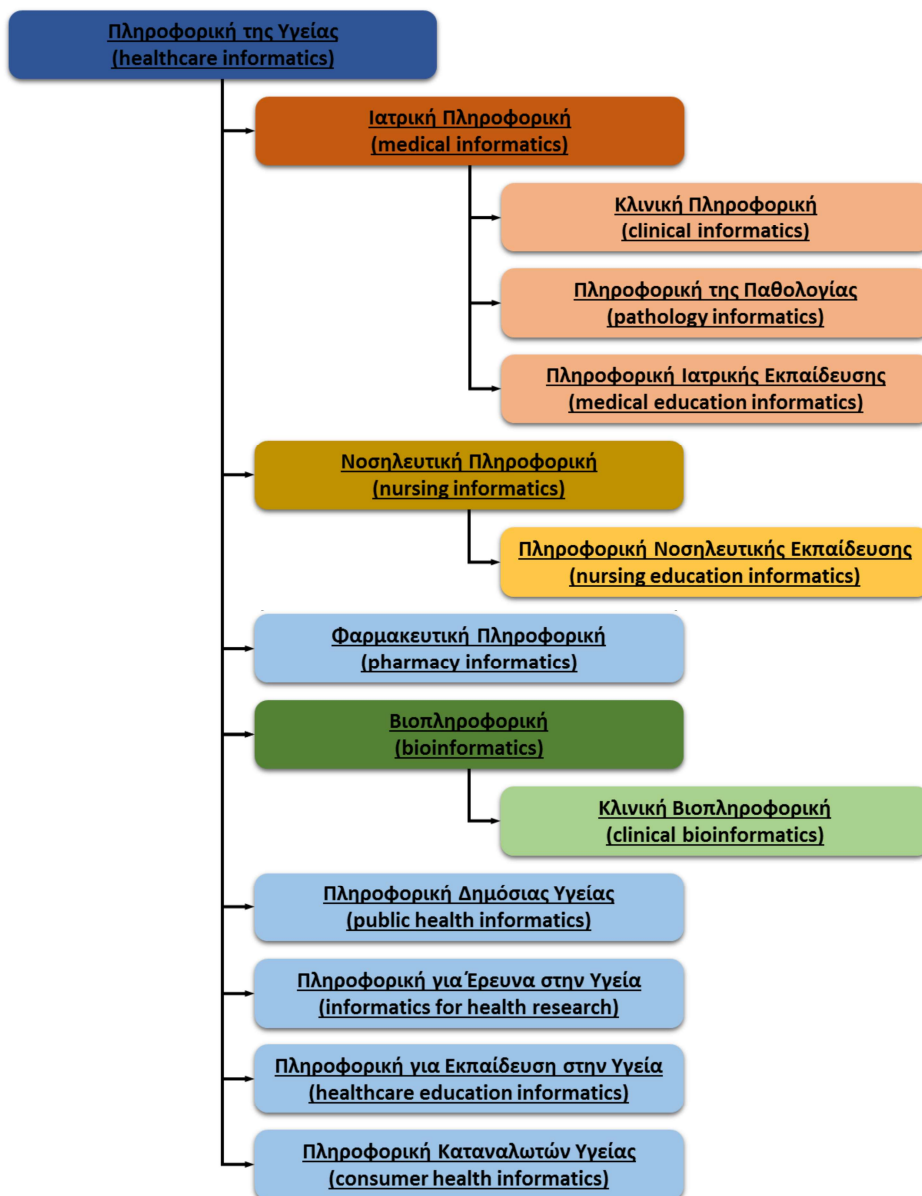
Τυπικά, η ιατρική πληροφορική είναι υποσύνολο της πληροφορικής της υγείας, καθώς αφορά μόνο ένα από τα υποσύνολα της υγείας, αυτό της ιατρικής, και δεν καλύπτει άλλα σημαντικά τμήματα, όπως η νοσηλευτική και η φαρμακευτική. Παρ' όλα αυτά όμως, ο όρος «Ιατρική Πληροφορική» χρησιμοποιείται ως συνώνυμο αυτού της «Πληροφορικής της Υγείας», όπως προκύπτει και από ορισμούς που έχουν παρουσιαστεί στη βιβλιογραφία, όπως: «Ιατρική Πληροφορική είναι ο διεπιστημονικός κλάδος που ασχολείται με τη μελέτη, τον σχεδιασμό, την ανάπτυξη, την υιοθέτηση και την εφαρμογή της πληροφορικής στον τομέα των υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης, διαχείρισης και σχεδιασμού», που έχει δοθεί από την Εθνική Ιατρική Βιβλιοθήκη των ΗΠΑ.

1.2.1. Κατηγορίες Πληροφορικής της Υγείας

Η Πληροφορική της Υγείας συμπεριλαμβάνει πληροφοριακές εφαρμογές σε όλα τα πεδία που άπτονται του κλάδου της υγείας, με αποτέλεσμα να διαμορφώνει ένα πολυσύνθετο και πολυποίκιλο τοπίο. Έτσι, η πληροφορική της υγείας περιλαμβάνει τα ακόλουθα πεδία:

- Ιατρική πληροφορική (medical informatics), με επιμέρους κλάδους την κλινική πληροφορική (clinical informatics), την πληροφορική της παθολογίας (pathology informatics) και την πληροφορική ιατρικής εκπαίδευσης (medical education informatics).
- Νοσηλευτική πληροφορική (nursing informatics), με επιμέρους κλάδο την πληροφορική νοσηλευτικής εκπαίδευσης (nursing education informatics).
- Φαρμακευτική πληροφορική (pharmacy informatics).
- Βιοπληροφορική (bioinformatics) και κλινική βιοπληροφορική (clinical bioinformatics).
- Πληροφορική δημόσιας υγείας (public health informatics).
- Πληροφορική για έρευνα στην υγεία (informatics for health research).

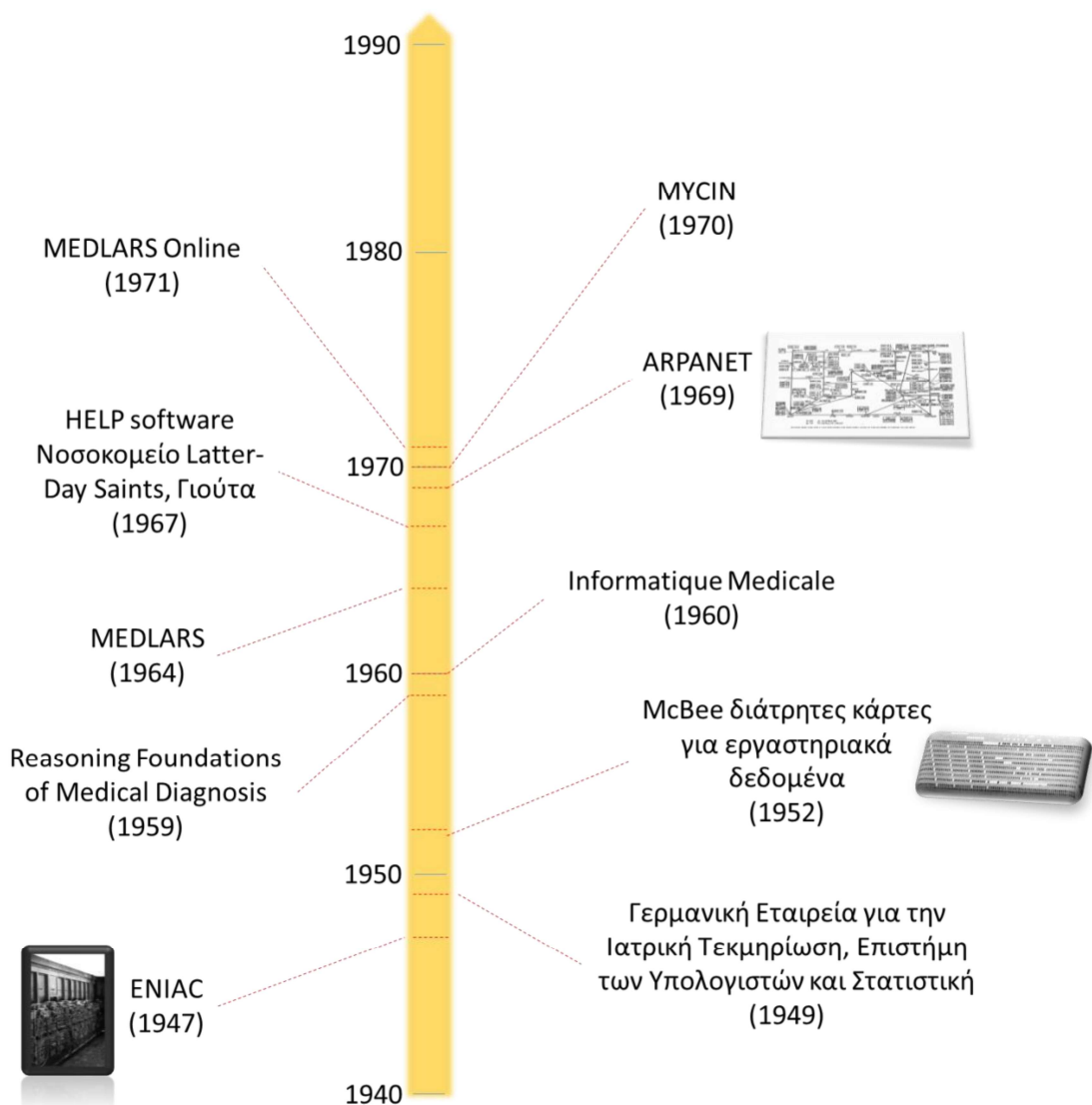
- Πληροφορική για εκπαίδευση στην υγεία (healthcare education informatics).
- Πληροφορική καταναλωτών υγείας (consumer health informatics).



Εικόνα 1.2 Κατηγορίες Πληροφορικής της Υγείας.

1.2.2. Ιστορική Εξέλιξη

Κάποια βασικά γεγονότα στην εξέλιξη της πληροφορικής σε σχέση με την υγεία παρουσιάζονται στην Εικόνα 1.3.



Εικόνα 1.3 Ιστορική εξέλιξη της Πληροφορικής της Υγείας.

Το 1949 ο Gustav Wagner ιδρύει τη Γερμανική Εταιρεία για την Ιατρική Τεκμηρίωση, Επιστήμη των Υπολογιστών και Στατιστική (German Society for Medical Documentation, Computer Science and Statistics), η οποία αποτελεί την πρώτη οργάνωση που συσχετίζει ενεργά την επιστήμη των υπολογιστών με την ιατρική. Το 1952 ο Arthur E. Rappoport παρουσίασε στο συνέδριο της Αμερικανικής Εταιρείας Κλινικής Παθολογίας την εμπειρία του σε σχέση με τη χρήση της συσκευής McBee για εισαγωγή διάτρητων καρτών για την καταγραφή εργαστηριακών δεδομένων (Porth & Lübke, 1996; Park, et al., 2013). Μερικά χρόνια αργότερα, οι Ledley και Lusted (1950) δημοσιεύουν στο περιοδικό Science μια εργασία με τίτλο «Reasoning Foundations of Medical Diagnosis», στην οποία εξέφρασαν την ελπίδα ότι με την αξιοποίηση των ηλεκτρονικών υπολογιστών και της πληροφορικής μεγάλο μέρος της δουλειάς των γιατρών θα αυτοματοποιηθεί και ως εκ τούτου θα μπορούσαν να αποφευχθούν πολλά ανθρώπινα λάθη.

Το 1960 ο όρος ιατρική πληροφορική κάνει την εμφάνισή του στη Γαλλία, ενώ το ίδιο έτος ιδρύεται και αντίστοιχο πανεπιστημιακό τμήμα. Το MEDLARS (Medical Literature Analysis and Retrieval System) ξεκινάει τη λειτουργία του το 1964. Πρόκειται για την πρώτη δημόσια διαθέσιμη βιβλιογραφική βάση δεδομένων βιοϊατρικής πληροφορίας. Η βάση περιλαμβάνει βιβλιογραφικές πληροφορίες για άρθρα από περιοδικά που καλύπτουν ιατρική, νοσηλευτική, φαρμακευτική, οδοντιατρική, κτηνιατρική και υγειονομική περίθαλψη. Μετά

την ανάπτυξη του ARPANET το 1969, που αποτελεί πρόδρομο του INTERNET, το MEDLARS γίνεται διαθέσιμο και μέσω δικτύου, με την έκδοση MEDLARS online, το 1971.

Το πρώτο σύστημα ιατρικής υποστήριξης απόφασης χρησιμοποιείται στο Νοσοκομείο Latter-Day Saints, στη Γιούτα των ΗΠΑ. Το λογισμικό ονομάζεται HELP (Health Evaluation through Logical Processing) και χρησιμοποιείται για πρώτη φορά το 1967. Ένα από τα πλέον γνωστά συστήματα υποστήριξης απόφασης κάνει την εμφάνισή του μερικά χρόνια αργότερα (1970). Πρόκειται για το MYCIN, ένα έμπειρο σύστημα που χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει τα βακτηρίδια που προκαλούν σοβαρές λοιμώξεις, όπως η βακτηριαμία και η μηνιγγίτιδα, αλλά και να συστήσει τα κατάλληλα αντιβιοτικά με τη δοσολογία να προσαρμόζεται ανάλογα με το σωματικό βάρος του ασθενούς.

Τις επόμενες δεκαετίες δεκάδες πληροφοριακά συστήματα, ιατρικές βάσεις δεδομένων, συστήματα υποστήριξης απόφασης και διαδικτυακές εφαρμογές παρουσιάζονται είτε σε ερευνητικό είτε σε εμπορικό επίπεδο, με αποτέλεσμα η χρήση της πληροφορικής στην υγεία να θεωρείται αυτονόητη με την έναρξη του 21^{ου} αιώνα. Ωστόσο, νέες εξελίξεις στην τεχνολογία και στις τηλεπικοινωνίες, με την ανάπτυξη των δικτύων κινητής τηλεφωνίας και των «έξυπνων» κινητών συσκευών (τηλέφωνα, ταμπλέτες) δίνουν νέα ώθηση τα τελευταία χρόνια στις εφαρμογές της πληροφορικής στην υγεία.

Βιβλιογραφία/Αναφορές

- Ledley, R. S., & Lusted, L. B. (1959). Reasoning Foundations of Medical Diagnosis. *Science, New Series*, 130 (3366), 9–21.
- Park, S., Parwani, A. V., Aller, R. D., Banach, L., Becich, M. J., Borkenfeld, S., Pantanowitz, L. (2013). The history of pathology informatics: A global perspective. *Journal of Pathology Informatics*, 4, 7.
- Porth, A. J., & Lübke, B. (1996). History of computer-assisted data processing in the medical laboratory. *European Journal of Clinical Chemistry and Clinical Biochemistry*, 34, 215–29.

Κριτήρια αξιολόγησης

Κριτήριο αξιολόγησης 1

Αναφέρετε τον ορισμό της ιατρικής πληροφορικής.

Απάντηση/Λύση

Ιατρική Πληροφορική είναι ο διεπιστημονικός κλάδος που ασχολείται με τη μελέτη, τον σχεδιασμό, την ανάπτυξη, την υιοθέτηση και την εφαρμογή της πληροφορικής στον τομέα των υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης, διαχείρισης και σχεδιασμού.

Κριτήριο αξιολόγησης 2

Περιγράψτε συνοπτικά σε τι αναφερόμαστε με τους όρους «ιατρική πληροφορική» και «πληροφορική της υγείας».

Απάντηση/Λύση

Τυπικά, η ιατρική πληροφορική είναι υποσύνολο της πληροφορικής της υγείας, καθώς αφορά μόνο ένα από τα υποσύνολα της υγείας, αυτό της ιατρικής και δεν καλύπτει άλλα σημαντικά τμήματα, όπως η νοσηλευτική και η φαρμακευτική. Όμως οι δύο όροι χρησιμοποιούνται συνήθως ως συνώνυμοι.

Κριτήριο αξιολόγησης 3

Αναφέρεται τα πεδία της πληροφορικής της υγείας.

Απάντηση/Λύση

Η πληροφορική της υγείας περιλαμβάνει τα ακόλουθα πεδία:

- Ιατρική πληροφορική, με επιμέρους κλάδους την κλινική πληροφορική, την πληροφορική της παθολογίας και την πληροφορική ιατρικής εκπαίδευσης.
- Νοσηλευτική πληροφορική, με κλάδο την πληροφορική νοσηλευτικής εκπαίδευσης.
- Φαρμακευτική πληροφορική.
- Βιοπληροφορική και κλινική βιοπληροφορική.
- Πληροφορική δημόσιας υγείας.
- Πληροφορική για έρευνα στην υγεία.
- Πληροφορική για εκπαίδευση στην υγεία.
- Πληροφορική καταναλωτών υγείας.

Κεφάλαιο 2 – Ιατρικά Δεδομένα και Πρότυπα

Σύνοψη

Στο κεφάλαιο αυτό επισημαίνονται οι ανάγκες που προκύπτουν για την ενιαία αντιμετώπιση των ιατρικών δεδομένων όσον αφορά στην καταγραφή, τη διάδοση και την αξιοποίησή τους. Αναδεικνύονται έτσι οι στρατηγικές προτυποποίησης και κωδικοποίησης των διαδικασιών με σκοπό την ομοιογένειά τους. Το κεφάλαιο διαρθρώνεται οραματιζόμενο ένα ενιαίο ολοκληρωμένο υπολογιστικό σύστημα υγείας, το οποίο θα μπορούσε να λειτουργήσει σε παγκόσμια κλίμακα και για όλες τις ιατρικές ειδικότητες. Οι απαιτήσεις που εισάγει ένα τέτοιο σύστημα πηγάζουν από την υπόθεση σύμφωνα με την οποία ο οποιοσδήποτε ειδικός θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να αξιολογήσει ένα σύνολο ιατρικών δεδομένων, χωρίς επεξηγήσεις και περαιτέρω καθοδηγήσεις από κάποιον συνάδελφό του, παρά μόνο κατευθυνόμενος από τις απαιτήσεις που ορίζουν συγκεκριμένα πρότυπα. Το κεφάλαιο εστιάζει στην προτυποποίηση τριών βασικών απαιτήσεων, α) του περιεχομένου των δεδομένων, β) της ταξινόμησης και κωδικοποίησης της ορολογίας των ιατρικών όρων, και τέλος γ) της μετάδοσης των ιατρικών δεδομένων. Αφού αναλυθούν οι ανάγκες για καθεμιάς από της παραπάνω απαιτήσεις, θα αναφερθούν ενδεικτικά οι σημαντικότερες προσπάθειες προτυποποίησης, όπως αυτές εφαρμόζονται σήμερα.

Προαπαιτούμενη γνώση

Το παρόν κεφαλαίο δε χρειάζεται κάποια προαπαιτούμενη γνώση από τον αναγνώστη. Διαρθρώνεται με λογικά επιχειρήματα και μπορεί να γίνει αντιληπτό από τον οποιοδήποτε έχει εμπειρία ως επισκέπτης σε δομές υγείας, και από την προσωπική του εμπειρία από δικά του ιατρικά δεδομένα. Μερικά τεχνικά θέματα δικτύων και επικοινωνιών αναφέρονται με τέτοιο τρόπο ώστε να γίνονται αντιληπτά από τον οποιοδήποτε αναγνώστη, και δεν απαιτείται γνώση μηχανικών υπολογιστών.

2.1. Προτυποποίηση ιατρικών δεδομένων και διαδικασιών

Στην εποχή όπου η τεχνολογία έχει πραγματοποιήσει τεράστια βήματα, υπάρχουν πλέον τα μέσα για την συλλογή και αξιοποίηση ιατρικών πληροφοριών σε ένα ευρύτατο φάσμα πληθυσμών, ασθενειών και θεραπειών τους, αλλά και οργανωτικών ζητημάτων. Στα πλαίσια του οράματος για την υλοποίηση ενός ευρύτερου συστήματος διαχείρισης υγείας παρουσιάζονται πολλές απαιτήσεις σχετικές με το περιεχόμενο, την ομοιογένεια, αλλά και τη διάδοση της ιατρικής πληροφορίας.

Για να γίνει αυτό περισσότερο αντιληπτό θα προσπαθήσουμε να το αναδείξουμε μέσω ενός απλού παραδείγματος. Σκεφτείτε έναν ασθενή, ο οποίος επισκέπτεται το οικογενειακό του ιατρό, διότι παρουσιάζει συγκεκριμένα συμπτώματα. Ο ιατρός αξιολογεί τον ασθενή του με τα μέσα που έχει στο ιατρείο του, αποφαινεται στη διάγνωση του, παραπέμπει όμως τον ασθενή για περαιτέρω εξετάσεις σε κάποια μονάδα υγείας με περισσότερα διαγνωστικά μέσα. Ο ιατρός συντάσσει ένα παραπεμπτικό, στο οποίο καταγράφει κάποια από τα δεδομένα του ασθενούς (ηλικία, φύλο, κ.α.) μαζί με την παρούσα κατάστασή του (σύμφωνα με την κρίση του) και την αποστέλλει στο διαγνωστικό κέντρο. Στο διαγνωστικό κέντρο λαμβάνει το παραπεμπτικό ένας άλλος ιατρός, ο οποίος καλείται να αξιολογήσει την κατάσταση του ασθενούς. Τι θα συμβεί όμως αν το παραπεμπτικό του οικογενειακού ιατρού είναι ελλιπές σύμφωνα με την κρίση του ιατρού στο διαγνωστικό κέντρο; Τι θα συνέβαινε επίσης εάν η ορολογία που χρησιμοποιούσε ο οικογενειακός ιατρός δε γινόταν αντιληπτή από τον ιατρό στο διαγνωστικό κέντρο; Αναρωτηθείτε επίσης και ακόμα πιο θεμελιώδη ζητήματα, όπως για παράδειγμα τι θα συνέβαινε εάν ο ιατρός στο διαγνωστικό κέντρο αναμένει το παραπεμπτικό με FAX, ενώ ο οικογενειακός ιατρός του ασθενούς το απέστειλε με ηλεκτρονικό ταχυδρομείο. Είναι προφανές ότι τέτοια φαινόμενα δεν παρουσιάζονται στην καθημερινή κλινική πράξη σε επίπεδο συνεργασίας δύο ειδικών, διότι οι δύο ιατροί έχουν εκ των προτέρων καθορίσει συγκεκριμένο τρόπο με τον οποίο θα πραγματοποιείται η συνεργασία τους. Έχουν προκαθορίσει δηλαδή ποια στοιχεία και ιατρικά δεδομένα θα αποσταλούν και με ποιον συγκεκριμένο τρόπο.

Γενικεύοντας το παραπάνω παράδειγμα επιδιώκεται μια προσπάθεια, όπου συμβατικοί ορισμοί και κανόνες της ιατρικής πράξης καθορίζονται από παγκόσμιους οργανισμούς υγείας, με σκοπό κάθε ειδικός να μπορεί να αξιολογήσει τα ιατρικά δεδομένα, λαμβάνοντάς τα και αναγιγνώσκοντάς τα καθοδηγούμενος από τους κανόνες

αυτούς. Επομένως, μπορούμε να ορίσουμε τα πρότυπα ιατρικών δεδομένων ως ένα σύνολο από κανόνες και ορισμούς που επιτρέπουν την ανάπτυξη ολοκληρωμένων πληροφοριακών συστημάτων για την μετάδοση και αξιοποίηση των δεδομένων από πολλούς διαφορετικούς ειδικούς. Τρεις είναι οι βασικοί τομείς που απαιτούν προτυποποίηση και όλοι στοχεύουν στον προαναφερθέντα σκοπό:

1. **Προτυποποίηση των δεδομένων που καταγράφονται από κάθε ασθενή κατά τις επισκέψεις του στις δομές υγείας.** Η καταγραφή πρέπει να περιλαμβάνει όλα εκείνα τα χαρακτηριστικά που μπορούν να επηρεάσουν την υγεία του ασθενούς, από τα δημογραφικά του στοιχεία, το ιστορικό των συγγενών του, τον τρόπο ζωής του κ.α. Εν συνεχεία, πρέπει να καταγράφονται τυχόν διαγνώσεις αλλά και φαρμακευτικές αγωγές που λαμβάνει. Επίσης σημαντικό σημείο στην καταγραφή είναι να τηρείται ιατρικό ιστορικό του ασθενούς, δηλαδή να υπάρχουν όλες οι καταγραφές που έχουν γίνει για οποιοδήποτε λόγο. Η συστηματική καταγραφή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε χρόνιες ασθένειες και καταστάσεις, καθώς μπορούν εύκολα να εξαχθούν συμπεράσματα για τους παράγοντες που επηρεάζουν την υγεία του ασθενούς. Τέλος, στα δεδομένα του ασθενούς καταγράφονται οικονομικά στοιχεία και στοιχεία ασφαλιστικών φορέων του ασθενούς. Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό, τα ιατρικά δεδομένα του ασθενούς πρέπει να καλύπτουν ένα ευρύτατο φάσμα στοιχείων, γεγονός που καθιστά απαιτητή την ύπαρξη συγκεκριμένων κανόνων, ώστε να διασφαλίζεται η ποιότητα και η πληρότητα των δεδομένων. Στην επόμενη ενότητα αυτού του κεφαλαίου θα περιγραφεί με μεγαλύτερη λεπτομέρεια ο ηλεκτρονικός φάκελος ασθενούς, ο οποίος προτυποποιείται για τους λόγους που αναπτύχθηκαν ανωτέρω.
2. **Ταξινόμηση και κωδικοποίηση των ιατρικών όρων και διαδικασιών.** Το πεδίο αυτό επιδιώκει την ομοιογένεια των ιατρικών όρων (π.χ. της ονοματολογίας των ασθενειών, αλλά και των ίδιων των ανθρώπινων οργάνων) αλλά και των ιατρικών διαδικασιών (π.χ. ιατρικές επεμβάσεις και θεραπείες). Για την επίτευξη του στόχου αυτού έχουν προταθεί διάφορες προσεγγίσεις από παγκόσμιους οργανισμούς υγείας. Σε γενικές γραμμές μπορούν να αναφερθούν πρότυπα ταξινόμησης, ονοματολογίας και κωδικοποίησης, τα οποία είναι ουσιαστικά βάσεις δεδομένων με ιατρικούς όρους ταξινομημένα σε μορφή δέντρου, όπου ο κάθε όρος κωδικοποιείται με ένα συγκεκριμένο κωδικό. Το πρώτο επίπεδο ταξινόμησης γίνεται συνήθως σύμφωνα με την τοπολογία των συμπτωμάτων στο ανθρώπινο σώμα. Περισσότερο εξελιγμένα πρότυπα δημιουργούν συσχετίσεις μεταξύ των όρων αλλά και συσχετίσεις μεταξύ ασθενειών και διαδικασιών επιτρέποντας την υλοποίηση οντολογιών μεταξύ των όρων και βοηθώντας τον ιατρό στην κλινική πράξη. Με την επίτευξη της ταξινόμησης και κωδικοποίησης των ιατρικών όρων αίρεται η όποια αφαιρετικότητα ενδέχεται να εισαχθεί από κάποιον ειδικό και συμβάλει στην ομοιογένεια των ιατρικών δεδομένων.
3. **Προτυποποίηση μετάδοσης δεδομένων.** Η προτυποποίηση της μετάδοσης δεδομένων αφορά και αυτή μια σειρά από κανόνες και προδιαγραφές που πρέπει να πληρούνται από ιατρικές εφαρμογές και λογισμικά, με σκοπό την έγκυρη και ασφαλή διάδοση της ιατρικής πληροφορίας μεταξύ ιατρικών δομών. Στην περίπτωση αυτής της προτυποποίησης αναφερόμαστε ξεκάθαρα σε προτυποποίηση για την υλοποίηση μέρους πληροφοριακού συστήματος. Συγκεκριμένα προτυποποιείται το υποσύστημα το οποίο είναι υπεύθυνο για την επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών συστημάτων και τη διάδοση της ιατρικής πληροφορίας. Στο σημείο αυτό είναι αναγκαίο να διευκρινιστεί ότι τα πρότυπα μετάδοσης της ιατρικής πληροφορίας δεν είναι λογισμικό, είναι όμως μια σειρά από κανόνες, οι οποίοι υποδεικνύουν ότι συγκεκριμένες πτυχές της υλοποίησης πρέπει να γίνουν με συγκεκριμένο τρόπο.

Στην εικόνα 2.1 παρατίθεται η βασική ιδέα για την υλοποίηση ενός ολοκληρωμένου πληροφοριακού συστήματος υγείας και οι απαιτήσεις που πηγάζουν από την υλοποίηση αυτή, ώστε να μπορεί να αξιοποιηθεί από το ευρύτερο κοινό.



Εικόνα 2.1 Οι τρεις βασικές απαιτήσεις για την υλοποίηση ενός ολοκληρωμένου πληροφοριακού συστήματος.

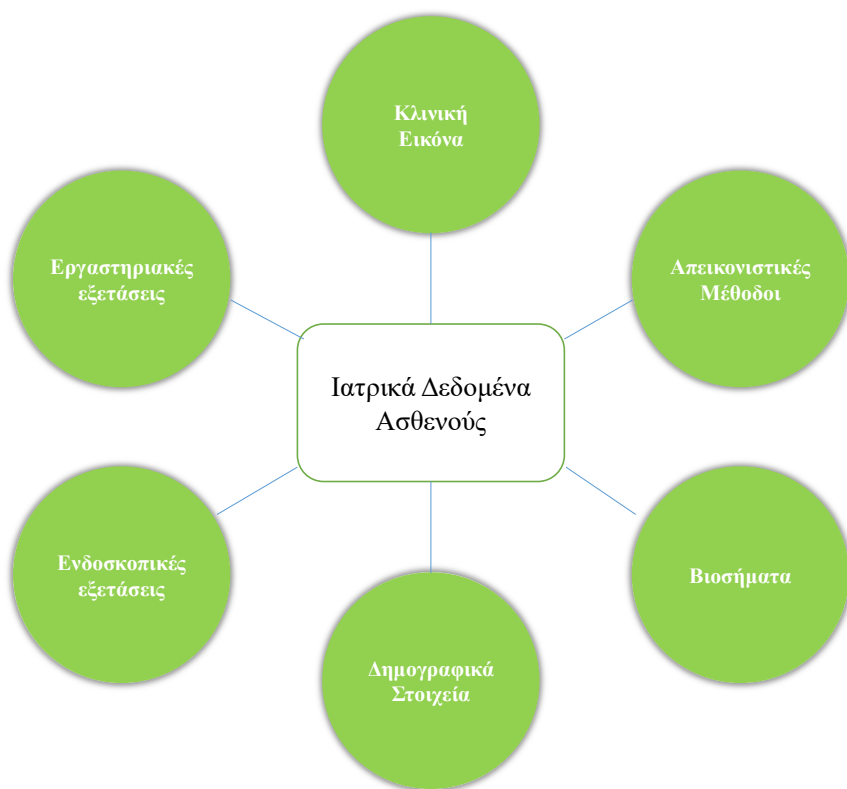
2.2. Ιατρικά Δεδομένα

Προτού αναλυθούν τα ιατρικά πρότυπα θεωρείται σκόπιμο να περιγραφούν συνοπτικά τα ίδια τα ιατρικά δεδομένα που μπορούν να συλλεγούν από τις παρατηρήσεις των ιατρών. Η πρόοδος της ιατρικής επιστήμης αλλά και η τεχνολογική ανάπτυξη ολοένα και διευρύνει το ήδη ευρύ φάσμα των ιατρικών δεδομένων. Τα βασικότερα ιατρικά δεδομένα που μπορούν καταγραφούν είναι τα εξής:

- Κατά την επίσκεψη του ασθενούς στην μονάδα υγείας καταγράφεται το ιστορικό των συμπτωμάτων και τα συμπεράσματα του ιατρού από την κλινική εξέταση. Η καταγραφή των συμπτωμάτων μπορεί να γίνει συμπληρώνοντας κάποια φόρμα, ενώ τα συμπεράσματα του ιατρού είναι συνήθως ελεύθερο κείμενο το οποίο συντάσσεται με σκοπό να αποδοθεί περιγραφικά η κλινική εικόνα του ασθενούς και να γίνουν τυχούσες διαγνώσεις.
- Συνήθως όταν ένας ασθενής εισάγεται σε δομές πρωτοβάθμιας υγείας, ακολουθούν μια σειρά εργαστηριακών εξετάσεων (π.χ. αιματολογικές, ουρολογικές κ.ο.κ). Τα αποτελέσματα των εξετάσεων αυτών αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της κλινικής εικόνας του ασθενούς, και επομένως καταγράφονται.
- Άλλες καταγραφές ρουτίνας είναι αυτές που σχετίζονται με τα βιοϊατρικά σήματα. Το πιο χαρακτηριστικό και ευρέως διαδεδομένο είναι το καρδιογράφημα. Πολλά από τα βιοϊατρικά σήματα περιγράφονται με μεγάλη λεπτομέρεια σε αυτό το βιβλίο. Ενδεικτικά αναφέρουμε επίσης το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, ηλεκτρομυογράφημα, αλλά και τα σήματα που συλλέγονται από αισθητήρες κίνησης. Τα σήματα αυτά καταγράφονται ως μια ακολουθία τιμών στη διάρκεια του χρόνου, όπου κάθε τιμή αναπαριστά κάποια στιγμιαία τιμή μιας φυσικής ιδιότητας.
- Εξέχοντα ρόλο κατέχουν επίσης οι καταγραφές εικόνων, οι οποίες προκύπτουν από τις διάφορες απεικονιστικές μεθόδους εξέτασεων. Συγκεκριμένα οι τέσσερις βασικές κατηγορίες απεικονιστικών μεθόδων είναι η ακτινογραφία, ο υπέρηχος, η μέθοδος μαγνητικού συντονισμού (μαγνητική τομογραφία), αλλά και οι πυρηνικές μέθοδοι απεικόνισης, όπως είναι το σπινθηρογράφημα. Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό, τα δεδομένα αυτά καταχωρούνται υπό τη μορφή εικόνας.

- Εκτός από τα σήματα και τις εικόνες πολλές φορές απαιτείται η αποθήκευση βίντεο. Περιπτώσεις βιντεοσκόπησης προκύπτουν κυρίως από ενδοσκοπικές εξετάσεις, όπως για παράδειγμα η γαστροσκόπηση και η κολonosκόπηση.
- Τέλος εκτός από τα στοιχεία που καταχωρούνται από την παρούσα κατάσταση του ασθενούς μέσω των εξετάσεων και των διαγνωστικών μεθόδων, ο κάθε ασθενής χαρακτηρίζεται και από δεδομένα που πηγάζουν είτε από τον τρόπο ζωής του (π.χ. καπνιστής), είτε από στοιχεία κληρονομικότητας (π.χ. ιστορικό των προγόνων του σε συγκεκριμένες παθογενείς καταστάσεις), είτε και από οποιονδήποτε άλλο παράγοντα μπορεί να θεωρηθεί παράγοντας που επιδρά στη νοσηρότητα.

Το σημείο που αξίζει τονιστεί είναι η καταχώρηση όλων των δεδομένων με χρονολογική σειρά, γεγονός που επιτρέπει ανά πάσα στιγμή στους ειδικούς να έχουν μια πλήρη εικόνα του ιστορικού του ασθενούς και σχετικά με την ιατρική κατάσταση που αντιμετωπίζουν αλλά και γενικά με την υγεία του ασθενούς. Η εικόνα 2.2 συνοψίζει τις πηγές από τις οποίες λαμβάνονται τα ιατρικά δεδομένα ενός ασθενούς.



Εικόνα 2.2 Οι πηγές από τις οποίες προέρχονται τα ιατρικά δεδομένα ενός ασθενούς.

Όσον αφορά στην ιστορία των καταγραφών ιατρικών δεδομένων, ιστορικές πηγές αναφέρουν ότι οι καταγραφές ξεκίνησαν από τον ίδιο τον Ιπποκράτη, καθώς σώζονται κείμενα, τα οποία περιέγραφαν με μεγάλη λεπτομέρεια την κλινική εικόνα ασθενών. Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι ήταν εύκολο να αντιληφθεί κανείς τη χρησιμότητα των καταγραφών, ώστε να υπάρχει μια κοινή αντιμετώπιση σε ιατρικές καταστάσεις που φάνταζαν παρόμοιες. Με την πάροδο των αιώνων βέβαια, η διαδικασία της καταγραφής έγινε ολοένα και πιο συστηματική, χωρίς όμως οι προσπάθειες αυτές να προσφέρουν εύκολα και εκτός των τειχών των ίδιων των δομών υγείας που την εφαρμόζαν. Είναι σαφές ότι τα μέσα που υπήρχαν για την καταγραφή ιατρικών δεδομένων έως και το δεύτερο μισό του 20^{ου} αιώνα ήταν πενιχρά και περιορίζονται σε χειρόγραφες σημειώσεις, οι οποίες συγκεντρώνονταν από διαφορετικούς ειδικούς. Την επανάσταση έφερε η ανάπτυξη των επιστήμων των υπολογιστών και των τηλεπικοινωνιών, δίδοντας τη δυνατότητα ηλεκτρονικής καταγραφής και ταχύτατης επικοινωνίας για τη

διάδοση των ιατρικών δεδομένων. Τα πλεονεκτήματα της ηλεκτρονικής καταγραφής των ιατρικών δεδομένων είναι αναρίθμητα. Τα πιο σημαντικά από αυτά είναι τα εξής:

- Διασφαλίζει την ίδια την καταγραφή καθώς αποθηκεύεται σε μέσα που δεν καταστρέφονται εύκολα. Είναι ευνόητο ότι οι χειρόγραφες καταγραφές του παρελθόντος σε χαρτί, αφενός μπορούσαν εύκολα να καταστραφούν αφετέρου φθειρόνταν με το χρόνο και με τη χρήση τους.
- Δεύτερο πολύ σημαντικό σημείο είναι η ελαχιστοποίηση του χρόνου που χρειάζεται κάποιος για να αναζητήσει τα δεδομένα ενός ασθενούς. Μια ηλεκτρονική καταγραφή μπορεί εύκολα να αναζητηθεί με απλά ερωτήματα στη βάση δεδομένων, σε αντίθεση με την αναζήτηση σε ένα έντυπο αρχείο. Όσο καλά αποθηκευμένο και ταξινομημένο να είναι ένα έντυπο αρχείο, δεν παύει να είναι δύσκολη η αναζήτηση συγκεκριμένων στοιχείων λόγω του μεγάλου πλήθους των καταγραφών.
- Στο παραπάνω μπορεί να προστεθεί και η ελαχιστοποίηση του αποθηκευτικού χώρου που απαιτεί η ηλεκτρονική καταγραφή των δεδομένων (δεν απαιτεί τίποτα άλλο παρά έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή) σε αντιπαράθεση με τους αποθηκευτικούς χώρους που ενδέχεται να χρειαστεί ένα νοσοκομείο για να αποθηκεύσει το έντυπο υλικό από χιλιάδες πολίτες.
- Πολύ σημαντική είναι και η ευκολία με την οποία μπορεί μια ηλεκτρονική καταγραφή να διορθωθεί, να αναπαραχθεί και να διαδοθεί. Τι θα συμβεί σε περίπτωση που τα δεδομένα ενός ασθενούς χρειάζεται να αξιολογηθούν ταυτόχρονα από περισσότερες κλινικές της ίδιας μονάδας υγείας; Με την ηλεκτρονική καταγραφή των ιατρικών δεδομένων αντιμετωπίζονται τέτοιου είδους προβλήματα, καθώς δεν υπάρχει κόστος για την αντιγραφή και αναπαραγωγή των δεδομένων, ενώ με ένα τοπικό δίκτυο μπορούν εύκολα να είναι προσβάσιμα σε οποιονδήποτε ειδικό τα χρειαστεί οποιαδήποτε χρονική στιγμή.

Παρά τα παραπάνω πλεονεκτήματα που απολαμβάνουν πλέον οι περισσότερες μονάδες υγείας ανά τον κόσμο, μόνο η χρήση της ηλεκτρονικής καταγραφής των ιατρικών δεδομένων δεν είναι ικανή να αντιπαρέλθει κάποια βασικά προβλήματα, τα οποία πηγάζουν από τη διαφορετικότητα και την υποκειμενικότητα των ιατρών αλλά και των ίδιων συστημάτων καταγραφής. Είτε ένας ειδικός καταγράφει σε έντυπη μορφή τα δεδομένα του ασθενούς και τη γνωμάτευσή του, είτε σε ηλεκτρονική μορφή, η εικόνα του ασθενούς θα περιγραφεί με τον ίδιο ακριβώς τρόπο και δε θα αλλάξει κάτι ως προς το περιεχόμενό της. Επίσης, τι θα συμβεί εάν ο ασθενής χρειαστεί να επισκεφτεί και διαφορετική μονάδα υγείας, η οποία έχει αποφασίσει να καταγράφει διαφορετικά στοιχεία του ασθενούς και της διάγνωσής του σε σχέση με την αρχική. Τα παραπάνω ζητήματα έδωσαν το έναυσμα για την προτυποποίηση των δεδομένων που καταγράφονται, δηλαδή την αποδοχή συγκεκριμένων κανόνων με τους οποίους να καθορίζεται κυρίως το περιεχόμενο των καταγραφών.

2.3. Ηλεκτρονικός Φάκελος Ασθενούς

Ο ηλεκτρονικός φάκελος ασθενούς (Electronic Patient Record) μπορεί να θεωρηθεί η μετεξέλιξη των ηλεκτρονικών καταγραφών των ιατρικών δεδομένων, αλλά και το πρώτο βήμα για μια ενιαία βάση δεδομένων, ως προς το περιεχόμενο των ιατρικών καταγραφών (Kierkegaard, 2011). Ο ηλεκτρονικός φάκελος ασθενούς (ΗΦΑ) δεν είναι απλώς ένα σύνολο διάσπαρτων πληροφοριών σε ηλεκτρονική μορφή, οι οποίες απλώς ψηφιοποιήθηκαν από την χειρόγραφη μορφή και καταχωρήθηκαν σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή. Υπάρχουν κάποιες πτυχές του ΗΦΑ, οι οποίες προσδίδουν πολύ μεγαλύτερες δυνατότητες σε σχέση με ένα ηλεκτρονικό συνονθύλευμα πληροφοριών. Μια βασική πτυχή είναι η υλοποίηση ευρετηρίου όπου με την κατάλληλη διεπαφή μπορούν να γίνουν αναζητήσεις στο πλήθος των δεδομένων μέσα σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα. Επίσης, είναι πολύ σημαντική η εύκολη συγχώνευση στοιχείων του ασθενούς διοικητικής φύσης ώστε να διεκπεραιώνονται γρήγορα γραφειοκρατικές πράξεις. Τέλος, ένα βασικό πλεονέκτημα προκύπτει από το γεγονός ότι πολλά από τα ιατρικά δεδομένα προκύπτουν σε ηλεκτρονική μορφή (π.χ βιοϊατρικά σήματα, εικόνες κ.ο.κ) και ως εκ τούτου μπορούν άμεσα να καταχωρηθούν στον ΗΦΑ (Healthcare Information and Management Systems Society, 2006).

Ίσως πέραν όλων των υπολοίπων πιο σημαντικές είναι οι προοπτικές που ανοίγονται από την υλοποίηση ΗΦΑ, όσον αφορά στα εργαλεία που μπορούν να τον συνοδεύουν για να υποστηρίξουν την απόφαση των ιατρών. Ο πλούτος των δεδομένων κρύβεται μέσα στην πληθώρα καταστάσεων και περιστατικών εκεί που δεν μπορεί να γίνει αντιληπτός. Όλες οι ιατρικές επιστημονικές μελέτες βασίζονται στη συλλογή ικανού αριθμού περιστατικών και αναλύονται με μαθηματικές μεθόδους και αλγορίθμους πληροφορικής, με σκοπό την εξαγωγή νέας γνώσης. Για να γίνει αντιληπτό ενδεικτικά αναφέρεται ένα τετριμμένο παράδειγμα. Συγκεντρώνοντας έναν ικανό αριθμό ανθρώπων με μια συγκεκριμένη νόσο, όπου ένα ποσοστό αυτών είναι καπνιστές ενώ οι υπόλοιποι όχι, μπορούμε να καταλήξουμε σε σχετικά ασφαλή συμπεράσματα για την επίδραση του καπνίσματος στη συγκεκριμένη νόσο. Παρόμοιες μελέτες πραγματοποιούνται με σκοπό να αξιολογηθούν θεραπείες σε συγκεκριμένες ασθένειες. Ακόμα πιο εξελιγμένες μέθοδοι υποστηρίζουν τις αποφάσεις των ιατρών δίνοντάς τους τα αριθμητικά δεδομένα που χρειάζονται ώστε να αποφασίσουν είτε τη διάγνωση, είτε την αντιμετώπιση ενός περιστατικού. Πολύ μεγάλη λοιπόν δυναμική έχει προσφέρει ο ΗΦΑ και εξακολουθεί να προσφέρει στο πεδίο της ιατρικής έρευνας.

Όσον αφορά στην οργάνωση ενός ΗΦΑ υπάρχουν τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις. Υπάρχει η προσέγγιση όπου οι καταγραφές οργανώνονται με βάση τη δομή υγείας την οποία έχει επισκεφτεί ο ασθενής και με την ευθύνη της οποίας έχει πραγματοποιηθεί η καταγραφή. Μια άλλη προσέγγιση είναι αυτή που οι καταγραφές οργανώνονται με βάση το ιατρικό πρόβλημα. Και τέλος υπάρχει η προσέγγιση που οι καταγραφές κατανέμονται με χρονολογική σειρά. Θα μπορούσε να σχολιάσει κανείς ότι οι δύο τελευταίες προσεγγίσεις έχουν μεγαλύτερη λογική, και αυτό θα ήταν βέβαια αληθές. Στην πραγματικότητα οι τρεις αυτές διαφορετικές προσεγγίσεις έχουν τις ρίζες τους στο παρελθόν, όταν οι καταγραφές πραγματοποιούνταν σε έντυπη μορφή και είχε η καθεμία τη δική της αξία στη διαδικασία της αναζήτησης των σωστών εντύπων. Κάνοντας χρήση του ΗΦΑ οι διαφορές μεταξύ των προσεγγίσεων που καταλαβαίνει ο τελικός χρήστης δεν είναι τόσο εμφανείς, καθώς ένα εύρηστο ευρετήριο μπορεί να αμβλύνει τις διαφορές στην πράξη.

Ηλεκτρονικός Φάκελος Ασθενούς

Ιατρικές Πληροφορίες

Όνομα Επώνυμο

Κωδικός Χρήστη	<input type="text"/>	Ημερομηνία Γέννησης	<input type="text" value="μμ/ΜΜ/ΕΕΕΕ"/>		Ύψος	<input type="text"/>	cm	Βάρος	<input type="text"/>	Kg
Κύριος Φορέας Ασφάλισης	<input type="text"/>	Τηλέφωνο	<input type="text"/>							
Άλλος Φορέας Ασφάλισης	<input type="text"/>	Τηλέφωνο	<input type="text"/>							
Βασικός Ιατρός	<input type="text"/>	Τηλέφωνο	<input type="text"/>	FAX	<input type="text"/>					
Βασικός Ιατρός	<input type="text"/>	Τηλέφωνο	<input type="text"/>	FAX	<input type="text"/>					
Φαρμακείο	<input type="text"/>	Τηλέφωνο	<input type="text"/>							

Επικοινωνία Ανάγκης	<input type="text"/>	Συγγένεια	<input type="text"/>	Τηλέφωνο	<input type="text"/>
Ιατρική κατάσταση	<input type="text"/>				
Αλλεργίες/Συμπτώματα	<input type="text"/>				

Βασική Ασθένεια 1	<input type="text"/>	Η/μ	<input type="text" value="μμ/ΜΜ/ΕΕΕΕ"/>		Βασική Ασθένεια 2	<input type="text"/>	Η/μ	<input type="text" value="μμ/ΜΜ/ΕΕΕΕ"/>
Βασική Επέμβαση 1	<input type="text"/>	Η/μ	<input type="text" value="μμ/ΜΜ/ΕΕΕΕ"/>		Βασική Επέμβαση 2	<input type="text"/>	Η/μ	<input type="text" value="μμ/ΜΜ/ΕΕΕΕ"/>

Αποθήκευση

Επιλογές

Εκτύπωση

Εικόνα 2.3 Σχεδιάγραμμα ηλεκτρονικού φακέλου ασθενούς.

Συνοψίζοντας το περιεχόμενο του ιατρικού φακέλου αναφέρεται ότι μπορεί να περιέχει τις εξής κατηγορίες δεδομένων:

- Δημογραφικά στοιχεία του ασθενούς. Αυτά περιλαμβάνουν την ηλικία του ασθενούς, το ύψος του, το βάρος του, το φύλο, τον τόπο κατοικίας και γενικά διάφορες πληροφορίες οι οποίες μπορούν να φανούν χρήσιμες με έμμεσο τρόπο.
- Συμπτώματα με τα οποία εισήχθη ο ασθενής. Συνήθως τα συμπτώματα του ασθενούς συντάσσονται σε ελεύθερο κείμενο από τους ιατρούς που θα εξετάσουν τον ασθενή.
- Ιατρικές εντολές ή συνταγές οι οποίες έχουν συνταχθεί από τους ιατρούς και σχετίζονται με τη θεραπεία που καλείται να ακολουθήσει ο ασθενής.
- Σημειώσεις σχετικές με άλλες ασθένειες ή καταστάσεις του ασθενούς οι οποίες ενδέχεται να επηρεάσουν είτε να επηρεαστούν από την παρούσα κατάσταση.
- Αποτελέσματα εξετάσεων είτε αυτά προέρχονται από εξετάσεις βιοσημάτων είτε απεικονιστικών μεθόδων, μαζί βέβαια και με τον απαραίτητο σχολιασμό από τους ειδικούς.
- Άλλες συμπληρωματικές σημειώσεις, όπως σημειώσεις διατροφής, τρόπου ζωής κ.ο.κ.
- Στοιχεία ταυτοποίησης του ασθενούς. Όπως προαναφέρθηκε, απαιτείται η ταυτοποίηση του ασθενούς με τη συμπλήρωση διάφορων προσωπικών δεδομένων του ασθενούς, όπως το ονοματεπώνυμό του, ο αριθμός μητρώου κοινωνικής ασφάλισης κ.α.

Στην εικόνα 2.3 βλέπουμε το σχέδιο ενός απλού ΗΦΑ, με τις κατηγορίες δεδομένων και αντίστοιχα πεδία που απαιτούν συμπλήρωση από τον ιατρό.

Ιδιαίτερη μνεία πρέπει να γίνει στην ασφάλεια των δεδομένων του ΗΦΑ. Κάθε πληροφοριακό σύστημα, το οποίου μάλιστα η αρχιτεκτονική απαιτεί απομακρυσμένη πρόσβαση μέσω δικτύου, είναι ευάλωτο σε θέματα ασφάλειας και απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή. Στην περίπτωση των ιατρικών δεδομένων και άλλων ατομικών δεδομένων, τα οποία εμπεριέχονται στον ηλεκτρονικό φάκελο του ασθενούς απαιτείται αυστηρώς η διασφάλισή τους καθώς εμπίπτουν στη νομοθεσία περί προσωπικών δεδομένων. Η διασφάλιση των προσωπικών δεδομένων του ΗΦΑ πραγματοποιείται με ποικίλους τρόπους, είτε τεχνικής φύσεως είτε διοικητικής. Ίσως ο πιο θεμελιώδης τρόπος οργάνωσης για ένα πληροφοριακό σύστημα υγείας είναι ο ορθός καταμερισμός των δικαιωμάτων που έχει ο κάθε χρήστης στο σύστημα. Στο σύστημα θα μπορεί να συνδέεται ο κάθε χρήστης με τον δικό του κωδικό ασφαλείας και το περιεχόμενο στο οποίο θα μπορεί να προσπελάσει θα αφορά μονό στις αρμοδιότητές του. Με αυτόν τον τρόπο μόνο περιορισμένοι ρόλοι χρηστών έχουν πρόσβαση στις ιδιωτικές πληροφορίες των ασθενών και μάλιστα κατόπιν εισαγωγής στο σύστημα με δικά τους διακριτικά. Οι υπόλοιπες τεχνικές μέθοδοι αφορούν τον τρόπο μετάδοσης των δεδομένων μέσω του δικτύου. Βασική προϋπόθεση είναι η κρυπτογράφηση των δεδομένων, ώστε ακόμα και να μπορέσει κάποιος να τα αποσπάσει, να μην είναι σε θέση να τα αναγνώσει. Ωστόσο υπάρχει ένα ευρύτερο πλαίσιο προτυποποίησης σχετικά με τη μετάδοση των δεδομένων το οποίο περιγράφεται εκτενέστερα σε επόμενη ενότητα αυτού του συγγράμματος. Τέλος πρέπει να σημειωθεί ότι οποιαδήποτε χρήση των δεδομένων για ερευνητικούς σκοπούς απαιτεί αδειοδότηση από την ίδια τη μονάδα υγείας με συγκεκριμένο πρωτόκολλο έρευνας, αλλά και *ανωνυμοποίηση των δεδομένων αυτών*.

Η χρήση του ηλεκτρονικού φακέλου ασθενούς προσδίδει χαρακτήρα δομημένων στοιχείων στα ιατρικά δεδομένα, καθιστώντας έτσι πιο συγκεκριμένο το περιεχόμενό τους. Είναι σίγουρα ένα πολύ σημαντικό βήμα για τη βελτίωση της παρακολούθησης των ασθενών, καθώς αποτελεί σημείο αναφοράς για τον οποιοδήποτε ειδικό κληθεί να αξιολογήσει την κατάσταση της υγείας του ασθενούς. Λειτουργεί επίσης ως ιατρικό ημερολόγιο της κατάστασης του ασθενούς, καθώς συμπεριλαμβάνει όλο το ιατρικό του ιστορικό. Είναι ουσιαστικά ένας έμμεσος τρόπος επικοινωνίας μεταξύ των ειδικών, όπου ο ένας έχει πρόσβαση στις γνωματεύσεις του άλλου για τον ίδιο ασθενή.

2.4. Πρότυπα Κωδικοποίησης και Ταξινόμησης ιατρικών όρων

Το δεύτερο μεγάλο πεδίο προτυποποίησης αφορά στην κωδικοποίηση και ταξινόμηση των ιατρικών όρων. Με ποιο τρόπο δύο ειδικοί μπορούν να αντεπεξέλθουν με ακρίβεια σε ένα περιστατικό, εάν δεν μιλούν την ίδια επιστημονική γλώσσα; Εάν δηλαδή η ιατρική ορολογία που χρησιμοποιεί ο ένας δε γίνεται αντιληπτή από τον άλλο; Ας τονιστεί ξανά ότι δεν πρέπει να απαιτείται η άμεση επικοινωνία μεταξύ των δύο ειδικών, αλλά σκοπός είναι τα γραφόμενα του ενός να είναι σε θέση να γίνουν κατανοητά από οποιονδήποτε άλλο. Για την επίτευξη του στόχου αυτού έχουν δημιουργηθεί πρότυπα, τα οποία περιέχουν όσο το δυνατόν ένα πλήρες σύνολο ιατρικών όρων, για όλες τις ασθένειες και τις ιατρικές καταστάσεις. Μπορεί κανείς να φανταστεί τα πρότυπα αυτά ως ένα είδος λεξικού μιας καινούργιας γλώσσας (την οποία προφανώς μιλούν οι ιατροί μεταξύ τους) με σκοπό να μην υπάρχουν παρεξηγήσεις και παρερμηνείες. Ωστόσο, τα πρότυπα κωδικοποίησης και ταξινόμησης δεν περιορίζονται μόνο στην συγκέντρωση των ιατρικών όρων, αλλά έχουν και κάποια παραπάνω χαρακτηριστικά τα οποία και αυτά αποσκοπούν στη βελτίωση της ακρίβειας της επικοινωνίας μεταξύ των ιατρών. Όπως ακριβώς μαρτυρά και ο τίτλος που τους έχει δοθεί στο παρόν βιβλίο, τα πρότυπα αυτά αφενός ταξινομούν τους ιατρικούς όρους αφετέρου τους κωδικοποιούν (δηλαδή τους αποδίδουν ένα μοναδικό κωδικό) σύμφωνα και με την ταξινόμησή τους. Έχοντας ο κάθε ειδικός στα χέρια του τον κωδικό ενός ιατρικού όρου, η κωδικοποίησή του είναι τέτοια ώστε να αντιλαμβάνεται άμεσα περί τίνος πρόκειται, ενώ ταυτόχρονα δεν αφήνουν περιθώρια για τη σύγχυση του όρου αυτού με κάποιον άλλον ιατρικό όρο. Συνήθως η ταξινόμηση ενός προτύπου γίνεται σύμφωνα με την τοπολογία, ενώ στους όρους δεν περιλαμβάνονται μόνο ονόματα ασθενειών, αλλά και οργάνων του ανθρώπινου σώματος, ενδείξεων και συμπτωμάτων, ιατρικών πράξεων κ.ο.κ. Μπορεί κάποιος να διακρίνει τις ταξινομήσεις σε διαγνωστικές και σε διαδικαστικές. Όπως θα φανεί στις επόμενες ενότητες οι διαγνωστικές ταξινομήσεις αφορούν μόνο διαγνωστικούς όρους ή άλλους ιατρικούς όρους, οι οποίοι όμως δεν έχουν καμία συσχέτιση μεταξύ τους. Αντίθετα οι διαδικαστικές συσχετίζουν τους όρους μεταξύ τους με σκοπό να ενισχύσουν τη γνώση των ιατρικών διαδικασιών.

Στην ενότητα που ακολουθεί θα παρουσιαστούν κάποια από τα σημαντικότερα πρότυπα κωδικοποίησης και ταξινόμησης ιατρικών όρων, τα οποία χρησιμοποιούνται σήμερα.

2.4.1 Διεθνής Ταξινόμηση Νοσημάτων (ICD-10)

Η Διεθνής Ταξινόμηση Νοσημάτων (International Classification of Diseases – ICD) αποτελεί τη μετεξέλιξη μιας σειράς προσπαθειών για ταξινόμηση ιατρικών όρων σε μεγάλο βάθος χρόνου και με αλληπάλληλες διορθώσεις και αναθεωρήσεις. Σύμφωνα με τον ίδιο τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας – Π.Ο.Υ. (World Health Organization) ο οποίος διατηρεί την εποπτεία της ταξινόμησης ICD, η ιστορία της ξεκινά στα τέλη του 18^{ου} αιώνα, με τις πρώτες προσπάθειες για την κατηγοριοποίηση των αιτιών θανάτου, με έναυσμα μάλιστα την εξεύρεση των αιτιών θανάτου παιδιών κάτω των 6 ετών (World Health Organization, 1949). Στόχος όλων των ταξινομήσεων των αιτιών θανάτου που αναπτύχθηκαν από τότε και μέχρι τα μέσα του 20^{ου} αιώνα, ήταν η συλλογή πολλών περιστατικών θανάτου και η απόδοσή τους σε συγκεκριμένες αιτίες. Με τον τρόπο αυτό θα έβγαιναν ιστορικά τα πρώτα στατιστικά συμπεράσματα για λόγους για τους οποίους πεθαίνουν οι άνθρωποι. Η πρώτη πλήρης τέτοια μελέτη που παρουσιάστηκε το 1893 από τον στατιστικολόγο Jacques Bertillon (Bertillon, 1912) στη συνάντηση εργασίας του Διεθνούς Στατιστικού Ινστιτούτου του Σικάγο, περιελάμβανε περιστατικά θανάτου μόνο από την πόλη του Παρισιού της Γαλλίας, όμως σε ύστερο χρόνο οι προσπάθειες επεκτάθηκαν σε περισσότερες χώρες της Ευρώπης (Medical Research Council, 1944, Knibbs, 1929). Με την πάροδο των ετών και περί τα μέσα του 20^{ου} αιώνα το σύστημα ταξινόμησης των αιτιών θανάτου μετεξελίχθηκε, και έτσι καθιερώθηκε από τον Π.Ο.Υ. η παγκόσμια ταξινόμηση ασθενειών στην πέμπτη της αναθεώρηση υποδηλώνοντας έτσι και τη συνέχεια που υπήρχε από τις προηγούμενες προσπάθειες (World Health Organization, 1992). Έκτοτε, επήλθαν διάφορες ακόμα αναθεωρήσεις έως ότου φτάσουμε στην πιο πρόσφατη από αυτές, την ταξινόμηση ICD-10 (10η αναθεώρηση της Διεθνούς Ταξινόμησης Νοσημάτων) η οποία χρησιμοποιείται ευρέως στις μέρες μας.

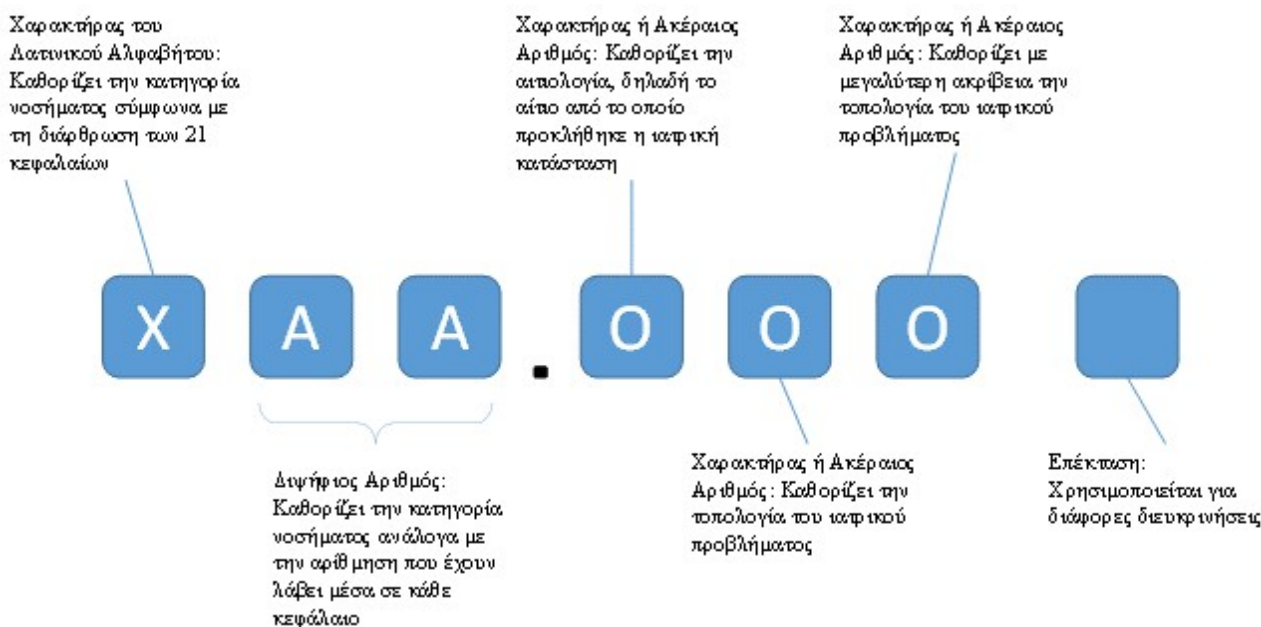
Η ταξινόμηση των νοσημάτων και των λοιπών συναφών προβλημάτων υγείας έχει κατηγοριοποιηθεί σύμφωνα με την ICD-10 σε 21 κατηγορίες, καθεμία από τις οποίες αποτελεί ένα κεφάλαιο στην ταξινόμηση και την κωδικοποίηση. Η κατηγοριοποίηση αυτή έχει γίνει σύμφωνα με την αιτιολογία των προβλημάτων και προφανώς δεν υπάρχει ισοκατανομή του αριθμού των νοσημάτων σε κάθε κεφάλαιο. Ως αποτέλεσμα κάθε

κεφάλαιο αντιστοιχίζει σε ένα εύρος κωδικών, ανάλογα με τις ανάγκες του, για να καλύψει το πλήθος των αιτιολογιών που περιλαμβάνει. Επίσης σε δεύτερο επίπεδο κάθε κεφάλαιο αποτελείται από ομάδες νοσημάτων, οι οποίες με τη σειρά τους καταλαμβάνουν κάποιους από τους κωδικούς του κεφαλαίου. Όπως φαίνεται και στον πίνακα 2.1 οι κωδικοί ξεκινούν από το πρώτο κεφάλαιο με τους λατινικούς χαρακτήρες Α ή Β, ενώ ακολουθούν 2 ακέραιοι αριθμοί που αφορούν σε επίπεδο αιτιολογίας μεγαλύτερης λεπτομέρειας, και καθορίζουν την ομάδα και συγκεκριμένα το νόσημα. Από τα κεφάλαια και τους τίτλους αυτών γίνεται αντιληπτό ότι το πρώτο επίπεδο αιτιολογίας του νοσήματος υποδηλώνει σε πολλές περιπτώσεις και την τοπολογία του προβλήματος. Έτσι για παράδειγμα το κεφάλαιο VII αφορά σε προβλήματα των οφθαλμών, ενώ το κεφάλαιο XI ταξινομεί και κωδικοποιεί προβλήματα του πεπτικού συστήματος. Περισσότερο συγκεκριμένες πληροφορίες λαμβάνει κάποιος από τα αριθμητικά που ακολουθούν τον πρώτο λατινικό χαρακτήρα. Παραδείγματος χάριν (εικόνα 2.4) ο κωδικός H46, αφορά σε πρώτο επίπεδο, όπως φαίνεται και στον πίνακα 2.1, νοσήματα των οφθαλμών και των εξαρτημάτων του, σε δεύτερο επίπεδο κατά ICD οι κωδικοί H46-H48 αφορούν στην ομάδα των διαταραχών του οπτικού νεύρου και των οπτικών οδών, ενώ σε τρίτο επίπεδο γνωρίζουμε ότι ο κωδικός H46 αφορά στην οπτική νευρίτιδα. Κατά παρόμοιο τρόπο κωδικοποιούνται όλα τα νοσήματα, όντας ταξινομημένα στα κεφάλαια και τις ομάδες νοσημάτων της ICD.

Η διάρθρωση αυτή καθιερώθηκε από την 10^η αναθεώρηση της ICD, δηλαδή την ICD-10. Σύμφωνα με τη διάρθρωση της 9^{ης} αναθεώρησης, στην κωδικοποίηση δεν υπήρχε λατινικός χαρακτήρας στο ξεκίνημα του κωδικού αλλά ακέραιος αριθμός, με αποτέλεσμα οι κωδικοί να είναι πιο περιορισμένοι και να μην υπάρχει δυνατότητα νέων. Η 10^η αναθεώρηση προέβλεψε τυχόν επεκτάσεις της ταξινόμησης και κατέληξε σε μια διάρθρωση σαν αυτή που περιγράφεται. Έχουν επίσης προστεθεί δύο ακόμα ψηφία στον κωδικό τα οποία είναι προαιρετικά. Οι διαφορές βέβαια μεταξύ της 9^{ης} και της 10^{ης} αναθεώρησης της ταξινόμησης ICD δεν περιορίζονται μόνο στην κωδικοποίηση, αλλά και στους ίδιους τους ιατρικούς όρους. Πληθώρα όρων έχουν προστεθεί στην 10^η αναθεώρηση, ενώ αναθεωρήθηκαν και οι ίδιοι οι όροι της 9^{ης}, με συγχωνεύσεις όρων αλλά και εκσυγχρονισμό όρων σύμφωνα με τις απαιτήσεις της εποχής.

Κεφάλαιο	Κωδικός	Κατηγορία
I	A00-B99	Λοιμώδη και παρασιτικά νοσήματα
II	C00-D48	Νεοπλασίες
III	D50-D89	Ασθένειες του αίματος και των αιμοποιητικών οργάνων, διαταραχές του ανοσοποιητικού συστήματος
IV	E00-E90	Ενδοκρινικά και μεταβολικά νοσήματα
V	F00-F99	Διαταραχές συμπεριφοράς και νόησης
VI	G00-G99	Νοσήματα νευρικού συστήματος
VII	H00-H59	Νοσήματα των οφθαλμών και των εξαρτημάτων του
VIII	H60-H95	Παθήσεις του ωτός της μαστοειδούς απόφυσης
IX	I00-I99	Νοσήματα του κυκλοφορικού συστήματος
X	J00-J99	Νοσήματα του αναπνευστικού συστήματος
XI	K00-K99	Νοσήματα του πεπτικού συστήματος
XII	L00-L99	Ασθένειες του δέρματος και του υποδόριου ιστού
XIII	M00-M99	Ασθένειες του μυοσκελετικού συστήματος και του συνδετικού ιστού

τελευταίες θέσεις του κωδικού. Η 6^η θέση δίνει συνήθως διευκρίνιση για την τοπολογία που σχετίζεται με τον όρο. Για παράδειγμα, πολύ συχνά προσδιορίζει τη θέση, αν βρίσκεται δεξιά ή αριστερά στο ανθρώπινο σώμα με τους αριθμούς 1 και 2 αντίστοιχα (π.χ. κάταγμα αριστερής περόνης). Τέλος, στην τελευταία θέση συνήθως διευκρινίζεται εάν ο όρος αφορά στην αρχική διάγνωση ή κάποια από τις επαναληπτικές εξετάσεις του ασθενούς.

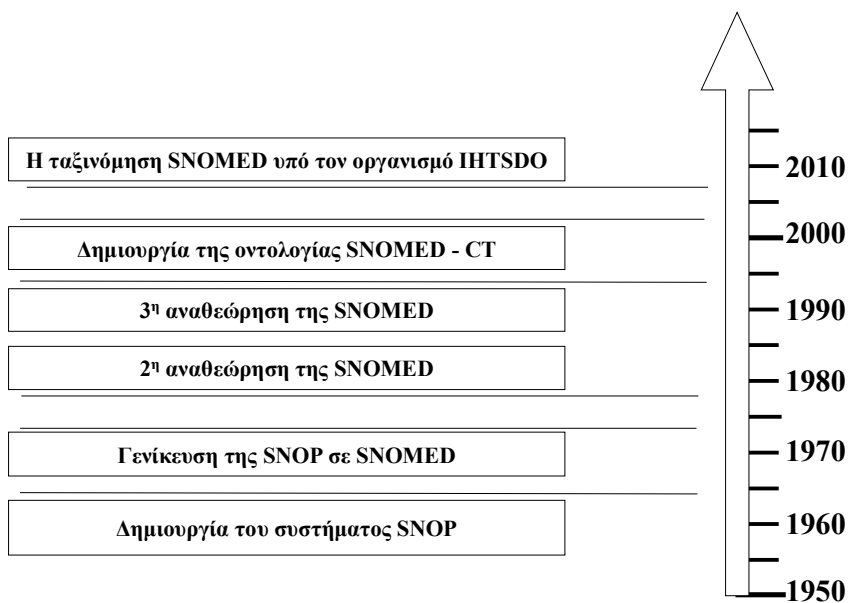


Εικόνα 2.5 Κωδικοποίηση σύμφωνα με τη Διεθνή Ταξινόμηση Νοσημάτων ICD.

Το βασικό μειονέκτημα της ταξινόμησης ICD πηγάζει από το γεγονός ότι είναι μόνο διαγνωστική και όχι διαδικαστική ταξινόμηση. Έτσι οι ειδικοί δεν μπορούν να βοηθηθούν σχετικά με τις ιατρικές διαδικασίες (π.χ. επεμβάσεις) που πρέπει να ακολουθηθούν σε αντιστοιχία με τη διάγνωση. Το πρόβλημα αυτό εν μέρει ξεπεράστηκε με τη δημιουργία του συστήματος κωδικοποίησης διαδικασιών ICD-10 (ICD-10 Procedure Coding System ή ICD-10-PCS). Ωστόσο, το σύστημα αυτό υστερεί αρκετά σε σχέση με άλλες διαδικαστικές ταξινομήσεις.

2.4.2 Συστηματοποιημένη ονοματολογία της Ιατρικής (SNOMED)

Έναν συνδυασμό διαγνωστικής και διαδικαστικής ταξινόμησης παρέχει η Συστηματοποιημένη Ονοματολογία της Ιατρικής (Systematized Nomenclature of Medicine – SNOMED). Η ταξινόμηση SNOMED είχε μια ιδιαίτερη ιστορική εξέλιξη. Προπομπός αυτής υπήρξε η εξειδικευμένη ταξινόμηση για κλινικούς όρους της Παθολογίας (Pratt, 1971) η οποία δημιουργήθηκε στο Κολλέγιο Παθολόγων Αμερικής (College of American Pathologists – CAP) υπό την ονομασία «Συστηματοποιημένη Ονοματολογία της Παθολογίας» (Systematized Nomenclature of Pathology – SNOP) (Cote, 1976). Το 1973 το κολλέγιο αποφάσισε να επεκτείνει το σύστημα ταξινόμησης γενικεύοντάς το για όλους τους ιατρικούς όρους και δημιουργώντας μετά από έναν περίπου χρόνο την πρώτη έκδοση της ονοματολογίας SNOMED (Barkman, 1973). Έκτοτε, και έως το τέλος του 20^{ου} αιώνα έγιναν διάφορες αναθεωρήσεις του συστήματος. Στη συνέχεια η ονοματολογία SNOMED μετεξελίχθηκε στη Συστηματοποιημένη Ονοματολογία της Ιατρικής – Κλινικών Όρων (SNOMED – Clinical Terms ή SNOMED - CT) η οποία συγχωνεύει πληροφορίες από την ονοματολογία SNOMED και από την ταξινόμηση CTV 3 (Clinical Terms Version 3), γνωστή ως κώδικες Read, της Εθνικής Υπηρεσίας Υγείας της Βρετανίας (National Health Service – NHS). Η ονοματολογία SNOMED – CT είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα σε μορφή οντολογίας, η οποία συσχετίζει τους κλινικούς όρους μεταξύ τους (Spackman, Dionne, Mays, & Weis, 2002). Η ιστορική εξέλιξη της ονοματολογίας SNOMED παρουσιάζεται συνοπτικά στην παρακάτω εικόνα 2.6.



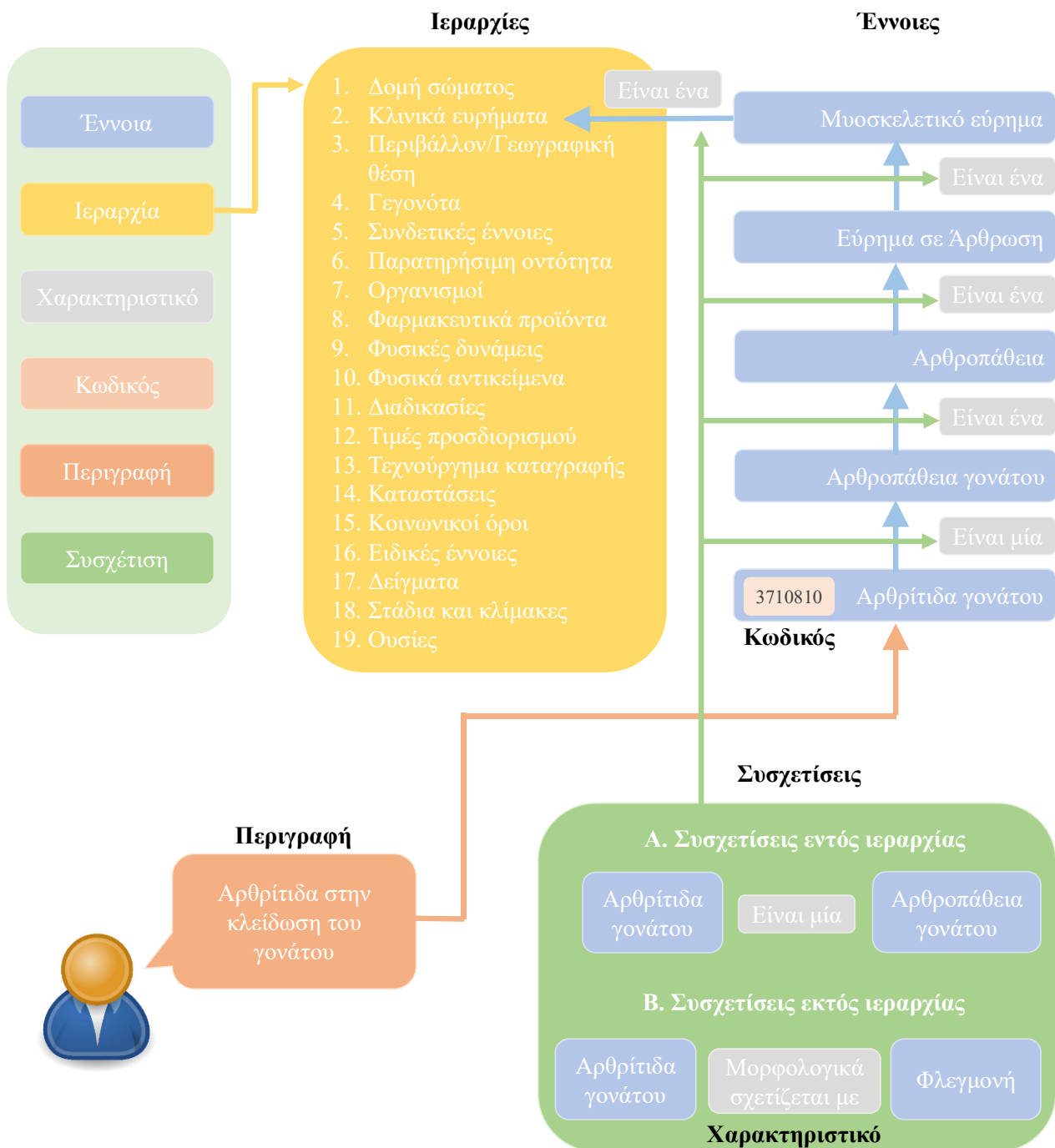
Εικόνα 2.6 Ιστορική εξέλιξη της Συστηματοποιημένης Ονοματολογίας SNOMED.

Η ονοματολογία SNOMED III υιοθέτησε ένα σύστημα ταξινόμησης των ιατρικών όρων με πολλούς άξονες (πίνακας 2.2). Ο κάθε άξονας από αυτούς έχει δενδροειδή μορφή, όπου σε 6 επίπεδα ταξινομούνται όλοι οι όροι που περιέχονται στον άξονα. Το μοντέλο της κωδικοποίησης που χρησιμοποιεί αποτελείται από 5 ή 6 ψηφία, με το πρώτο ψηφίο να υποδεικνύει τον άξονα στον οποίο περιέχεται ο όρος. Το βασικό πρόβλημα που έχει η συγκεκριμένη δόμηση των όρων, πηγάζει από το γεγονός ότι οι άξονες σε πολλά σημεία επικαλύπτονται, και ως εκ τούτου ένας όρος μπορεί να βρίσκεται σε περισσότερους από έναν άξονες. Το γεγονός αυτό άμεσα δημιουργεί το πρόβλημα ότι σε έναν ιατρικό όρο μπορεί να χρειάζεται να αποδοθούν περισσότεροι από έναν κωδικοί.

A/A	Άξονας	Περιγραφή
1	T (Τοπογραφία)	Ανατομικοί όροι
2	M (Μορφολογία)	Αλλαγές σε κύτταρα ιστούς και όργανα
3	L (Ζώντες οργανισμοί)	Ιοί και βακτήρια
4	C (Χημικοί όροι)	Φάρμακα
5	F (Λειτουργίες)	Συμπτώματα
6	J (Εργασία – Απασχόληση)	Όροι που περιγράφουν την εργασία του ασθενούς
7	D (Διάγνωση)	Διαγνωστικοί όροι
8	P (Διαδικασίες)	Διαγνωστικές, Θεραπευτικές και χειριστικές διαδικασίες
9	A (Συσκευές – Δραστηριότητα)	Συσκευές και δραστηριότητες σχετιζόμενες με την ασθένεια
10	S (Κοινωνικοί όροι)	Σχετικοί με την κοινωνική κατάσταση του ασθενούς
11	G (Γενικοί όροι)	Διάφοροι γενικοί όροι

Πίνακας 2.2 Οι 11 άξονες της ονοματολογίας SNOMED III.

Συστηματοποιημένη Ονοματολογία Κλινικών όρων της Ιατρικής Σχεδιασμός και υλοποίηση



Εικόνα 2.7 Ο σχεδιασμός και η υλοποίηση της οντολογίας της SNOMED – CT.

Τη δυσκολία που είχε η ονοματολογία SNOMED III να κωδικοποιήσει ιατρικούς όρους λόγω των επικαλύψεων που υπήρχαν στους άξονες, την αντιμετώπισε η SNOMED – CT, η οποία άλλαξε τελείως τη λογική της απλής ταξινόμησης και κωδικοποίησης, προς την κατεύθυνση της δημιουργίας μιας ολοκληρωμένης ηλεκτρονικής λύσης στα πρότυπα των οντολογιών. Η βασική διαφοροποίηση που μπορεί να διακρίνει κανείς σε σχέση με μια απλή ταξινόμηση των ιατρικών όρων, όπως η ICD-10, είναι η σχεσιακή υπόσταση των όρων. Όπως φαίνεται στην εικόνα 2.7, η SNOMED – CT περιέχει έξι βασικά στοιχεία:

1. Έννοιες: Οι έννοιες είναι οι ίδιοι οι ιατρικοί όροι, οι οποίοι είναι κατηγοριοποιημένοι ιεραρχικά.
2. Ιεραρχίες: Είναι το πρώτο επίπεδο κατηγοριοποίησης των εννοιών. Υπάρχουν συνολικά 19 ιεραρχίες.
3. Συσχετίσεις: Οι συσχετίσεις συνδέουν δύο διαφορετικές έννοιες μεταξύ τους. Υπάρχουν συσχετίσεις που συνδέουν έννοιες που περιέχονται μέσα στην ίδια ιεραρχία και συσχετίσεις που συνδέουν έννοιες που δεν περιέχονται στην ίδια ιεραρχία.
4. Χαρακτηριστικά: Είναι τα χαρακτηριστικά που καθορίζουν τη συσχέτιση μεταξύ δύο εννοιών.
5. Περιγραφές: Είναι συνώνυμες εκφράσεις που χρησιμοποιούνται σε φυσική γλώσσα για να περιγράψουν μια έννοια
6. Κωδικός: Είναι ο κωδικός για την ταυτοποίηση κάθε έννοιας. Ο κωδικός αποτελείται από 6-15 αριθμητικά ψηφία.

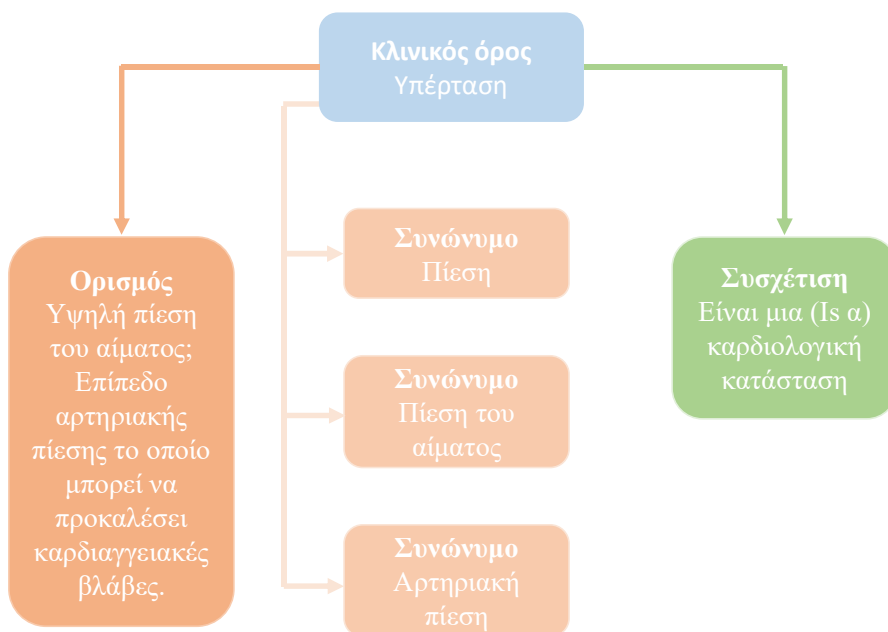
Η παραπάνω δομή και τα επιμέρους συστατικά αναπαρίστανται με λεπτομέρεια στην εικόνα 2.7. Στην εικόνα φαίνονται οι 19 ιεραρχίες στις οποίες ταξινομούνται όλοι οι ιατρικοί όροι. Επίσης στην εικόνα φαίνεται ένα παράδειγμα, όπου είναι χαρακτηριστική η κλιμακούμενη λεπτομέρεια των εννοιών όσο διατρέχουμε τα επίπεδα της δένδρικής δομής. Συγκεκριμένα ξεκινώντας από την ιεραρχία των «κλινικών ευρημάτων», συνεχίζουμε σε επίπεδο «μυοσκελετικών ευρημάτων» και τελικά καταλήγουμε στη μέγιστη λεπτομέρεια όπου περιγράφεται η «αρθρίτιδα γονάτου». Στο σημείο αυτό πρέπει να επισημανθεί ότι μεταξύ των όρων και όσο προχωράμε από το υψηλής λεπτομέρειας επίπεδο στο 1^ο επίπεδο της ιεραρχίας όλοι οι διαδοχικοί όροι συνδέονται με μια συσχέτιση «ένα μια» ή «είναι ένα» (“Is a”). Σε φυσική γλώσσα θα μπορούσε δηλαδή κάποιος να πει ότι για παράδειγμα η αρθρίτιδα γονάτου «είναι μια» αρθροπάθεια γονάτου. Η πρόταση αυτή ανταποκρίνεται πλήρως στην πραγματικότητα. Τέτοιου είδους συσχετίσεις αφορούν όρους που βρίσκονται στην ίδια ιεραρχία. Σε μια τέτοιου τύπου συσχέτιση ο όρος που είναι πιο ψηλά σε επίπεδο και κοντά στο πρώτο επίπεδο της ιεραρχίας ονομάζεται γονικός όρος ή γονέας, ενώ ο όρος που είναι πιο κοντά στο επίπεδο λεπτομέρειας ονομάζεται απόγονος ή παιδί. Κατά παρόμοιο τρόπο υπάρχουν και οι συσχετίσεις για να συνδέουν έννοιες από διαφορετικές ιεραρχίες. Στο παράδειγμα της εικόνας παρουσιάζεται μια τέτοια περίπτωση σύμφωνα με την οποία η αρθρίτιδα γονάτου «μορφολογικά σχετίζεται με» (“associated morphology”) φλεγμονή. Σε αυτή την περίπτωση η φράση «μορφολογικά σχετίζεται με» αποτελεί ένα χαρακτηριστικό. Τέλος είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ένας όρος δε βρίσκεται αποκλειστικά μόνο σε μια ιεραρχία αλλά μπορεί να έχει γονείς από οποιαδήποτε από τις ιεραρχίες. Ωστόσο, ο κάθε όρος έχει έναν και μοναδικό κωδικό.

Όλη η παραπάνω δόμηση, όπως αυτή αναφέρθηκε, καθιστά αρκετά περίπλοκο το πρόβλημα για να το αντιληφθεί κανείς, ωστόσο είναι αυτό που αίρει τους περιορισμούς που είχαν οι προηγούμενες εκδόσεις της ονοματολογίας SNOMED. Κατ’ αυτόν τον τρόπο αναπτύσσονται οι οντολογίες, οι οποίες έχουν ευρεία εφαρμογή στο πεδίο της βιοϊατρικής τεχνολογίας. Με τη βοήθεια δηλαδή των οντολογιών δημιουργήθηκε μια ταξινόμηση, η οποία δεν είναι απλώς διαγνωστική αλλά και διαδικαστική. Η SNOMED – CT περιέχει περισσότερους από 300,000 ιατρικούς όρους, οι οποίοι συσχετίζονται μεταξύ τους με περίπου 1,500,000 συσχετίσεις.

2.4.3 Κώδικες Read

Οι κώδικες Read, τους οποίους εμπνεύστηκε ο James Read (Read, & Benson, 1986) στις αρχές της δεκαετίας του 1980, είναι η βρετανική εκδοχή της ταξινόμησης των ιατρικών όρων. Δημιουργήθηκαν υπό την αιγίδα της Εθνικής Υπηρεσίας Υγείας (National Health Service – NHS) της Βρετανίας και είχαν ευρεία εφαρμογή στην κλινική πράξη. Οι κώδικες Read παρουσιάζουν μεγάλες ομοιότητες με την ταξινόμηση ICD-9 και περιέχουν την κωδικοποίηση πληθώρας ιατρικών όρων, όπως παραδείγματος χάριν, διαγνωστικούς όρους, θεραπευτικούς όρους, συμπτώματα και κλινικές παρατηρήσεις, καθώς επίσης και στοιχεία του ασθενούς σχετικά με την εργασία του, την κοινωνική του δραστηριότητα, την εθνικότητα και την θρησκεία (Read, 1991). Οι κώδικες Read παρουσιάζονται ως θησαυρός (thesaurus) ιατρικών όρων, υπό την έννοια ότι ο κάθε όρος έχει έναν ορισμό, μπορεί να έχει συνώνυμα, ενώ συνδέεται με συσχετίσεις («Is a») με τους γονικούς του όρους, όπως

ακριβώς είδαμε στην ονοματολογία SNOMED – CT. Στην εικόνα 2.8 παρουσιάζεται ένα σχεδιάγραμμα του κλινικού όρου «υπέρταση» και τη δομή που έχει ένας θησαυρός ιατρικών όρων (Benson, 2011).



Εικόνα 2.8 Η δομή των εννοιών σε έναν θησαυρό κλινικών όρων.

Από την πρώτη εμφάνιση των κωδικών Read μέχρι σήμερα, έχουν πραγματοποιηθεί τρεις αναθεωρήσεις. Σύμφωνα με την πρώτη τους έκδοση οι κλινικοί όροι κωδικοποιούνταν με παρόμοιο τρόπο, όπως αυτός της ταξινόμησης ICD-9, δηλαδή με μια ιεραρχική δομή αλφαριθμητικών. Συγκεκριμένα, η κωδικοποίηση αποτελείται από τέσσερα αλφαριθμητικά ψηφία όπου όλοι οι κωδικοί που ξεκινούν από το ίδιο αλφαριθμητικό είναι απόγονοι (έχουν δηλαδή μια σχέση «Is a») του ίδιου γονικού όρου. Το ίδιο συμβαίνει και για όλους τους κωδικούς, οι οποίοι έχουν τα δύο πρώτα αλφαριθμητικά ίδια κ.ο.κ. Η ιεράρχηση αυτή είχε το ίδιο ακριβώς πρόβλημα με το σύστημα SNOMED III, δηλαδή το γεγονός ότι οι βασικές κατηγορίες σε πολλά σημεία επικαλύπτονται, και ως εκ τούτου ένας όρος μπορεί να βρίσκεται μόνο σε μια βασική κατηγορία. Το πρόβλημα αυτό λύθηκε με την τρίτη έκδοση των κωδικών Read, η οποία είναι γνωστή και ως Κλινικοί Όροι έκδοση 3 (Clinical Terms Version 3 – CTV3), κατά την οποία εφαρμόστηκε το μοντέλο του θησαυρού ιατρικών όρων με κωδικοποίηση 5 ψηφίων, το οποίο επέτρεπε την πολύ-ιεραρχική δομή της ταξινόμησης. Η ιεράρχηση έχει στην κορυφή 15 κατηγορίες στις οποίες ταξινομούνται όλοι οι ιατρικοί όροι (πίνακας 2.3).

A/A	Κατηγορία
1	Ανατομικές έννοιες
2	Διαχείριση
3	Συσκευές και Εξοπλισμός
4	Χαρακτηριστικά
5	Αιτίες τραυματισμών και δηλητηριάσεων
6	Κλινικά ευρήματα
7	Ιστορικό και κληρονομικότητα
8	Φάρμακα
9	Εργασία – απασχόληση
10	Εγχειρήσεις, διαδικασίες, επεμβάσεις
11	Οργανισμός
12	Στάδια και κλίμακες

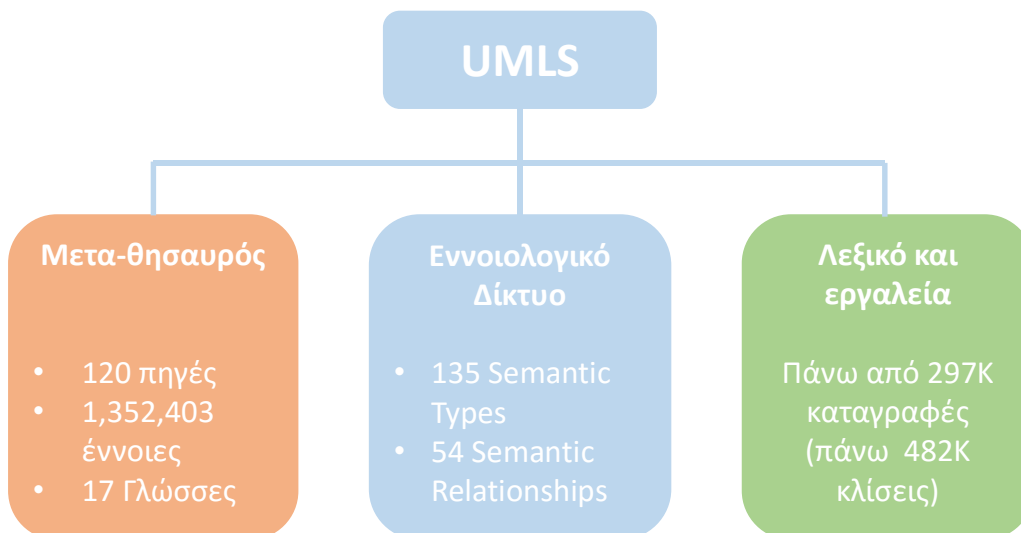
13	Μονάδα
14	Πρόσθετοι όροι
15	Τοπικοί και προσωρινοί όροι

Πίνακας 2.3 Οι κατηγορίες των Κλινικών Όρων Έκδοση 3.

Όσον αφορά στην τελική εξέλιξη των κωδικών Read, όπως προαναφέρθηκε, συγχωνεύτηκαν με το σύστημα SNOMED III και δημιουργήθηκε η οντολογία SNOMED-CT.

2.4.4. Σύστημα Ενοποιημένης Ιατρικής Γλώσσας (UMLS)

Το Σύστημα Ενοποιημένης Ιατρικής Γλώσσας (Unified Medical Language System – UMLS) αναπτύσσεται από την Εθνική Ιατρική Βιβλιοθήκη των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (U.S National Library of Medicine) και ένας από τους βασικούς του στόχους ήταν η ενοποίηση όλων των προτύπων που έχουν αναπτυχθεί (National Library of Medicine, 2009). Εκτός αυτού όμως το σύστημα UMLS επιδιώκει να διευκολύνει την υλοποίηση συστημάτων για την κατανόηση της ιατρικής γλώσσας ως φυσικής γλώσσας (natural language). Προς την κατεύθυνση αυτή το σύστημα UMLS στοχεύει στην ολοκλήρωση και τον συγκερασμό πολλών πηγών γνώσης, αλλά και στη δημιουργία εργαλείων για την αξιοποίηση των γνώσεων αυτών (Selden, & Humphreys, 1996).



Εικόνα 2.9 Τα περιεχόμενα του προτύπου UMLS.

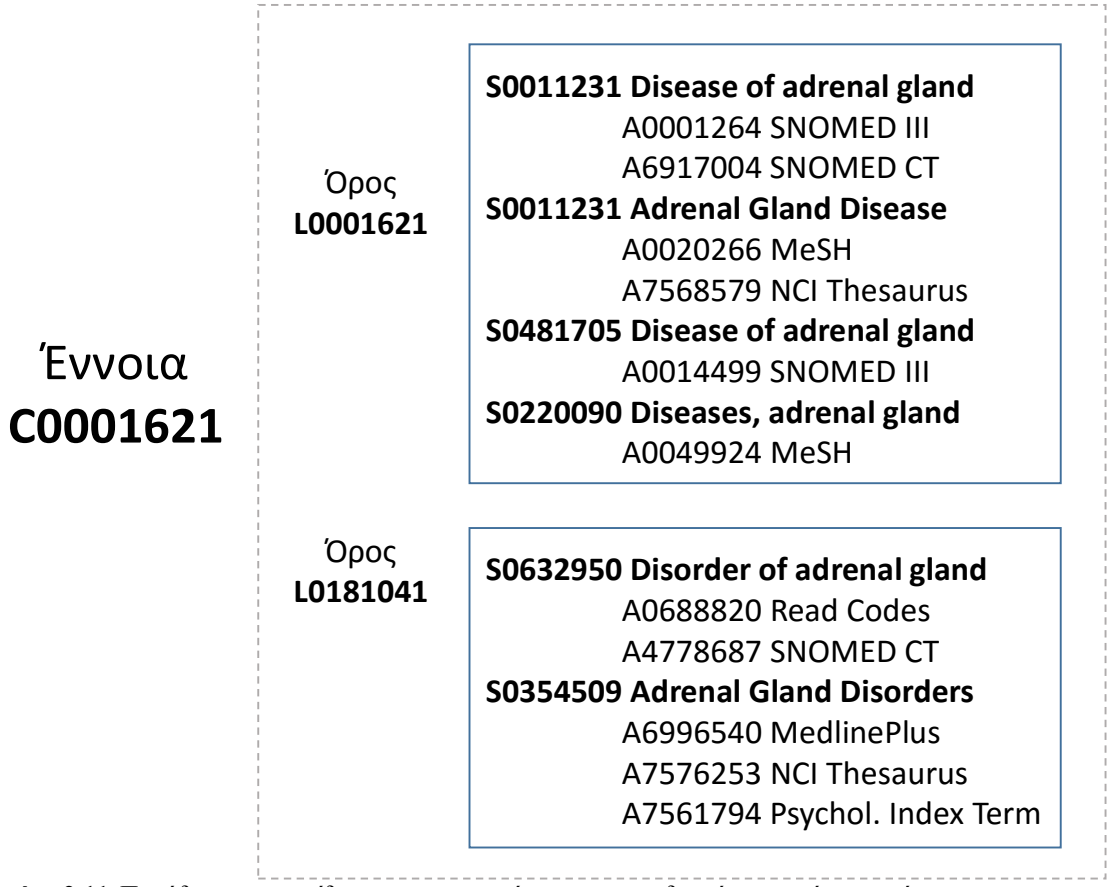
Όπως φαίνεται και στην εικόνα 2.9 το σύστημα UMLS αναπτύσσεται σε τρεις πυλώνες:

- Σε έναν μετα-θησαυρό (meta-thesaurus) ορολογίας της ιατρικής. Ονομάζεται μετα-θησαυρός δεδομένου ότι αποτελεί τη συγχώνευση πηγών γνώσης από άλλες ταξινομήσεις ή θησαυρούς. Μάλιστα τα τελευταία χρόνια οι πηγές από τις οποίες αντλεί όρους το σύστημα έχει ξεπεράσει τις 100 με συνεχώς αυξανόμενη τάση. Από τις πηγές αυτές έχουν συγκεντρωθεί περίπου 1,500,000 ιατρικές έννοιες. Επίσης σημαντική συνεισφορά αποτελεί το γεγονός ότι οι όροι έχουν ερμηνευτεί σε 17 διαφορετικές γλώσσες.
- Σε ένα εννοιολογικό δίκτυο συσχετίσεων (εικόνα 2.10), το οποίο έχει σκοπό την ταξινόμηση των όρων σε οντολογική μορφή. Το δίκτυο αυτό υλοποιεί 135 εννοιολογικές κατηγορίες μέσα στις οποίες θα καταταγούν όλοι οι όροι από όλες τις πηγές γνώσης. Οι εννοιολογικές κατηγορίες με τη σειρά τους συνδέονται μεταξύ τους με 54 διαφορετικές συσχετίσεις. Οι συσχετίσεις μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε συσχετίσεις ιεραρχικές και μη ιεραρχικές, όπως ακριβώς παρουσιάστηκαν για το σύστημα SNOMED – CT. Οι ιεραρχικές συσχετίσεις

συνδέουν ιατρικούς όρους με άλλους ιατρικούς όρους εντός της ίδιας εννοιολογικής έννοιας. Το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιας συσχέτισης είναι η συσχέτιση «είναι ένα» ή «είναι μία» (“Is a”). Αντίθετα, οι μη ιεραρχικές συσχετίσεις συνδέουν όρους που βρίσκονται σε διαφορετικές εννοιολογικές κατηγορίες. Οι συσχετίσεις στο σύστημα UMLS είναι επιλεγμένες έτσι ώστε να μπορούν να υποστηρίξουν την ορθολογικότητα της φυσικής γλώσσας. Δηλαδή για παράδειγμα η συσχέτιση το «ένζυμο» «είναι μια» «ενεργή βιολογική ουσία» έχει ένα ξεκάθαρο νόημα σε φυσική γλώσσα.

- Σε εργαλεία λεξικών και επεξεργασίας φυσικής γλώσσας στα οποία μέχρι στιγμής έχουν ενσωματώσει 297,000 καταγραφές.

Για να γίνει περισσότερο αντιληπτή η συνεισφορά της ενοποιημένης ιατρικής γλώσσας, παρουσιάζεται ένα παράδειγμα (εικόνα 2.11). Το σύστημα UMLS εισάγει ουσιαστικά ένα ανώτερο επίπεδο στην κατηγοριοποίηση των ιατρικών όρων, το επίπεδο της έννοιας. Το επίπεδο αυτό στοχεύει αφενός στην εύκολη ένταξη και συγχώνευση ιατρικών όρων από ανομοιογενείς πηγές γνώσης, δηλαδή από τις διάφορες ταξινομήσεις και συστήματα που έχουν κατά καιρούς προταθεί από διαφορετικούς φορείς. Αφετέρου, στοχεύει στη συγχώνευση των ιατρικών όρων που είναι συνώνυμοι μεταξύ τους.



Εικόνα 2.11 Παράδειγμα της επίδρασης των εννοιών για την ομαδοποίηση συνώνυμων όρων.

Στην εικόνα 2.11 παρουσιάζεται η έννοια με κωδικό C0001621, η οποία περιέχει δύο όρους συνώνυμους μεταξύ τους δηλαδή τη νόσο του επινεφρίδιου αδένου (Disease of adrenal gland) και τη διαταραχή του επινεφρίδιου αδένου (Adrenal Gland Disorder). Επίσης στην εικόνα παρατηρούνται οι διαφορετικές παραλλαγές του όρου, όπως προέρχονται από διαφορετικές ταξινομήσεις και συστήματα (π.χ. το σύστημα SNOMED III, το σύστημα SNOMED – CT, τους κώδικες Read, το σύστημα MeSH και τον θησαυρό NCI κ.ο.κ). Κατά αυτόν τον τρόπο η προσθήκη της έννοιας επιδρά στην ενοποίηση των διαφόρων προτύπων.

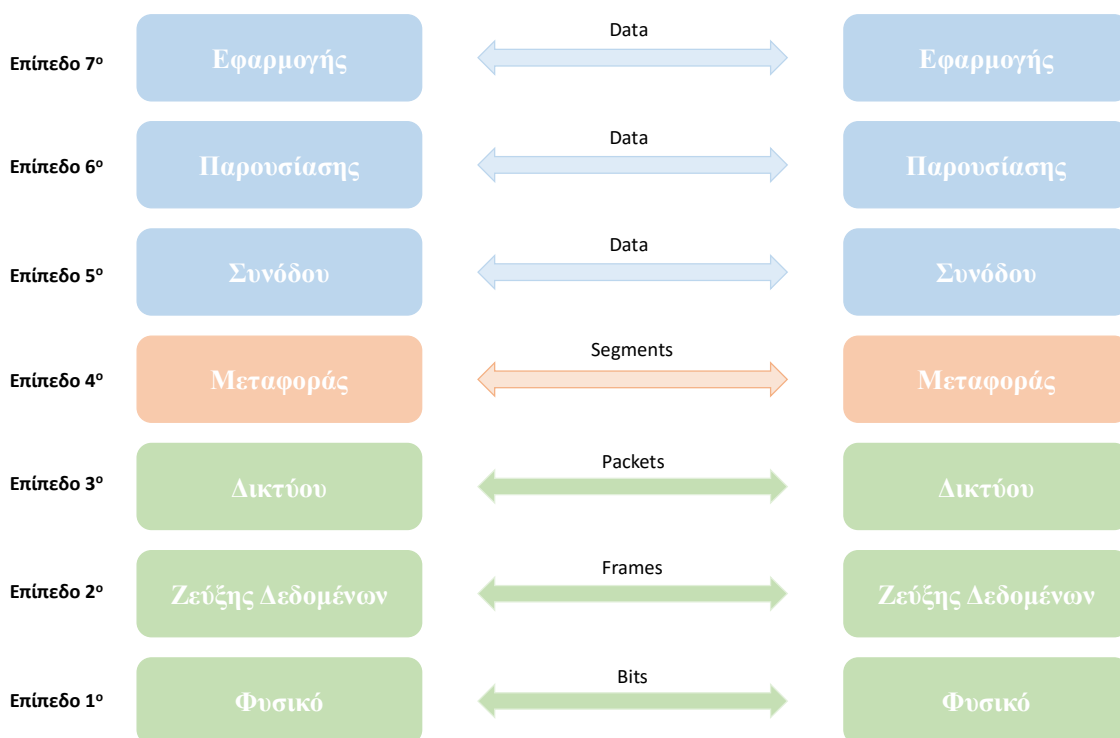
2.5. Πρότυπα μετάδοσης ιατρικών δεδομένων

Εκτός από τα πρότυπα που σχετίζονται με το περιεχόμενο και τα πρότυπα που σχετίζονται με την ιατρική ορολογία και γλώσσα, ένα σημαντικό κομμάτι των ιατρικών προτύπων κατέχουν τα πρότυπα για τη μετάδοση των δεδομένων. Τα πρότυπα αυτά είναι σημαντικά για δύο βασικούς λόγους. Αφενός απαιτείται ομοιογένεια των μεταδιδόμενων δεδομένων, ώστε να μπορούν οι ειδικοί να τα καταλαβαίνουν, αφετέρου απαιτείται τα δεδομένα να μεταδίδονται με πλήρη ασφάλεια. Στην ενότητα αυτή θα μελετήσουμε δύο από τα πιο γνωστά και ευρέως χρησιμοποιούμενα πρότυπα μετάδοσης, α) το πρότυπο για τη μετάδοση ιατρικής πληροφορίας HL7 και β) το πρότυπο για τη μετάδοση ιατρικής εικόνας DICOM.

2.5.1 Πρότυπο HL7

Το πρότυπο HL7 (Health Level Seven) είναι ένα πρωτόκολλο μεταφοράς δεδομένων εξειδικευμένου πεδίου (specific domain) όπως αναφέρεται, διότι αφορά συγκεκριμένα στη μετάδοση δεδομένων στο πεδίο της ιατρικής. Στόχος του είναι η εύκολη μεταφορά ιατρικών δεδομένων, ανεξαρτήτως της ιατρικής εφαρμογής, ή του λειτουργικού συστήματος (Rodrigues, 2010). Αυτό επιτυγχάνεται με τυποποιημένα μηνύματα, τα οποία ανταλλάσσουν τα υπολογιστικά συστήματα μεταξύ τους. Η παρέμβασή του υλοποιείται στο υψηλότερο επίπεδο μεταφοράς δεδομένων, όπως αυτό περιγράφεται από το μοντέλο διασύνδεσης ανοιχτών συστημάτων OSI (Open System Interconnection model). Το μοντέλο OSI, το οποίο προτάθηκε από τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (International Organization for Standardization – ISO), είναι θεμελιώδες για την επιστήμη της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών και εισάγει μια πολυεπίπεδη αρχιτεκτονική που τυποποιεί τα επίπεδα εξυπηρέτησης και τους τύπους αλληλεπίδρασης μεταξύ υπολογιστών που συνδέονται μέσω δικτύου. Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 2.12 το μοντέλο OSI αποτελείται από 7 επίπεδα, ξεκινώντας από το χαμηλότερο που αφορά στο φυσικό επίπεδο, δηλαδή τη συνδεσμολογία που υπάρχει ανάμεσα σε δύο υπολογιστές και καταλήγει στην ανταλλαγή δεδομένων σε επίπεδο εφαρμογών λογισμικού. Το έβδομο επίπεδο δηλαδή είναι αυτό το οποίο διερευνά τους τρόπους που μπορούν δύο ανεξάρτητες εφαρμογές λογισμικού να ανταλλάξουν μεταξύ τους δεδομένα και αυτά να είναι κατανοητά και από τις δύο. Όπως εύκολα γίνεται αντιληπτό, το πρότυπο HL7 υλοποιείται επάνω στο 7^ο επίπεδο του μοντέλου OSI, γι' αυτόν τον λόγο του έχει δοθεί και αυτή η ονομασία, δηλαδή «7^ο Επίπεδο Υγείας».

Open Systems Interconnection OSI model



Εικόνα 2.12 Τα επτά επίπεδα του προτύπου OSI.

Το πρότυπο HL7 δημιουργήθηκε το 1987, οπότε και ιδρύθηκε και ο ομώνυμος οργανισμός Health Level Seven Inc., ο οποίος ανέλαβε την εποπτεία του. Έκτοτε, το πρότυπο έτυχε μεγάλης αποδοχής σε παγκόσμια κλίμακα (Rishel, 1989). Ιδρύθηκαν σε πολλές ανεπτυγμένες χώρες παραρτήματα του οργανισμού, με σκοπό την προώθηση του προτύπου σε τοπικό επίπεδο και την υποστήριξή του στο επίπεδο της γλώσσας κάθε χώρας. Μέσα από την προσπάθεια αυτή το πρότυπο HL7 κατέστη το περισσότερο χρησιμοποιούμενο πρότυπο

μεταφοράς δεδομένων παγκοσμίως. Από το 1989 και μετά ξεκίνησε η περαιτέρω εξέλιξη του προτύπου, παρουσιάζοντας έως και τις αρχές του 21^{ου} αιώνα αλληπάλληλες νέες εκδόσεις, ενώ παράλληλα έλαβε τις πιστοποιήσεις από τους κυριότερους οργανισμούς τυποποίησης, όπως το Εθνικό Ινστιτούτο Τυποποίησης της Αμερικής (American National Standards Institute – ANSI) και βέβαια του οργανισμού ISO. Το 2004 το πρότυπο αλλάζει μορφή και βασίζεται πλέον στην γλώσσα XML (Extensible Markup Language) εναρμονιζόμενο με τις απαιτήσεις της εποχής (Beeler, 1998). Στην Εικόνα 2.13 παρουσιάζονται δύο παραδείγματα μηνυμάτων με ιατρικά δεδομένα. Το ένα από αυτά διατηρεί τη δομή που είχαν τα μηνύματα των εκδόσεων 2.X (δεξιά στην εικόνα), ενώ το άλλο έχει συνταχθεί σύμφωνα με την 3^η έκδοση, βασισμένο δηλαδή σε γλώσσα XML (αριστερά στην εικόνα).

HL7 version 3	HL7 version 2.X
<pre> <BABL_OL324300 ITSVersion="XML_1.0" xmlns="urn:hl7-org:v3" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"> <id root="5.24.657.2.453821.57.5862.5" /> <creationTime value="201305180700-0300"/> <!-- Vocabulary used is that of Jun 2014 --> <versionCode code="2013"/> <interactionId root="5.24.657.2.453821.1.8" extension="BABL_OL324300"/> <processingCode code="P"/> <processingModeCode nullFlavor="OTH"/> <acceptAckCode code="ER"/> <receiver typeCode="RCV"> <device classCode="DEV" determinerCode="INSTANCE"> <id extension="BROS" root="5.24.657.2.453821.57.5862.5"/> <asLocatedEntity classCode="LOCE"> <location classCode="PLC" determinerCode="INSTANCE"> <id root="5.24.657.2.453821.57.5862.5" extension="CLAB-2"/> </location> </asLocatedEntity> </device> </receiver> </BABL_OL324300 > </pre>	<pre> MSH ^~\& 201403220017 ADT^A08 ADT.1.5658474 P 2.7 PID 1 000854785 PAPADOPOULOS^DIM^G 1969041318060 M 35 DODONIS^^IOANNINA^GR^45221 2651055854 NK1 1 PAPADOPOULOS^GEORGIOS^D FATHER 23 KONOY^^ARTA^GR^45534 2681055455 NK1 2 NTINA^MARIA DAUGHTER 133 SYGROU^^ATHENS^GR^13548 2105878545 IN1 1 PRE2 PERSOLAN ASFALISTIKH PO BOX 654^SYGROU^ON^221 19601 OBX 1 NM ^Body Height 1.83 m^Meter^ISO+ F OBX 2 NM ^Body Weight 98 kg^Kilogram^ISO+ F AL1 1 ^PARACETAMOL DG1 1 719.47^PAIN IN JOINT^I9 A </pre>

Εικόνα 2.13 Παραδείγματα από την μορφή του προτύπου HL7. Αριστερά: Παράδειγμα της 3^{ης} έκδοσης του προτύπου η οποία είναι βασισμένη στο πρότυπο xml. Δεξιά: Η μορφή των εκδόσεων 2.X του προτύπου.

Οι εκδόσεις 2.X του προτύπου έχουν ακόμα ευρεία εφαρμογή στην κλινική πράξη για δύο βασικούς λόγους. Αφενός διότι η δομή των εκδόσεων αυτών είναι πιο απλή και εύκολα κατανοητή από άτομα που δεν κατέχουν γνώσεις πληροφορικής, αφετέρου διότι απαιτεί λιγότερους πόρους από τα υπολογιστικά συστήματα. Τα μηνύματα είναι χαρακτηρισμένα ανάλογα με το σκοπό που εξυπηρετούν. Δηλαδή υπάρχουν μηνύματα, τα οποία αποσκοπούν για παράδειγμα στην εισαγωγή μιας νέας καταγραφής, στην ενημέρωση/επεξεργασία μιας καταγραφής, στη διαγραφή μιας καταγραφής, στην αλλαγή της κατάστασης ενός ασθενούς ο οποίος λαμβάνει εξιτήριο από μια κλινική κ.ο.κ.. Η κατηγορία μηνυμάτων ορίζεται στην αρχή του μηνύματος, στην κεφαλίδα του, με έναν τριψήφιο κωδικό από γράμματα του λατινικού αλφάβητου. Συντακτικά τα μηνύματα αποτελούνται από τμήματα (segments), τα τμήματα από πεδία (fields), τα πεδία από συνιστώσες (components) και οι συνιστώσες από υποσυνιστώσες (sub-components). Τα τμήματα έχουν συγκεκριμένο σκοπό όσον αφορά στο περιεχόμενο που καταχωρείται σε αυτά. Για να διακρίνονται ξεκινούν με έναν τριψήφιο κωδικό από γράμματα του λατινικού αλφάβητου. Παραδείγματος χάριν το τμήμα με κωδικό PID είναι το τμήμα στο οποίο καταχωρούνται στοιχεία ταυτοποίησης του ασθενούς, δηλαδή ένας μοναδικός κωδικός, το όνομα και το επώνυμό του, η διεύθυνσή του κ.ο.κ.. Τα χαρακτηριστικά αυτά καταχωρούνται στα προκαθορισμένα πεδία, συνιστώσες και υποσυνιστώσες που περιέχει το τμήμα PID. Τα πεδία διαχωρίζονται μεταξύ τους με τον προκαθορισμένο χαρακτήρα «|» (pipe), οι συνιστώσες με τον χαρακτήρα «^» (caret), ενώ οι υποσυνιστώσες με τον χαρακτήρα «&» (ampersand). Ωστόσο οι χαρακτήρες αυτοί μπορούν να αλλάξουν κατά το δοκούν και να δηλωθούν άλλοι χαρακτήρες. Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι όλα τα μηνύματα ξεκινούν με το τμήμα της κεφαλίδας, το οποίο έχει κωδικό MSH και στο τμήμα αυτό δηλώνεται και η κατηγορία του μηνύματος.

Θα επιχειρηθεί η ερμηνεία του παραδείγματος της Εικόνας 2.13 με σκοπό να γίνει πιο κατανοητός ο τρόπος που συντάσσονται τα μηνύματα HL7 των εκδόσεων 2.X. Το μήνυμα του παραδείγματος αποτελείται από τα εξής τμήματα:

- το τμήμα της κεφαλίδας MSH στο οποίο φαίνονται, οι χαρακτήρες διαχωρισμού, η ημερομηνία που στάλθηκε το μήνυμα και ο σκοπός του μηνύματος, ο οποίος έχει κωδικό A08. Ανατρέχοντας σε πίνακες που περιγράφουν τους κωδικούς του προτύπου διαπιστώνεται ότι ο κωδικός A08 αφορά σε ενημέρωση/επεξεργασία καταγραφής.
- το τμήμα της ταυτοποίησης του ασθενούς PID. Στο τμήμα αυτό φαίνονται κατά σειρά α) ο μοναδικός κωδικός του ασθενούς σε ένα πεδίο, β) το πεδίο που περιέχει τρεις συνιστώσες με το επώνυμο, το όνομα και το πρώτο γράμμα του πατρώνυμου, γ) πεδίο με την ημερομηνία γέννησης, δ) πεδίο με το φύλλο, ε) ένα πεδίο με συνιστώσες διεύθυνσης, πόλης, χώρας και ταχυδρομικού κώδικα, στ) πεδίο με το τηλέφωνο του ασθενούς
- δύο τμήματα NK1 στα οποία είναι καταχωρημένα άτομα που σχετίζονται με τον ασθενή, και περιέχουν περίπου ίδια πεδία και συνιστώσες με το τμήμα PID.
- το τμήμα IN1 το οποίο περιέχει στοιχεία της ασφαλιστικής εταιρίας του ασθενούς
- δύο τμήματα ιατρικής παρατήρησης OBX στα οποία είναι καταχωρημένες οι μετρήσεις του ύψους και του βάρους του ασθενούς
- το τμήμα AL1, το οποίο περιέχει πληροφορίες σχετικά με αλλεργίες που παρουσιάζει ο ασθενής
- Το τμήμα της διάγνωσης DG1 στους οποίους το πρώτο πεδίο καταχωρούνται ο κωδικός του νοσήματος, η ονομασία του και η ταξινόμηση σύμφωνα με την οποία έχει κωδικοποιηθεί. Στην προκειμένη περίπτωση ο ασθενής έχει διαγνωστεί με πόνο στις κλειδώσεις με κωδικό 719,47 κατά ICD-9 (φαίνεται από τον κωδικό «I9» στην τρίτη συνιστώσα του πεδίου)

2.5.2 Πρότυπο DICOM

Η ιατρική απεικόνιση αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι των ιατρικών δεδομένων. Σε επόμενο κεφάλαιο θα μελετηθούν με μεγάλη λεπτομέρεια όλες οι απεικονιστικές μέθοδοι που εφαρμόζονται στις μέρες μας στην κλινική πράξη. Όλοι λίγο πολύ όμως είναι αρκετά εξοικειωμένοι με τις διαγνωστικές μεθόδους που χρησιμοποιούν απεικόνιση από τη δική τους εμπειρία σε νοσοκομεία ή μονάδες υγείας. Δεν υπάρχει άνθρωπος, ο οποίος να μην έχει κάνει για παράδειγμα έστω και μια ακτινογραφία. Στο πλαίσιο της ομοιογένειας της ιατρικής πληροφορίας που προέρχεται από απεικονιστικές μεθόδους γεννάται η ανάγκη της προτυποποίησης της μορφής των εικόνων αλλά και του τρόπου μετάδοσής τους (Revet, 1997). Την ανάγκη αυτή ήλθε για να καλύψει το πρότυπο DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine).

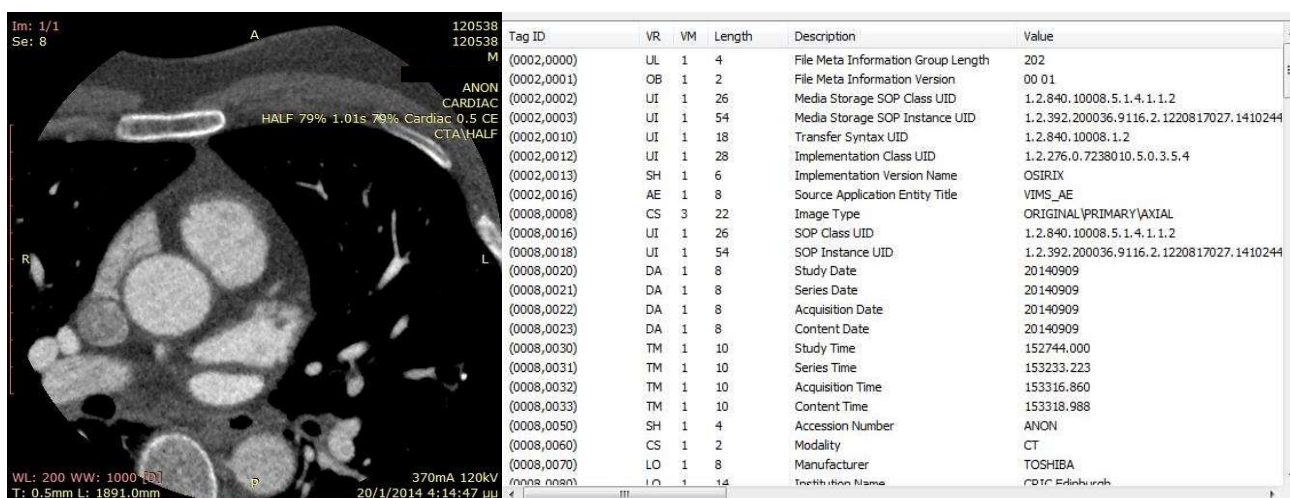
Το πρότυπο DICOM δημιουργήθηκε το 1985 από τη συνεργασία του Αμερικανικού Κολλεγίου Ακτινολογίας (American College of Radiology - ACR) και του Εθνικού Συλλόγου Κατασκευαστών Ηλεκτρικών Μηχανημάτων (National Electrical Manufacturers Association - NEMA) με σκοπό τη δημιουργία ενός προτύπου συμβατού με τα διάφορα απεικονιστικά μηχανήματα που διατηρούν μονάδες υγείας (NEMA, 2006). Για να επιτευχθεί αυτό, το πρότυπο προκαθορίζει τις διαδικασίες απεικόνισης, αποθήκευσης, εκτύπωσης και μετάδοσης των εικόνων, αλλά και πολλές άλλες λειτουργίες. Κατ' αυτόν τον τρόπο λύνεται ένα μεγάλο πρόβλημα διαλειτουργικότητας των μηχανημάτων. Οι λειτουργίες που τυποποιούνται από το πρότυπο DICOM περιγράφονται αναλυτικά στα τμήματα (parts) του (Pianyk, 2009). Στην παρούσα στιγμή το DICOM περιγράφεται σε 18 διαφορετικά τμήματα, τα οποία και παρουσιάζονται στον πίνακα 2.4, όπως ακριβώς τα δίνει ο σύλλογος NEMA για το έτος 2015.

Τμήματα	Κωδικός	Περιγραφή
1	PS3.1 2015c	Εισαγωγή και επισκόπηση

2	PS3.2 2015c	Συμμόρφωση
3	PS3.3 2015c	Πληροφορίες για τον ορισμό των αντικειμένων
4	PS3.4 2015c	Προδιαγραφές για τις υπηρεσίες των κλάσεων
5	PS3.5 2015c	Δομές δεδομένων και κωδικοποίηση
6	PS3.6 2015c	Λεξικό δεδομένων
7	PS3.7 2015c	Μετάδοση μηνυμάτων
8	PS3.8 2015c	Υποστήριξη τηλεπικοινωνιακού δικτύου για τη μετάδοση μηνυμάτων
9	PS3.10 2015c	Αποθήκευση και μορφοποίηση αρχείων για τη μετάδοση
10	PS3.11 2015c	Ρόλοι των εφαρμογών αποθήκευσης
11	PS3.12 2015c	Μορφοποιήσεις μέσων και για τη μετάδοσή τους
12	PS3.14 2015c	Λειτουργία παρουσιάσεις εικόνας επιπέδων του γκρι
13	PS3.15 2015c	Ασφάλεια και ρόλοι διαχείρισης
14	PS3.16 2015c	Απεικονίσεις περιεχομένου
15	PS3.17 2015c	Διευκρινιστικές πληροφορίες
16	PS3.18 2015c	Υπηρεσίες διαδικτύου
17	PS3.19 2015c	Φιλοξενία εφαρμογών
18	PS3.20 2015c	Αναφορές απεικόνισης με χρήση του προτύπου HL7

Πίνακας 2.4 Τα τμήματα του προτύπου DICOM.

Το πρότυπο DICOM έχει δημιουργηθεί με αντικειμενοστραφή λογική. Όλα δηλαδή νοούνται ως αντικείμενα, τα οποία έχουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Είναι εύκολο να σκεφτεί κανείς τον τρόπο με τον οποίον θεωρεί το πρότυπο τις ιατρικές συσκευές, τους ασθενείς κ.ο.κ ως αντικείμενα, εάν είναι εξοικειωμένος με τον αντικειμενοστραφή προγραμματισμό. Όσον αφορά στην καταχώρηση των χαρακτηριστικών αυτών στα αρχεία του προτύπου DICOM, αυτή γίνεται με τη μορφή ετικετών (tags). Όπως κάθε αρχείο πολυμέσων έτσι και οι εικόνες, οι οποίες ακολουθούν το πρότυπο DICOM, ξεκινούν με μια κεφαλίδα, η οποία περιέχει προκαθορισμένες πληροφορίες, όπως για παράδειγμα το όνομα του ασθενούς μαζί με άλλα στοιχεία του, αλλά και τεχνικά χαρακτηριστικά της εικόνας, όπως το μέγεθός της, τον αριθμό των επιπέδων του γκρι που χρησιμοποιεί κ.α. Στην εικόνα 2.14 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα εικόνας στο πρότυπο DICOM καρδιαγγειακής υπολογιστικής τομογραφίας, μαζί με τις ετικέτες και τα δεδομένα τα οποία μπορεί κανείς να προσπελάσει με ειδικές εφαρμογές για την αναπαράσταση εικόνων του προτύπου.



Εικόνα 2.14 Εικόνα DICOM από καρδιαγγειακή υπολογιστική τομογραφία.

Τα δύο πρότυπα HL7 και DICOM, είναι υπεύθυνα σχεδόν εξολοκλήρου για την τυποποίηση όλων των ιατρικών δεδομένων στο επίπεδο ενός νοσοκομείου. Συγκεκριμένα τα Συστήματα Αρχειοθέτησης και Επικοινωνίας Εικόνων (Picture Archiving and Communication System - PACS) και τα Πληροφοριακά Συστήματα Ακτινολογίας (Radiology Information Systems - RIS) τα οποία είναι μέρος του ευρύτερου Πληροφοριακού Συστήματος ενός νοσοκομείου (Hospital Information System - HIS), χρησιμοποιούν αποκλειστικά το πρότυπο DICOM για την τυποποίηση όλων των ιατρικών εικόνων που προέρχονται από απεικονιστικές διαγνωστικές μεθόδους (όπως ακτινογραφίες, υπερήχους, υπολογιστικές τομογραφίες κ.ο.κ.). Το ίδιο το σύστημα HIS με τη σειρά του χρησιμοποιεί το πρότυπο HL7 για τη μετάδοση όλων των ιατρικών δεδομένων.

Βιβλιογραφία/Αναφορές

- Barkman, B. (1973). Linguistics and the construction of an automated medical Lexicon. 31st Annual Convention of the Canadian Association of Medical Record Librarians.
- Beeler, G. W. (1998). HL7 Version 3: An object-oriented methodology for collaborative standards development. *International Journal of medical informatics*, 48(1-3), 151-161.
- Benson, T. (2011). The history of the Read codes: the inaugural James Read Memorial Lecture. *Informatics in primary care*, 19(3), 173-182.
- Bertillon, J. (1912). Classification of the causes of death. in *Transactions of the 15th International Congress on Hygiene Demography*, Washington, 1912.
- Cote, R. A. (1976). Standardization of nomenclature in anatomic pathology. The effects of environment on cells and tissues: proceedings of the 9th World Congress of Anatomic and Clinical Pathology, 384. *Excerpta Medica*.
- Healthcare Information and Management Systems Society, (2006). *EHR Definition, Attributes and Essential Requirements*.
- Kierkegaard, P. (2011). Electronic health record: Wiring Europe's healthcare. *Computer Law & Security Review*, 27(5), 503-515.
- Knibbs, G.H. (1929). The International Classification of Disease and Causes of Death and its revision. *Medical journal of Australia*, 1, 2-12.
- Medical Research Council, Committee on Hospital Morbidity Statistics (1944). A provisional classification of diseases and injuries for use in compiling morbidity statistics. Her Majesty's Stationery Office, London, Special Report Series No. 248.
- National Electrical Manufacturers Association. *Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) Part 1: Introduction and Overview*, 11.
- National Library of Medicine (2009). Chapter 5 - Semantic Networks. *UMLS Reference Manual*. Bethesda, MD: U.S. National Library of Medicine, National Institutes of Health.
- Pianykh, O. S., (2009). *Digital imaging and communications in medicine (DICOM): a practical introduction and survival guide*. Springer.
- Pratt, A.W. (1971). Automatic processing of Pathology data. *Journées D'Informatique Medicale*, 595-609.
- Read, J. (1991). The Read clinical classification (Read codes): General description. *British Homoeopathic journal*, 80(1), 14-20
- Read, J., & Benson, T. (1986). Comprehensive coding. *British Journal of Healthcare Computing*, 22-25.
- Revet, B., (1997). *DICOM cook Book*.
- Rishel, W. (1989). Pragmatic Considerations in the Design of the HL7 Protocol. *Proceedings of Annual Symposium on Computer Applications in Medical Care*, 687-691.
- Rodrigues, J. (2010). *Health Information Systems: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications*, 1. IGI Global. ISBN 978-1-60566-988-5.
- Selden, C. R., & Humphreys, B. L. (1996). Unified Medical Language System (UMLS). *Current bibliographies in medicine*, 96-98.
- Spackman, K. A., Dionne, R., Mays, E., & Weis, J. (2002). Role grouping as an extension to the description logic of Ontology, motivated by concept modeling in SNOMED. *Proceedings of AMIA Symposium*, 712-716.
- World Health Organization, (1949). *Manual of the international statistical classification of diseases, injuries, and causes of death. Sixth revision*.

World Health Organization, (1992). The ICD-10 classification of mental and behavioural disorders: clinical descriptions and diagnostic guidelines.

Κριτήρια αξιολόγησης

Κριτήριο αξιολόγησης 1

Ποια είναι τα τρία βασικά σημεία στα οποία απαιτείται προτυποποίηση για την υλοποίηση ενός ενιαίου υπολογιστικού συστήματος υγείας; Αναφέρετε και παρουσιάστε συνοπτικά για καθένα από αυτά τις ανάγκες τις οποίες εξυπηρετούν και με ποιο τρόπο τα διαχειριζόμαστε στην παρούσα φάση.

Απάντηση/Λύση

Τα τρία βασικά σημεία στα οποία είναι αναγκαία η δημιουργία προτύπων για την υλοποίηση ενός ενιαίου υπολογιστικού συστήματος υγείας είναι:

1. Το περιεχόμενο των ιατρικών δεδομένων που καταγράφονται. Είναι πολύ σημαντικό να είναι προκαθορισμένοι οι τύποι των δεδομένων που πρέπει να συλλέγονται για καθεμία διαφορετική ιατρική περίπτωση. Στα δεδομένα πρέπει να περιλαμβάνονται επαρκείς πληροφορίες για οτιδήποτε μπορεί να επηρεάσει την κλινική κατάσταση ενός ατόμου. Έτσι ενδείκνυται να περιλαμβάνονται στα δεδομένα από δημογραφικά στοιχεία και στοιχεία ιστορικού έως κάθε εξέταση που έχει πραγματοποιήσει ο ασθενής. Προφανώς δε χρειάζεται να καταγράφεται περιττή πληροφορία, και ως εκ τούτου ο *a priori* καθορισμός των στοιχείων που θα καταχωρηθούν διασφαλίζει την καταγραφή μόνο των χρήσιμων στοιχείων. Με προτυποποίηση του ηλεκτρονικού φακέλου ασθενούς η παγκόσμια ιατρική κοινότητα διαχειρίζεται την καταγραφή των δεδομένων προς αυτές τις κατευθύνσεις.
2. Η ορολογία που χρησιμοποιείται από τους ειδικούς. Ο ιατρικός φάκελος ασθενούς διαδραματίζει τον ρόλο του διακομιστή των στοιχείων του ασθενούς σε πολλούς ιατρούς, οι οποίοι απαιτείται να ασχοληθούν με το ιατρικό περιστατικό. Σκοπός είναι να μην απαιτείται άμεση επικοινωνία μεταξύ των ειδικών και για όλα τα δεδομένα του ΗΦΑ να έχουν όλοι την πληροφορία που χρειάζεται. Για να γίνουν όμως ευρέως αντιληπτά θα πρέπει να υπάρχει ένας κοινός κώδικας επικοινωνίας. Αυτόν τον σκοπό εξυπηρετεί η κωδικοποίηση και η προτυποποίηση των ιατρικών όρων.
3. Η επικοινωνία και η μεταφορά των ιατρικών δεδομένων. Είναι εύλογο η μεταφορά και διάδοση των ιατρικών δεδομένων να απαιτεί ταχύτητα, αξιοπιστία και ασφάλεια. Ταχύτητα με σκοπό να αποφεύγονται καθυστερήσεις σε επείγοντα περιστατικά. Αξιοπιστία, διότι εξαρτώνται ανθρώπινες ζωές. Και βέβαια ασφάλεια καθώς τα ιατρικά δεδομένα εμπίπτουν στη νομοθεσία περί προσωπικών δεδομένων. Όλα τα παραπάνω σε μεγάλο βαθμό διασφαλίζονται με την τυποποίηση των διαδικασιών και των πρωτοκόλλων ψηφιακής επικοινωνίας στις ανάγκες της υγείας.

Κριτήριο αξιολόγησης 2

Εντοπίζοντας στο διαδίκτυο κατάλληλο online σύστημα για την κωδικοποίηση σύμφωνα με τη Διεθνή Ταξινόμηση Νοσημάτων ICD-10, και λαμβάνοντας υπόψη όσα περιγράφονται στο παρόν κεφάλαιο, συμπληρώστε τους κωδικούς για τα εξής νοσήματα:

1. Οστεομυελίτιδα των σπονδύλων
2. Τραυματικός ακρωτηριασμός δύο ή περισσότερων δακτύλων
3. Ιογενής πνευμονία, που δεν ταξινομείται αλλού

Εν συνεχεία βρείτε σε τι νόσημα αναφέρονται οι κωδικοί:

1. M34.2
2. S27.1
3. P14.2

Απάντηση/Λύση

Στο διαδίκτυο υπάρχουν πολλές πλατφόρμες για την εύρεση κωδικών της Διεθνούς Ταξινόμησης Νοσημάτων. Εύκολα αν εντοπίσετε κάποια από αυτές μπορείτε να προσεγγίσετε το νόσημα από την αιτιολογία του και να ανατρέξετε προς αναζήτηση του κωδικού στο αντίστοιχο κεφάλαιο της ICD-10. Στη συνέχεια θα δείτε τις ομάδες του κεφαλαίου αυτού και θα ανατρέξετε ξανά στην ομάδα που σχετίζεται με το δοθέν νόσημα ή ιατρικό πρόβλημα. Για παράδειγμα είναι έκδηλο ότι η οστεομυελίτιδα των σπονδύλων είναι ένα νόσημα του μυοσκελετικού συστήματος και επομένως πρέπει να αναζητηθεί στο κεφάλαιο 13 στο οποίο ταξινομούνται οι ασθένειες του μυοσκελετικού συστήματος και του συνδετικού ιστού. Στη συνέχεια ανατρέχοντας στις ομάδες του κεφαλαίου 13 παρατηρείται ότι υπάρχει συγκεκριμένη ομάδα για τις παθήσεις σπονδύλων. Με παρόμοιο τρόπο εργαζόμαστε για οποιονδήποτε κωδικό της Διεθνούς Ταξινόμησης Νοσημάτων. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα οι απαντήσεις είναι οι εξής:

1. M 4 6 . 2
2. S 6 8 . 2
3. J 1 2

Ακόμα πιο εύκολη είναι η διαδικασία αναζήτησης του νοσήματος δοθέντος του κωδικού του. Τα περισσότερα συστήματα στο διαδίκτυο έχουν αναζήτηση του κωδικού, όπου παράγουν άμεσα το αποτέλεσμα. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα είναι εύκολο να βρεθεί ότι οι κωδικοί αντιστοιχούν στα εξής:

M34.2 Συστηματική σκλήρωση από φάρμακα και χημικές ουσίες.

S27.1: Τραυματικός αιμοθώρακας.

P14.2: Παράλυση του φρενικού νεύρου που οφείλεται σε τραυματισμό κατά τον τοκετό.

Κριτήριο αξιολόγησης 3

Δίδεται το παρακάτω μήνυμα στο πρότυπο HL7 version 2.7 το οποίο μεταδίδεται από μια κλινική ενός νοσοκομείου σε μία άλλη. Σύμφωνα με όσα έχουν αναφερθεί για το πρότυπο HL7 και τις εκδόσεις του 2.X προσπαθήστε να αντιληφθείτε τις πληροφορίες που μεταδίδει το συγκεκριμένο μήνυμα απαντώντας στα εξής ερωτήματα.

1. Τι είδους μήνυμα είναι αυτό;
2. Πως ονομάζεται ο ασθενής;
3. Τι είδους εξετάσεις έχει κάνει;
4. Έχει κάποια αλλεργία ο ασθενής;
5. Ποια είναι η διάγνωση η οποία έχει;

Σημείωση: Όπου χρειάζεται ανατρέξτε στο διαδίκτυο για να βρείτε τι εκφράζει ο τριψήφιος κωδικός για καθένα από τους τύπους μηνυμάτων ή τα τμήματα του μηνύματος.

```
MSH|^~\&|.||201306120017||ADT^A08|ADT.1.5658474|P|2.7
PID|1||000455667||LAMPAKI^PANAGIOTA^G|1990031218060|F||87 AMALIAS^^ATHENS^GR^16845||2106957456|
NK1|1|KANETA^GEORGIA^K|MOTHER|45 ARISTOMENOUS^^KALAMATA^GR^65444|2721055455
OBX|1|NM|JHDL^HDL CHOLESTEROL (CAD)|1|162|CD:289^mg/DL|>40^>40|""|""|F||20080511103500||^""|
OBX|2|NM|JTRIG^TRIGLYCERIDE (CAD)|1|72|CD:289^mg/DL|35-150^35^150|""|""|F||20080511103500||^""|
AL1|1|^ASPIRIN
DG1|1||272.0^^I9||A
```

Απάντηση/Λύση

Καταρχάς παρατηρούμε ότι όντως το μήνυμα που μεταδίδεται είναι στην μορφή των εκδόσεων 2.X του προτύπου HL7. Επίσης από την κεφαλίδα του μηνύματος παρατηρούμε ότι τα σημεία στίξης τα οποία διαχωρίζουν τα αντικείμενα (τμήματα-πεδία-υποπεδία) είναι κατά σειρά τα ^~\&. Οι απαντήσεις στις παραπάνω ερωτήσεις της άσκησης είναι οι εξής:

1. Το μήνυμα παρατηρούμε από την κεφαλίδα ότι έχει κωδικό A08 για τον τύπο του, και επομένως είναι ένα μήνυμα για την ενημέρωση της καταγραφής ενός ασθενούς.
2. Από το τμήμα PID, δηλαδή του τμήματος της ταυτοποίησης του ασθενούς, παρατηρούμε ότι είναι γυναίκα και ονομάζεται Λαμπάκη Παναγιώτα.
3. Παρατηρούμε επίσης ότι υπάρχουν στο μήνυμα δύο τμήματα ιατρικών παρατηρήσεων OBX για εξετάσεις που έκανε η ασθενής, και πιο συγκεκριμένα αφορούν εργαστηριακές εξετάσεις αίματος σύμφωνα με τις οποίες έχουν μετρηθεί η χοληστερόλη και τα τριγλυκερίδιά της.
4. Υπάρχει ξεχωριστό τμήμα που δηλώνει τις αλλεργίες που έχει η ασθενής και παρατηρούμε ότι έχει αλλεργία στην ασπιρίνη.
5. Τέλος παρατηρούμε ότι στη διάγνωση υπάρχει κωδικός 272.0 νοσήματος κατά ICD – 9 όπου όμως δεν έχει συμπληρωθεί το πεδίο του ονόματος του νοσήματος, αλλά έχει παραμείνει κενό. Αν ανατρέξουμε σε πηγές διαδικτύου, θα βρούμε ότι ο κωδικός 272.0 στην ταξινόμηση ICD-9 είναι η Υπερχοληστερολαιμία.

Κεφάλαιο 3 – Πληροφοριακά Συστήματα στην Ιατρική

Σύνοψη

Τα Πληροφοριακά Συστήματα Υγείας έχουν προσδιοριστεί στη βιβλιογραφία με πολλούς διαφορετικούς τρόπους και από διαφορετική οπτική. Ορισμένα άρθρα εστιάζουν στις οργανωτικές πτυχές της επεξεργασίας των πληροφοριών, ενώ άλλοι εστιάζουν στην τεχνολογία που χρησιμοποιείται. Είναι προφανές ότι ένα Πληροφοριακό Σύστημα Υγείας είναι ένα υποσύστημα επεξεργασίας και αποθήκευσης των πληροφοριών ενός οργανισμού υγειονομικής περίθαλψης, ο οποίος μπορεί να είναι είτε ένας ενιαίος φορέας, για παράδειγμα, ένα νοσοκομείο ή μια ομάδα ιδρυμάτων υγειονομικής περίθαλψης, όπως ένα δίκτυο φροντίδας υγείας. Σε αυτό το κεφάλαιο εξετάζουμε τη σημασία της επεξεργασίας των πληροφοριών στον τομέα της υγείας, με έμφαση στην επεξεργασία των πληροφοριών στα νοσοκομεία, την πρόοδο στην τεχνολογία των πληροφοριών και των επικοινωνιών, καθώς και τη σημασία της συστηματικής διαχείρισης των πληροφοριών. Σχεδόν όλοι οι άνθρωποι που εργάζονται σε ιδρύματα υγειονομικής περίθαλψης έχουν τεράστιες απαιτήσεις σε πληροφορία, οι οποίες πρέπει να ικανοποιούνται προκειμένου να επιτευχθεί υψηλής ποιότητας και αποτελεσματική περίθαλψη των ασθενών.

Προαπαιτούμενη γνώση

Το Κεφάλαιο 2 – Ιατρικά Δεδομένα και Πρότυπα.

3.1. Βασικές έννοιες

Τα δεδομένα αποτελούν επαναπροσδιοριζόμενη αναπαράσταση των πληροφοριών ή γνώσεων, με τυποποιημένο τρόπο κατάλληλο για επικοινωνία, ερμηνεία ή επεξεργασία από τον άνθρωπο ή τις μηχανές. Η αναπαράσταση μπορεί να λάβει τη μορφή διακριτών χαρακτήρων ή συνεχών σημάτων (π.χ., τα σήματα ήχου). Για να υπάρχει νέα ερμηνεία, πρέπει να υπάρχει μια συμφωνία στον τρόπο αναπαράστασης των δεδομένων σε πληροφορία. Για παράδειγμα, ο "Peter Smith" ή η μορφή "001001110" αναπαριστούν δεδομένα. Ένα σύνολο δεδομένων που συντίθεται με σκοπό τη μεταφορά και που θεωρείται ότι είναι μία οντότητα για το σκοπό αυτό καλείται μήνυμα.

Δεν υπάρχει συγκεκριμένος ορισμός της πληροφορίας. Ανάλογα με την οπτική γωνία, ο ορισμός μπορεί να ταιριάζει με μια συντακτική άποψη (τη δομή), μια σημασιολογική άποψη (τη σημασία) ή μια ρεαλιστική άποψη (τον σκοπό ή στόχο της πληροφορίας). Στα πλαίσια του κεφαλαίου, η πληροφορία ορίζεται με τη μορφή συγκεκριμένων οντοτήτων, όπως ενδείξεις, γεγονότα, καταστάσεις, πρόσωπα, διαδικασίες, ιδέες ή έννοιες. Για παράδειγμα, όταν ένας ιατρός προσδιορίζει τη διάγνωση (ενδείξεις) ενός ασθενούς (πρόσωπο), τότε αυτός/ή έχει μια πληροφορία.

Η γνώση είναι γενική πληροφορία σχετικά με έννοιες σε συγκεκριμένο (επιστημονικό ή επαγγελματικό) πεδίο (π.χ., για τις ασθένειες, θεραπευτικές μεθόδους). Η γνώση έρχεται σε αντίθεση με συγκεκριμένες πληροφορίες σχετικά με συγκεκριμένα άτομα του πεδίου (π.χ., ασθενείς). Η γνώση μιας νοσοκόμας, για παράδειγμα, περιλαμβάνει πώς να ασχοληθεί τυπικά με ασθενείς που πάσχουν από κατάκλιση. Για λόγους απλότητας, θα χρησιμοποιείται συχνά ο όρος επεξεργασία πληροφορίας με την έννοια της επεξεργασίας των δεδομένων μαζί με τις σχετικές πληροφορίες και γνώσεις.

3.2. Πληροφοριακά Συστήματα (Information System)

3.2.1. Συστήματα και Υποσυστήματα

Πριν οριστεί η έννοια Πληροφοριακά Συστήματα (ΠΣ), ας προσδιοριστεί πρώτα η έννοια σύστημα. Στη συγκεκριμένη περίπτωση πρόκειται για ένα σύστημα, ένα σύνολο προσώπων, πραγμάτων, γεγονότων και σχέσεών τους, αποτελώντας ένα ολοκληρωμένο σύνολο. Υπάρχει διάκριση μεταξύ φυσικών συστημάτων και τεχνητών συστημάτων (σχεδιασμένα από τον άνθρωπο). Για παράδειγμα, το νευρικό σύστημα είναι ένα τυπικό φυσικό σύστημα, αποτελείται από νευρώνες και τις σχέσεις τους. Τεχνητό σύστημα είναι, για παράδειγμα, ένα

νοσοκομείο, το οποίο αποτελείται από το προσωπικό, τους ασθενείς, τους συγγενείς και τις αλληλεπιδράσεις τους. Εάν ένα (φτιαγμένο από τον άνθρωπο) σύστημα αποτελείται τόσο από ανθρώπινα όσο και τεχνικά στοιχεία, μπορεί να χαρακτηριστεί ως κοινωνικο-τεχνικό σύστημα.

3.2.2. Πληροφοριακό Σύστημα

Το ΠΣ είναι εκείνο το εργαλείο ενός ιδρύματος που επεξεργάζεται και αποθηκεύει δεδομένα, πληροφορίες και γνώσεις (Jessup & Joseph, 2008). Μπορεί να οριστεί ως κοινωνικο-τεχνικό υποσύστημα ενός ιδρύματος, το οποίο περιλαμβάνει όλη την επεξεργασία της πληροφορίας, καθώς και τους σχετιζόμενους ανθρώπινους ή τεχνικούς φορείς στους αντίστοιχους ρόλους επεξεργασίας πληροφορίας. Αυτό σημαίνει ότι, για παράδειγμα, οι υπολογιστές, οι εκτυπωτές, τα τηλέφωνα, καθώς και το προσωπικό που τα χρησιμοποιεί προς διαχείριση των πληροφοριών είναι μέρος του συστήματος πληροφοριών ενός ιδρύματος. Η έννοια "κοινωνικό-" αναφέρεται στους ανθρώπους που εμπλέκονται στην επεξεργασία των πληροφοριών (π.χ., επαγγελματίες υγείας, διοικητικό προσωπικό και επιστήμονες πληροφορικής), ενώ η έννοια "τεχνικό" αναφέρεται σε εργαλεία επεξεργασίας πληροφοριών (π.χ., υπολογιστές, τηλέφωνα και εγγραφές ασθενών). Οι άνθρωποι και οι μηχανές σε ένα ίδρυμα θεωρούνται μόνο στο ρόλο τους, ως επεξεργαστές πληροφοριών, πραγματοποιώντας συγκεκριμένες ενέργειες, ακολουθώντας καλά καθορισμένους κανόνες. Ένα ΠΣ που περιλαμβάνει επεξεργασία πληροφορίας βασιζόμενη σε υπολογιστές και εργαλεία επικοινωνίας ονομάζεται ΠΣ βασιζόμενο σε υπολογιστή (Computer-based Information System).

Το ΠΣ μπορεί να διαιρεθεί σε υποσυστήματα, τα οποία ονομάζονται Πληροφοριακά Υποσυστήματα. Για παράδειγμα, το ΠΣ ενός ιδρύματος μπορεί να χωριστεί σε δύο Πληροφοριακά Υποσυστήματα: το πρώτο βασιζόμενο σε υπολογιστές και το υπόλοιπο μη-βασιζόμενο σε υπολογιστές ΠΣ (Stair & Reynolds, 2011).

3.2.3. Συστατικά Πληροφοριακού Συστήματος

Όταν περιγράφεται ένα ΠΣ, συντελεί στην αναφορά των παρακάτω συστατικών των ΠΣ: επιχειρησιακές λειτουργίες (enterprise functions), επιχειρηματικές διαδικασίες (business processes), συστατικά εφαρμογής (application components) και φυσικά συστήματα επεξεργασίας δεδομένων (physical data processing systems) (D'Atri, De Marco & Casalino, 2008). Μία επιχειρησιακή λειτουργία περιγράφει τι πρέπει να κάνει ένας ενεργός χρήστης ή ένας συνδυασμός μηχανών σε μια συγκεκριμένη κατάσταση προκειμένου να συνεισφέρουν στην αποστολή και τους στόχους της. Για παράδειγμα, η εισαγωγή των ασθενών, ο σχεδιασμός της ιατρικής και νοσηλευτικής φροντίδας και η λογιστική περιγράφουν τυπικές επιχειρησιακές λειτουργίες. Οι επιχειρησιακές λειτουργίες είναι συνεχείς. Περιγράφουν τι πρέπει να γίνει και όχι πώς γίνεται. Οι επιχειρησιακές λειτουργίες μπορούν να δομηθούν σε μια ιεραρχία επιχειρησιακών λειτουργιών, όπου οι επιχειρησιακές λειτουργίες μπορούν να περιγράφουν με μεγαλύτερη λεπτομέρεια μέσω ορισμένων υπο-λειτουργιών. Οι επιχειρησιακές λειτουργίες συνήθως συμβολίζονται με ουσιαστικά ή γερούνδια (δηλαδή, λέξεις που τελειώνουν με -ing). Οι δράσεις που ορίζονται από μια επιχειρησιακή λειτουργία, στις περισσότερες περιπτώσεις, ασχολούνται με επεξεργασία πληροφοριών. Για λόγους απλότητας, οι επιχειρησιακές λειτουργίες θα αναφέρονται ως λειτουργίες νοσοκομείου, εάν το αντίστοιχο ίδρυμα είναι το νοσοκομείο.

Μια δραστηριότητα είναι ένα στιγμιότυπο μιας επιχειρησιακής λειτουργίας. Για παράδειγμα, "ο γιατρός υποδέχεται τον ασθενή Smith" είναι μια δραστηριότητα της επιχειρησιακής λειτουργίας της εισαγωγής του ασθενούς. Σε αντίθεση με τις επιχειρησιακές λειτουργίες, οι δραστηριότητες έχουν μια καθορισμένη αρχή και τέλος. Για να περιγραφεί η υλοποίηση μιας επιχειρησιακής λειτουργίας, δεν αρκούν μόνο οι πληροφορίες υπο-λειτουργιών, αλλά είναι δυνατόν να απαιτηθεί και η χρονολογική και λογική αλληλουχία τους. Με τις επιχειρηματικές διαδικασίες, μπορούν να περιγραφούν οι ακολουθίες των υπο-λειτουργιών σε συνδυασμό με τις συνθήκες υπό τις οποίες διενεργούνται.

Οι επιχειρηματικές διεργασίες ορίζονται συνήθως από ρήματα, που μπορεί να ακολουθούνται από ένα ουσιαστικό (π.χ., "υποδέχεται έναν ασθενή", "σχεδιασμός φροντίδας" κτλ). Τα στάδια διαδικασίας σχηματίζονται από επιμέρους δραστηριότητες, ως εκ τούτου, έχουν επίσης μια σαφή αρχή και τέλος. Ενώ οι επιχειρησιακές λειτουργίες επικεντρώνονται στο "τι", οι επιχειρηματικές διαδικασίες επικεντρώνονται στο "πώς" των δραστηριοτήτων. Οι επιχειρηματικές διεργασίες μπορεί να θεωρηθούν ως εκπρόσωποι των

επιχειρηματικών λειτουργιών, οι οποίες περιγράφουν τι γίνεται. Επίσης, είναι επιθυμητή η εξέταση των εργαλείων για την επεξεργασία των δεδομένων, ιδίως τις εφαρμογές των φυσικών συστημάτων επεξεργασίας δεδομένων. Και τα δύο συνήθως αναφέρονται ως εργαλεία επεξεργασίας πληροφοριών. Περιγράφουν τα μέσα που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία πληροφοριών.

Τα συστατικά της εφαρμογής υποστηρίζουν τις λειτουργίες του ιδρύματος. Γίνεται διάκριση μεταξύ των βασιζόμενων και μη-βασιζόμενων στους υπολογιστές συστατικών της εφαρμογής. Τα βασιζόμενα στους υπολογιστές συστατικά της εφαρμογής ελέγχονται από προϊόντα λογισμικού. Για παράδειγμα, το βασιζόμενο σε υπολογιστή σύστημα διαχείρισης ασθενούς βασίζεται στην εγκατάσταση ενός προϊόντος λογισμικού για την υποστήριξη των επιχειρησιακών λειτουργιών, όπως την εισαγωγή του ασθενούς, τη διοικητική απαλλαγή και χρέωση. Τα μη-βασιζόμενα στους υπολογιστές συστατικά της εφαρμογής ελέγχονται από πλάνα εργασίας που περιγράφουν πως οι άνθρωποι χρησιμοποιούν τα φυσικά συστήματα επεξεργασίας δεδομένων. Για παράδειγμα, ένα μη-βασιζόμενο συστατικό εφαρμογής στους υπολογιστές που ονομάζεται διαχείριση νοσηλευτικού προσωπικού και ένα σύστημα καταγραφής (τεκμηρίωσης) ελέγχονται από κανόνες που αφορούν πώς, από ποιον, και ποια δοθέντα έντυπα για την καταγραφή της νοσηλείας πρέπει να χρησιμοποιηθούν.

Η επικοινωνία και η συνεργασία μεταξύ των συστατικών της εφαρμογής πρέπει να οργανωθεί κατά τέτοιο τρόπο, ώστε οι λειτουργίες του ιδρύματος να υποστηρίζονται επαρκώς. Τα φυσικά συστήματα επεξεργασίας δεδομένων, τελικά, περιγράφουν τα εργαλεία επεξεργασίας πληροφοριών που χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση των εφαρμογών, βασιζόμενων και μη- βασιζομένων σε υπολογιστές συστατικών της εφαρμογής.

3.2.4. Αρχιτεκτονική και Υποδομές των Πληροφοριακών Συστημάτων

Η αρχιτεκτονική ενός ΠΣ περιγράφει τη βασική του οργάνωση, αναπαριστώμενη από τα συστατικά της, τις σχέσεις μεταξύ τους και με το περιβάλλον, καθώς και από τις αρχές που διέπουν το σχεδιασμό και την εξέλιξή του. Η αρχιτεκτονική ενός ΠΣ μπορεί να περιγραφεί από τις επιχειρησιακές λειτουργίες, τις επιχειρηματικές διαδικασίες, τα εργαλεία επεξεργασίας πληροφοριών και τις σχέσεις τους. Μπορεί να υπάρχουν πολλές αρχιτεκτονικές όψεις ενός ΠΣ, για παράδειγμα, μια λειτουργική όψη που αντιστοιχεί κυρίως στις επιχειρησιακές λειτουργίες, μια διαδικαστική όψη που αντιστοιχεί κυρίως στις επιχειρηματικές διαδικασίες, κ.λπ. (Wallace, 2014). Αρχιτεκτονικές που είναι ισοδύναμες όσον αφορά συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, μπορούν να συνοψιστούν σε μία συγκεκριμένη αρχιτεκτονική όψη. Όταν δίνεται προσοχή στους τύπους, στον αριθμό και στη διαθεσιμότητα των εργαλείων επεξεργασίας πληροφοριών που χρησιμοποιούνται σε ένα ίδρυμα, αυτό επίσης ονομάζεται υποδομή του ΠΣ.

3.2.5. Διαχείριση Πληροφορίας

Σε γενικές γραμμές, η διαχείριση περιλαμβάνει όλες τις δραστηριότητες που καθορίζουν τους στόχους, τις δομές και τις συμπεριφορές του ιδρύματος. Ως εκ τούτου, η διαχείριση των πληροφοριών (ή διαχείριση των ΠΣ) περιλαμβάνει εκείνες τις δραστηριότητες διαχείρισης που ασχολούνται με τη διαχείριση της διαδικασίας επεξεργασίας πληροφοριών σε ένα ίδρυμα, για παράδειγμα, το νοσοκομείο. Ο στόχος της διαχείρισης των πληροφοριών είναι η συστηματική επεξεργασία των πληροφοριών που συμβάλλει στους στρατηγικούς στόχους του ιδρύματος (όπως την αποτελεσματική περίθαλψη των ασθενών και τη μεγαλύτερη ικανοποίηση των ασθενών και του προσωπικού του νοσοκομείου). Γι' αυτό, η διαχείριση των πληροφοριών συμβάλλει άμεσα στην επιτυχία του ιδρύματος και τη δυνατότητα να παραμένει ανταγωνιστικό.

Οι γενικές έννοιες της διαχείρισης των πληροφοριών είναι ο σχεδιασμός, η διοίκηση και ο έλεγχος. Με άλλα λόγια, αυτό σημαίνει σχεδιασμός του ΠΣ και της αρχιτεκτονικής του, ορισμός κατευθυντήριων γραμμών των αρχών λειτουργίας του, καθώς και παρακολούθηση της εξέλιξής του και σε σχέση με τους προβλεπόμενους στόχους κατά τη διάρκεια της λειτουργίας.

Η διαχείριση της πληροφορίας περιλαμβάνει τη διαχείριση όλων των συνιστωσών του ΠΣ, δηλαδή διαχείριση των επιχειρησιακών λειτουργιών και επιχειρηματικών διαδικασιών, των εφαρμογών, καθώς και των φυσικών συστημάτων επεξεργασίας δεδομένων. Η διαχείριση της πληροφορίας μπορεί να διακριθεί σε στρατηγική, τακτική και λειτουργική. Η στρατηγική διαχείριση της πληροφορίας ασχολείται με την επεξεργασία

πληροφοριών ως σύνολο. Η τακτική διαχείριση της πληροφορίας ασχολείται με συγκεκριμένες λειτουργίες ή με εφαρμογές που έχουν ενταχθεί, απομακρυνθεί ή αλλάξει. Η λειτουργική διαχείριση της πληροφορίας, τέλος, είναι υπεύθυνη για τη λειτουργία των συστατικών του ΠΣ και παράλληλα φροντίζει για την ομαλή λειτουργία του.

3.3. Πληροφοριακά Συστήματα Υγείας

Ένα ΠΣ είχε προηγουμένως οριστεί ως το κοινωνικο-τεχνικό υποσύστημα ενός ιδρύματος, το οποίο περιλαμβάνει όλες τις διαδικασίες επεξεργασίας των πληροφοριών, καθώς και τους αντίστοιχους ανθρώπινους ή τεχνικούς φορείς στους αντίστοιχους ρόλους επεξεργασίας των πληροφοριών. Τα Πληροφοριακά Συστήματα Υγείας (ΠΣΥ) ασχολούνται με την επεξεργασία των δεδομένων, πληροφοριών και γνώσεων στον περιβάλλοντα χώρο της υγειονομικής περίθαλψης (Wager, Lee & Glaser, 2013). Ειδικά όσον αφορά στις χρόνιες νόσους, γίνεται όλο και πιο σημαντικό να οργανωθεί η υγειονομική περίθαλψη με τέτοιο τρόπο, ώστε στο επίκεντρο να βρίσκεται ο ασθενής, προκειμένου όλα τα συμμετέχοντα ιδρύματα και φορείς να συνεργάζονται πολύ στενά. Αυτό επίσης θεωρείται ως ολοκληρωμένη φροντίδα. Σε συνθήκες ολοκληρωμένης φροντίδας είναι απαραίτητο να παρέχονται οι σχετικές πληροφορίες όχι μόνο σε ένα μόνο απλό ίδρυμα αλλά όπου και όταν είναι αναγκαίο. Αυτό περιλαμβάνει ιατρικές πρακτικές, κέντρα αποκατάστασης, κέντρα νοσηλείας, και ακόμη και το σπίτι του ασθενούς (Anderson, 2009). Γι' αυτό γίνεται μια διάκριση στους όρους συμβατικά και υπερ-συμβατικά ΠΣ για την υγεία. Στη συνέχεια, θα παρουσιαστούν ΠΣ νοσοκομείων, τα οποία αποτελούν τα πιο περίπλοκα παραδείγματα συμβατικών και υπερ-συμβατικών ΠΣ.

3.3.1. Πληροφοριακά Συστήματα Νοσοκομείου

Έχοντας ορίσει ήδη την έννοια ΠΣ, μπορεί εύκολα να οριστεί το Πληροφοριακό Σύστημα Νοσοκομείου (ΠΣΝ). Έτσι, ΠΣΝ είναι ένα κοινωνικο-τεχνικό υποσύστημα ενός νοσοκομείου, το οποίο ενσωματώνει όλη την επεξεργασία πληροφορίας καθώς και τους αντίστοιχους ανθρώπινους και τεχνικούς χρήστες με τους αντίστοιχους ρόλους στο περιβάλλον επεξεργασίας. Τυπικά συστατικά των ΠΣΝ είναι φυσικά οι επιχειρησιακές λειτουργίες, επιχειρηματικές διαδικασίες, τα συστατικά εφαρμογής και φυσικά τα συστήματα επεξεργασίας δεδομένων (Doolan, Bates & James, 2003). Για λόγους απλότητας, θα γίνεται αναφορά στις επιχειρησιακές λειτουργίες του νοσοκομείου ως λειτουργίες νοσοκομείου. Ως συνέπεια αυτής της θεώρησης, ένα νοσοκομείο έχει ένα ΠΣΝ από την αρχή της ύπαρξής του. Ως εκ τούτου, το ερώτημα δεν είναι αν ένα νοσοκομείο πρέπει να είναι εφοδιασμένο με ένα ΠΣΝ, αλλά μάλλον πώς μπορεί να ενισχυθεί η απόδοσή του, για παράδειγμα, με τη χρήση ήδη αναγνωρισμένων εργαλείων επεξεργασίας πληροφοριών, είτε με τη συστηματική διαχείρισή του. Όλες οι ομάδες ανθρώπων και όλα τα τμήματα του νοσοκομείου θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την εξέταση των πληροφοριών. Η λογική ενοποίηση των διαφόρων εργαλείων επεξεργασίας πληροφοριών σε ένα ΠΣΝ είναι σημαντική. Το προσωπικό του νοσοκομείου μπορεί να θεωρηθεί ως μέρος του ΠΣΝ.

Ο στόχος του ΠΣΝ είναι να ενεργοποιήσει επαρκώς την εκτέλεση των λειτουργιών του νοσοκομείου για τη φροντίδα των ασθενών, συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης των ασθενών, λαμβάνοντας υπόψη την οικονομική διαχείριση για το νοσοκομείο, καθώς και τις νομικές αλλά και άλλες απαιτήσεις. Οι νομικές απαιτήσεις αφορούν, για παράδειγμα την προστασία των ευαίσθητων προσωπικών δεδομένων των ασθενών. Άλλες απαιτήσεις μπορεί να είναι η απόφαση του εκτελεστικού οργάνου ενός νοσοκομείου σχετικά με την αποθήκευση των αρχείων των ασθενών. Για την υποστήριξη της φροντίδας των ασθενών και την αντίστοιχη διαχείριση-διοίκηση, τα καθήκοντα των ΠΣΝ είναι:

- Να εξασφαλίζουν πάντα τις διαθέσιμες πληροφορίες που αφορούν κυρίως τους ασθενείς. Οι τρέχουσες πληροφορίες θα πρέπει να παρέχονται άμεσα χρονικά, στο κατάλληλο μέρος, στο αντίστοιχο εξουσιοδοτημένο προσωπικό, σε κατάλληλη και αξιοποιήσιμη μορφή. Γι' αυτόν τον σκοπό, τα δεδομένα πρέπει να έχουν συλλεχθεί, αποθηκευτεί και μάλιστα σωστά, ενώ παράλληλα πρέπει να καταγράφονται συστηματικά, ώστε να διασφαλιστεί κατ' αυτόν τον τρόπο η ορθή, εύστοχη και πάντα ενημερωμένη πληροφορία των ασθενών που μπορεί να παράσχεται, για παράδειγμα, στον γιατρό ή στο νοσηλευτικό προσωπικό.

- Να εξασφαλίζουν τις διαθέσιμες γνώσεις, για παράδειγμα, για τις ασθένειες, τις παρενέργειες, και τις αλληλεπιδράσεις των φαρμάκων που είναι διαθέσιμες για τη στήριξη της διαδικασίας διάγνωσης και θεραπείας.
- Να παράσχουν τις διαθέσιμες πληροφορίες σχετικά με την ποιότητα της φροντίδας των ασθενών, την απόδοση και την κατάσταση από πλευράς κόστους εντός του νοσοκομείου, οι οποίες θα πρέπει να είναι πάντα διαθέσιμες.

Εκτός από την φροντίδα των ασθενών, τα πανεπιστημιακά ιατρικά κέντρα συμβάλλουν στην έρευνα και την εκπαίδευση. Όταν τα ΠΣΝ διαθέτουν τη σωστή πληροφορία και γνώση τη σωστή στιγμή, στο σωστό μέρος, με τους σωστούς ανθρώπους, στη σωστή μορφή, έτσι ώστε αυτοί οι άνθρωποι να μπορούν να πάρουν τις σωστές αποφάσεις, αυτό περιγράφεται ως εφοδιαστική πληροφορία και γνώση. Τα ΠΣΝ πρέπει να ελέγχουν διάφορους χώρους του νοσοκομείου, όπως θαλάμους, μονάδες εξωτερικών ιατρείων, μονάδες παροχής υπηρεσιών (διαγνωστικές, θεραπευτικές και άλλες, όπως είναι το φαρμακείο, τα αρχεία των ασθενών, η βιβλιοθήκη, η τράπεζα αίματος κτλ), διοικητικές περιοχές του νοσοκομείου (π.χ., το τμήμα διαχείρισης ασθενών, αρχείο ασθενών, τμήμα διαχείρισης ποιότητας, οικονομικό/ελεγκτικό τμήμα, τμήμα Ανθρώπινου Δυναμικού κτλ) καθώς επίσης και διάφορα γραφεία γραφής και καταγραφής γραπτών εκθέσεων.

Επιπλέον, υπάρχουν οι περιοχές διαχείρισης, όπως η διαχείριση του νοσοκομείου, η διαχείριση των κλινικών και μη-κλινικών τμημάτων, η διαχείριση της διοίκησης και η διαχείριση των νοσηλευτών. Οι περιοχές αυτές είναι άμεσα σχετιζόμενες με τη φροντίδα των ασθενών. Επίσης, τα πανεπιστημιακά ιατρικά κέντρα διαθέτουν επιπλέον τομείς έρευνας και εκπαίδευσης. Προφανώς, οι πιο σημαντικοί άνθρωποι στο νοσοκομείο είναι οι ασθενείς και σε συγκεκριμένες καταστάσεις, οι επισκέπτες τους. Οι περισσότερες ομάδες εργαζόμενων σε ένα νοσοκομείο είναι γιατροί, νοσηλευτές, διοικητικό προσωπικό, τεχνικό προσωπικό και το λοιπό προσωπικό της διαχείρισης των πληροφοριών για την υγεία. Σε κάθε ομάδα ανθρώπων αντιστοιχούν διαφορετικές ανάγκες και απαιτήσεις, ανάλογα με τον ρόλο, τα καθήκοντα και τις ευθύνες τους. Οι ιατροί πτέρυγας, για παράδειγμα, απαιτούν πληροφορίες που είναι διαφορετικές από εκείνες που απαιτούνται από τους γιατρούς που εργάζονται σε υπηρεσιακές μονάδες ή από ανώτερους γιατρούς. Οι ασθενείς μερικές φορές χρειάζονται παρόμοιες πληροφορίες με τους γιατρούς, αλλά σε διαφορετική μορφή.

3.3.2. Υπερ-συμβατικά Πληροφοριακά Συστήματα Υγείας

Σε πολλές χώρες, η κινητήρια δύναμη για την υγειονομική περίθαλψη και για τις τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνίας στον τομέα της υγείας είναι ο σωστός συνδυασμός της υγειονομικής φροντίδας, με το λιγότερο δυνατό κόστος (Anderson, 2009). Αυτό έχει ως συνέπεια μια τάση προς καλύτερη ολοκληρωμένη αλλά και κοινόχρηστη υγειονομική φροντίδα. Αυτό σημαίνει ότι δίνεται έμφαση όχι σε μεμονωμένες διαδικασίες ενός ιδρύματος υγείας (π.χ., ένα νοσοκομείο) αλλά σε μια διαδικασία επικεντρωμένη στον ασθενή, συμπεριλαμβανομένου των διαδικασιών διάγνωσης και θεραπείας, με επέκταση πέρα από συμβατικά σύνορα.

Μια ομάδα από δύο ή περισσότερα διαφορετικά κέντρα υγειονομικής φροντίδας τα οποία έχουν προσωρινά και εθελουσίως συνεργαστεί προκειμένου να επιτευχθεί ένας κοινός σκοπός ορίζονται ως ένα δίκτυο υγειονομικής περίθαλψης. Το ΠΣ του δικτύου υγειονομικής περίθαλψης ονομάζεται υπερ-συμβατικό ΠΣΥ. Τυπικά παραδείγματα είναι τα περιφερειακά ΠΣΥ, τα οποία περιλαμβάνουν ένα περιβάλλον υγειονομικής περίθαλψης σε συγκεκριμένη περιοχή, συμπεριλαμβανομένων, για παράδειγμα, νοσοκομείων, γραφείων γενικών ιατρών, φαρμακείων, κέντρων αποκατάστασης, ιδρυμάτων φροντίδας στο σπίτι, ακόμη και ασφαλιστικών εταιρειών υγείας και κυβερνητικών αρχών.

Στις Ηνωμένες Πολιτείες, για παράδειγμα, τα ιδρύματα υγειονομικής περίθαλψης συγχωνεύονται σε μεγάλα ολοκληρωμένα συστήματα παροχής υγειονομικής περίθαλψης. Αυτά είναι τα συστήματα των ιδρυμάτων υγειονομικής περίθαλψης που ενώνονται προκειμένου να εδραιώσουν τους ρόλους τους, τους πόρους τους, και τις ενέργειες για να εξασφαλίσουν ένα συντονισμένο φάσμα υπηρεσιών και να ενισχύσουν την αποτελεσματικότητα και την αποδοτικότητα της φροντίδας του ασθενούς.

Η κατάσταση στην Ευρώπη αλλάζει συνεχώς από τα νοσοκομεία ως κέντρα περίθαλψης σε αποκεντρωμένα δίκτυα ιδρυμάτων παροχής ιατροφαρμακευτικής περίθαλψης που ονομάζονται περιφερειακά δίκτυα

υγειονομικής περίθαλψης. Τα επιχειρηματικά όρια είναι ασαφή. Τα ΠΣ νοσοκομείων θα πρέπει να συνδέονται όλο και περισσότερο με ΠΣ άλλων ιδρυμάτων υγειονομικής περίθαλψης. Για παράδειγμα, η Ιατρική Σχολή του Ανόβερου, ένα μεγάλο νοσοκομείο με 75 τμήματα και περισσότερα από 1.400 κρεβάτια ασθενών, παρέχει μια διαδικτυακή πύλη για τους συνεργάτες της, όπου τα δεδομένα των ασθενών μπορούν να μοιραστούν και αμοιβαία να ενημερωθούν από όλα τα ιδρύματα που συμμετέχουν στην υγειονομική φροντίδα των ασθενών. Μεταξύ άλλων, έχει δημιουργηθεί η κλινική αποκατάσταση στο Fallingbostel, 50 χιλιόμετρα βόρεια του Ανόβερου, χωρίς την ανάγκη για υψηλού κόστους διαδικασίες εντατικής θεραπείας. Με ηλεκτρονική σύνδεση μεταξύ των δυο σημείων, μπορεί να επιλεγεί η πιο αποδοτική και οικονομική διαδικασία θεραπείας και στον βέλτιστο χρόνο, χωρίς απώλεια της ποιότητας λόγω ταχύτητας επικοινωνίας των δεδομένων.

Η αρχιτεκτονική των ΠΣ του νοσοκομείου πρέπει να λαμβάνει υπόψη αυτές τις εξελίξεις. Πρέπει να είναι σε θέση να εξασφαλίζει πρόσβαση ή να παρέχει δεδομένα ασθενών ή γενικά δεδομένα (π.χ., για τις παρεχόμενες υπηρεσίες του νοσοκομείου) ξεπερνώντας τα συμβατικά σύνορά της. Πολλά τεχνικά και νομικο-ηθικά ζητήματα πρέπει να επιλυθούν πριν τα βασισόμενα στους υπολογιστές ΠΣ για την υγεία θα υποστηρίξουν επαρκώς την υπερ-συμβατική φροντίδα του ασθενούς. Για παράδειγμα, πρέπει να υπάρχει μια γενική προθυμία συνεργασίας με άλλους φορείς παροχής υγειονομικής περίθαλψης. Πρέπει να οριστούν βέλτιστες διεργασίες φροντίδας, και να επανασχεδιαστούν πρόσφατες επιχειρηματικές διαδικασίες. Πρέπει να ρυθμιστούν λογιστικά και θέματα χρηματοδότησης ενώ παράλληλα πρέπει να διερευνηθούν ζητήματα ασφάλειας και το απόρρητο των δεδομένων, μαζί με ερωτήσεις σχετικά με την κυριότητα των δεδομένων (ασθενούς ή ιδρύματος). Επίσης είναι απαραίτητο να μελετηθούν τεχνικές, προοπτικές και δυνατότητες υπερ-συμβατικών και ολοκληρωμένων τρόπων επεξεργασίας πληροφοριών (τηλεϊατρική, ηλεκτρονική υγεία), συμπεριλαμβανομένων των γενικών αρχιτεκτονικών επικοινωνίας.

3.3.3. Ηλεκτρονικός Φάκελος Ασθενούς

Οι πιο σημαντικές επιχειρησιακές λειτουργίες στο χώρο της υγείας σχετίζονται με τη διάγνωση και τη θεραπεία. Προφανώς, τα δεδομένα που έχουν σχέση με τη λήψη ιατρικών αποφάσεων πρέπει να συλλέγονται και να υπάρχουν σε μια εγγραφή ασθενούς. Σε γενικές γραμμές μια εγγραφή ασθενούς αποτελείται από όλα τα στοιχεία και τα έγγραφα που παράγονται ή λαμβάνονται κατά τη διάρκεια της φροντίδας του στα ιδρύματα υγειονομικής περίθαλψης. Σήμερα, πολλά έγγραφα των βασισόμενων σε χαρτιά εγγραφών ασθενούς είναι σε μορφή τυπωμένης αναφοράς από υπολογιστή, όπως τα εργαστηριακά αποτελέσματα, ή οι αναφορές δραστηριοτήτων υγειονομικής φροντίδας γραμμένα σε ένα σύστημα επεξεργασίας κειμένου. Έτσι, κρίνεται αναγκαία η μερικός ή ολικώς αποθήκευση της εγγραφής του ασθενούς σε μεταφερόμενο ηλεκτρονικό έγγραφο: τον Ηλεκτρονικό Φάκελο ασθενούς (ΗΦΑ) (Varon & Marik, 2002).

Ο ΗΦΑ είναι η συλλογή ιατρικών δεδομένων ενός πεδίου σχετιζόμενου με ένα αντικείμενο φροντίδας πχ, τον ασθενή που είναι αποθηκευμένος σε υπολογιστή, τμήμα του ΠΣΥ. Ο ΗΦΑ για ένα αντικείμενο φροντίδας θα μπορούσε να είναι γνώση φυσικά διάσπαρτη σε πολλαπλά (διακριτά ή διασυνδεδεμένα) κλινικά συστήματα και αποθηκευτικούς χώρους, καθένα από τα οποία θα κρατάει και θα διαχειρίζεται από μόνο του ένα μερικό ΗΦΑ για καθένα από τα πεδία δεδομένων του. Κατά κύριο λόγο, οι ΗΦΑ χρησιμοποιούνται για να υποστηρίξουν τη φροντίδα των ασθενών παρέχοντας σχετικές πληροφορίες για έναν ασθενή όπου και όποτε αυτό είναι αναγκαίο. Επίσης, είναι απαραίτητο συστατικό των διοικητικών λειτουργιών, όπως η τιμολόγηση και η διαχείριση της ποιότητας.

Στο παρελθόν, ο ΗΦΑ συνήθιζε να είναι πάροχο-κεντρικός, δηλαδή περιείχε μόνο πληροφορίες για τον ασθενή που ήταν καταγεγραμμένος σε ένα ίδρυμα, πχ, σε ένα νοσοκομείο ή στο γραφείο ενός γιατρού. Αυτές ονομάζονται συνήθως ηλεκτρονικές εγγραφές ασθενών (Carter, 2010). Ως εκ τούτου, είναι πιθανόν σχετικές πληροφορίες για το ιατρικό ιστορικό του ασθενούς που είναι καταγεγραμμένες σε κάποιο ίδρυμα, σε ένα άλλο ίδρυμα ενδέχεται να λείπουν ή θα πρέπει να καταγραφούν ξανά. Αυτό οδήγησε σε προβλήματα ποιότητας και αποτελεσματικότητας. Αν και αυτό το φαινόμενο υπάρχει ακόμα σε πολλά ιδρύματα, γίνονται προσπάθειες στις μέρες μας για την οργάνωση των ΗΦΑ με επίκεντρο τον ασθενή, δηλαδή ανεξάρτητα από τα όρια των ιδρυμάτων. Για την επίτευξη του οράματος ενός ολοκληρωμένου ΗΦΑ που θα υποστηρίζει την υγειονομική περίθαλψη από την μία πλευρά, αλλά θα σέβεται νομικά και ηθικά ζητήματα από την άλλη πλευρά, χρειάζονται πολλές διαφορετικές στρατηγικές.

3.3.4. Προκλήσεις των ΠΣΥ

Παρά τον γενικά ανεπτυγμένο τομέα των ΠΣΥ, εύκολα μπορούν να αναγνωριστούν προκλήσεις, που ζητούν λύσεις (Harrison, 2010). Τα ήδη εγκατεστημένα και ολοκληρωμένα ΠΣ (τα νοσοκομεία έχουν ένα ΠΣ από την αρχή της δημιουργίας τους) αποτελούνται από μια ποικιλία συστατικών και τείνουν να είναι πολύ ετερογενή. Ως εκ τούτου, υπάρχουν μεγάλες προκλήσεις. Εν αναμονή των εννοιών που εισάγονται αργότερα στο κεφάλαιο, μπορούμε να αναφερθούμε άμεσα σε κάποιες προκλήσεις:

- **Η πρόκληση της αποδοχής από τους χρήστες.** Οι επαγγελματίες υγείας ή οι διαχειριστές του νοσοκομείου ως χρήστες των ετερογενών ΠΣΥ μπορεί να χρειαστεί να κάνουν επισκόπηση ενός ευρέως φάσματος δεδομένων. Θα έχουν δυσκολίες ή τουλάχιστον θα αντιμετωπίσουν το πρόβλημα της χρήσης ενός συνόλου συστατικών της εφαρμογής, συχνά με διαφορετικές διεπαφές χρήστη, αλληλεπικαλυπτόμενα χαρακτηριστικά και ξεχωριστές διαδικασίες ταυτοποίησης του χρήστη. Αυτό είναι χρονοβόρο και δυνητικά επικίνδυνο για τον ασθενή, καθώς σημαντικά δεδομένα μπορεί να μην είναι διαθέσιμα, όταν χρειαστεί, οδηγώντας σε λανθασμένες διαγνωστικές ή θεραπευτικές αποφάσεις.
- **Η πρόκληση του πλεονασμού των δεδομένων.** Καθώς συχνά διαφορετικοί επαγγελματίες υγείας χρειάζονται τα ίδια δεδομένα, τα ετερογενή ΠΣ τυπικά οδηγούν σε εφεδρικά αντίγραφα δεδομένων: σχετικά δεδομένα μπορεί να καταγραφούν αρκετές φορές σε διαφορετικά σημεία ή από διαφορετικούς παρόχους. Αυτή η διπλή-καταγραφή είναι διαδικασία χρονοβόρα για το προσωπικό και τους ασθενείς καθώς και επιρρεπής σε λάθη, όπως αυτή τεκμηριώνεται από τα στοιχεία που μπορεί να είναι ασύμβατα ή ελλιπή. Επιπλέον, ο ανεξέλεγκτος πλεονασμός προκαλεί σημαντικές πρόσθετες δαπάνες συντήρησης για την ενημέρωση αντιγράφων δεδομένων σε (πλεονάζουσες) βάσεις δεδομένων.
- **Η πρόκληση της μετακίνησης.** Σε ετερογενείς αρχιτεκτονικές υπάρχει ένα σημαντικό ποσοστό μετακίνησης, π.χ. μεταφορά των δεδομένων από μια συσκευή αποθήκευσης σε μια άλλη (π.χ. η μετακίνηση των διαγνώσεων ενός ασθενούς από την εγγραφή του ασθενούς σε μια φόρμα καταχώρησης παραγγελίας). Αλλοίωση δεδομένων, π.χ. η αλλαγή του μέσου αποθήκευσης κατά τη διάρκεια της μετακίνησης των δεδομένων είναι συχνά η αιτία σφαλμάτων. Και τα δύο παραπάνω παραδείγματα μπορεί να μειώσουν την ποιότητα των δεδομένων και επίσης να προκαλέσουν αύξηση του κόστους και του χρόνου που απαιτείται από τον επαγγελματία υγείας για την καταγραφή και την πρόσβαση στα δεδομένα των ασθενών.
- **Η πρόκληση της διατήρησης της ακεραιότητας αναφορών.** Για περιττά στοιχεία, είτε ως επαναλήψεις ή ακόμα και ως διπλότυπα, είναι δύσκολο να ληφθεί και στη συνέχεια να διατηρηθεί η ακεραιότητα αναφορών, δηλαδή, η σωστή τοποθέτηση των οντοτήτων, για παράδειγμα, η ανάθεση των δεδομένων σε συγκεκριμένο ασθενή.
- **Η πρόκληση του κόστους.** Είναι πάρα πολύ υψηλή, ιδίως σε ανεξέλεγκτες καταστάσεις πλεονασμού και προκαλεί πρόσθετες δαπάνες συντήρησης για την ενημέρωση αντιγράφων δεδομένων σε (πλεονάζουσες) βάσεις δεδομένων.
- **Η πρόκληση της ιδιωτικής ζωής και της ασφάλειας.** Τα δεδομένα υγείας των ασθενών ανήκουν στα πιο ευαίσθητα δεδομένα για τον άνθρωπο. Γι' αυτό το λόγο, τα ατομικά δεδομένα των ασθενών θα πρέπει να είναι προσβάσιμα μόνο σε άτομα προηγουμένως εξουσιοδοτημένα μόνο από τον ασθενή. Ένα ΠΣΥ πρέπει να εγγυάται αυτή την απαίτηση, κάτι το οποίο αποκαλείται απόρρητο των δεδομένων του ασθενούς. Ομοίως, το ΠΣ πρέπει να διασφαλίζει αυτή την ασφάλεια των δεδομένων, και η οποία να περιλαμβάνει τη διαθεσιμότητα, εμπιστευτικότητα και την ακεραιότητα των δεδομένων του ασθενούς.

Σε υπερ-συμβατικά ΠΣΥ, το πρόβλημα της ετερογένειας μπορεί να εκτιμηθεί ακόμη υψηλότερα. Μιας και αυτά τα συστήματα περιλαμβάνουν πολλά αυτόνομα ΠΣ, μπορούν να προσδιοριστούν ορισμένες πρόσθετες προκλήσεις:

- **Η πρόκληση της ορολογίας.** Έχοντας τα δεδομένα αποθηκευμένα σε διαφορετικές βάσεις δεδομένων (και χωρίς μοναδικό και ολοκληρωμένο μοντέλο δεδομένων ή λεξικό δεδομένων) και σε διαφορετικές θέσεις, δεν υπάρχει άμεση ανάγκη για ενιαία ορολογία και σημασιολογία. Ωστόσο, όταν αρχίζουν να επικοινωνούν μέσω των εφαρμογών τα συστήματα αυτά, μπορεί να προκληθούν πολλαπλά προβλήματα, κάνοντας αναγκαία μια συμφωνία σχετικά με την ορολογία για τη διαβίβαση πληροφοριών στο πλαίσιο των διαγνώσεων και των διαδικασιών.
- **Η πρόκληση της σταθερότητας.** Φαινόμενα κατάρρευσης ενός ή περισσότερων ΠΣ με συνέπεια τον σημαντικό περιορισμό των διαδικασιών μπορεί να είναι σπάνια, αλλά υπάρχουν. Σε περίπτωση υπερ-συμβατικού ή ακόμα και περιφερειακού επιπέδου, ο κίνδυνος αστάθειας είναι συγκριτικά υψηλότερος.
- **Η πρόκληση της υπερ-συμβατικής διαχείρισης της πληροφορίας.** Σήμερα, σε πολλά νοσοκομεία, η επιχειρησιακή, τακτική και στρατηγική διαχείριση της πληροφορίας είναι οργανωμένη επαγγελματικά και ένα εξειδικευμένο προσωπικό φροντίζει το ΠΣ. Για την επεξεργασία και αποθήκευση της πληροφορίας μέσα στα δίκτυα υγειονομικής περίθαλψης, συχνά δεν υπάρχει συγκεκριμένο άτομο ή ομάδα που να είναι υπεύθυνη και να έχει την εξουσία να αποφασίζει και να ενεργεί.

3.4. Μοντελοποίηση ΠΣΥ

Μετά τον απαραίτητο ορισμό των εννοιών, θα γίνει αναφορά σε κάποιους τύπους μοντέλων ΠΣ που περιγράφουν διαφορετικές πτυχές των ΠΣΥ. Έμφαση θα δοθεί στο λεγόμενο "τριών-επιπέδων γραφημο-βασισμένο μεταμοντέλο" (*three-layer graph-based metamodel, 3LGM²*), το οποίο έχει αναπτυχθεί για την περιγραφή, αξιολόγηση και το σχεδιασμό ΠΣΥ (Wendt, Häber, Brigl & Winter, 2004). Επίσης, εισάγουμε ένα συγκεκριμένο μοντέλο αναφοράς και ένα συγκεκριμένο μοντέλο αναφοράς που διευκολύνει τη μοντελοποίηση ΠΣ στα νοσοκομεία.

3.4.1. Μοντέλα και Μεταμοντέλα

Όταν ασχολούμαστε με συστήματα γενικά και με ΠΣΥ ειδικότερα, χρειαζόμαστε μοντέλα συστημάτων. Στις επιστήμες, τα μοντέλα αντιπροσωπεύουν συνήθως απλουστευμένες απεικονίσεις της πραγματικότητας ή αποσπάσματα από αυτή. Τα μοντέλα είναι προσαρμοσμένα για να απαντήσουν σε συγκεκριμένες ερωτήσεις ή να επιλύουν συγκεκριμένες εργασίες. Τα μοντέλα θα πρέπει να είναι τα κατάλληλα για τις αντίστοιχες ερωτήσεις ή εργασίες. Αυτό σημαίνει ότι ένα μοντέλο είναι μόνο "καλό" όταν είναι σε θέση να απαντήσει σε ένα τέτοιο ερώτημα ή να λύσει μια τέτοια εργασία. Για παράδειγμα, ένα μοντέλο που περιλαμβάνει μόνο τους ασθενείς (και όχι τους νοσηλευτές) του θαλάμου δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το νοσηλευτικό προσωπικό και τον σχεδιασμό του προγράμματος. Επειδή το αντικείμενο της έρευνας σχετίζεται με τη διαχείριση πληροφοριών, τα μοντέλα θα πρέπει να παρουσιάζουν μια απλοποιημένη άποψη ενός ΠΣΥ, προκειμένου να υποστηριχθεί η διαχείριση της πληροφορίας (Logan, 2012).

Όσο καλύτερα διευκολύνει ένα μοντέλο τους χρήστες του, τόσο καλύτερο είναι. Έτσι, η επιλογή του μοντέλου εξαρτάται από τα προβλήματα ή ερωτήματα που πρέπει να απαντήσει ή να επιλύσει. Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός διαφορετικών κλάσεων των μοντέλων. Κάθε κλάση των μοντέλων καθορίζεται από ένα ορισμένο μεταμοντέλο. Ένα μεταμοντέλο μπορεί να ερμηνευτεί ως μια γλώσσα για την κατασκευή μοντέλων συγκεκριμένης κλάσης και μια κατευθυντήρια γραμμή για τη χρήση της γλώσσας.

Ακριβώς όπως υπάρχουν διαφορετικές όψεις σχετικά με τα ΠΣΥ, υπάρχουν επίσης ποικίλα μεταμοντέλα (Winter & Haux, 2011). Χαρακτηριστικοί τύποι μεταμοντέλων για τα ΠΣΥ είναι:

- Λειτουργικά μεταμοντέλα, που εστιάζουν σε λειτουργίες που υποστηρίζονται από το ΠΣ.
- Τεχνικά μεταμοντέλα, τα οποία χρησιμοποιούνται για την κατασκευή μοντέλων που περιγράφουν τα εργαλεία επεξεργασίας πληροφοριών που χρησιμοποιούνται.

- Οργανωτικά μεταμοντέλα, τα οποία χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία μοντέλων της οργανωτικής δομής του ΠΣΥ.
- Μεταμοντέλα δεδομένων, τα οποία χρησιμοποιούνται για την κατασκευή μοντέλων της δομής των δεδομένων που υποβάλλονται σε επεξεργασία και αποθηκεύονται σε ένα ΠΣΥ.
- Μεταμοντέλα επιχειρηματικών διαδικασιών, τα οποία επικεντρώνονται στην περιγραφή του τι γίνεται, με ποια χρονολογική και λογική σειρά.
- Μεταμοντέλα ΠΣ, που συνδυάζουν διαφορετικά μεταμοντέλα σε μία ολοκληρωμένη, επιχειρηματικά ευρεία όψη στην επεξεργασία πληροφορίας σε ένα ίδρυμα.

3.4.1.2. Είδη μοντέλων

Ανάλογα με τον τύπο του μεταμοντέλου που χρησιμοποιείται, τα μοντέλα διακρίνονται στους παρακάτω τύπους.

Λειτουργικά μοντέλα τα οποία αναπαριστούν τις επιχειρηματικές λειτουργίες ενός ιδρύματος (ό,τι είναι να γίνει). Σε ένα νοσοκομείο, τα στοιχεία τους είναι οι νοσοκομειακές λειτουργίες που υποστηρίζονται από τα υποσυστήματα της εφαρμογής του ΠΣΝ. Οι σχέσεις των λειτουργιών του νοσοκομείου μπορεί, για παράδειγμα, να αναπαριστούν την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ τους. Επιπλέον, οι λειτουργίες της επιχείρησης συχνά περιγράφονται με ιεραρχικό τρόπο, περιλαμβάνοντας περισσότερες γενικές λειτουργίες της επιχείρησης (όπως τη διαχείριση των ασθενών) και πιο συγκεκριμένες (ακριβείς) λειτουργίες της επιχείρησης (διοικητικές συναλλαγές και χρεώσεις). Τυπικές αναπαραστάσεις των λειτουργικών μοντέλων είναι οι (ιεραρχικές) λίστες των λειτουργιών της επιχείρησης, καθώς και οι γραφικές παραστάσεις. Ο πίνακας 3.1 παρουσιάζει ένα στιγμιότυπο μίας 3-επιπέδων ιεραρχίας νοσοκομειακών λειτουργιών.

Φροντίδα Ασθενούς	Καταχώρηση παραπομπής	Προετοιμασία παραπομπής
		Προγραμματισμός ραντεβού
	Απαλλαγή ασθενούς και μεταφορά σε άλλο ίδρυμα	Διαχειριστική απαλλαγή και χρέωση
		Ιατρική Απαλλαγή και καταγραφή ιατρικής έκθεσης
		Νοσηλευτική απαλλαγή και καταγραφή έκθεσης νοσηλευτή
Διαχείριση Νοσοκομείου	Διαχείριση Ασθενούς	Ταυτοποίηση ασθενούς και έλεγχος για επανέλεγχο
		Διαχειριστική αποδοχή
		Υπηρεσία επισκέπτη και πληροφοριών
	Διαχείριση Πληροφορίας	Διαχείριση στρατηγικών πληροφοριών
		Διαχείριση τακτικών πληροφοριών
		Λειτουργική διαχείριση πληροφοριών

Πίνακας 3.1 Ένα απόσπασμα από το λειτουργικό μοντέλο ΠΣΥ, το οποίο περιγράφει τις λειτουργίες του νοσοκομείου που είναι άμεσα σχετιζόμενες με την περίθαλψη των ασθενών και τη διαχείριση του νοσοκομείου.

Τεχνικά μοντέλα τα οποία περιγράφουν τα εργαλεία επεξεργασίας πληροφοριών. Ως έννοιες, συνήθως προβάλλουν τα φυσικά συστήματα επεξεργασίας δεδομένων (π.χ., συστήματα υπολογιστών, τηλεφώνων, έντυπα, συσκευές τηλεειδοποίησης, αρχεία) και στοιχεία εφαρμογών. Ως σχέσεις, προβάλλουν τη μετάδοση των δεδομένων μεταξύ των φυσικών συστημάτων επεξεργασίας δεδομένων (π.χ., διαγράμματα δικτύου), ή η επικοινωνία μεταξύ των στοιχείων εφαρμογής. Τα τεχνικά μοντέλα παρουσιάζονται συνήθως ως λίστες (π.χ. κατάλογοι των εργαλείων επεξεργασίας πληροφοριών που χρησιμοποιούνται) ή ως γραφικές παραστάσεις (π.χ. γράφημα του δικτύου της αρχιτεκτονικής των συστημάτων πληροφορικής). Παράδειγμα γραφικού μοντέλου παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.1.



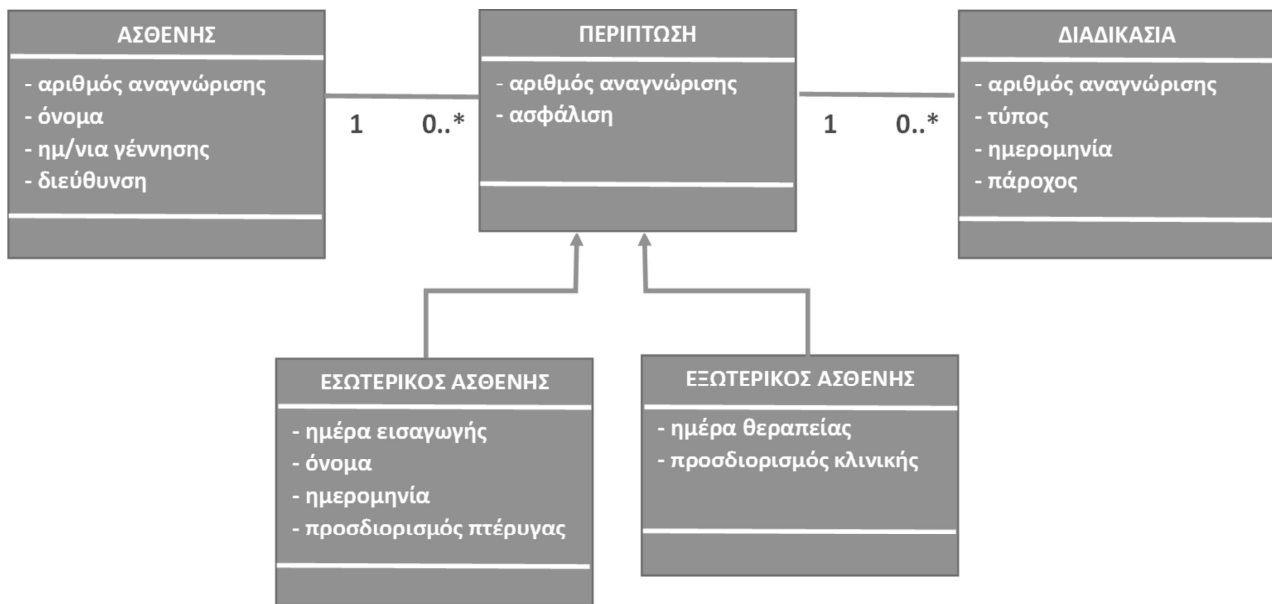
Εικόνα 3.1 Ένα απόσπασμα ενός πραγματικού τεχνικού μοντέλου ΠΣΥ με μερικά υποσυστήματα και τις διασυνδέσεις επικοινωνίας ενός ΠΣΝ.

Οργανωτικά μοντέλα τα οποία περιγράφουν την οργάνωση μιας μονάδας ή περιοχής. Για παράδειγμα, μπορεί να χρησιμοποιηθούν για να περιγράψουν την οργανωτική δομή του νοσοκομείου (π.χ., αποτελούμενο από τμήματα εσωτερικών και εξωτερικών μονάδων ασθενείας). Στο πλαίσιο των ΠΣΥ, χρησιμοποιούνται συχνά για να περιγράψουν την οργάνωση της διαχείρισης των πληροφοριών, δηλαδή πώς είναι δομημένη για να υποστηρίξει τους στόχους του νοσοκομείου. Οι έννοιες των μοντέλων αυτών είναι συνήθως μονάδες ή ρόλοι που έχουν μια ξεχωριστή σχέση μεταξύ τους. Τα οργανωτικά μοντέλα τυπικά αναπαρίστανται ως μια λίστα οργανωτικών μονάδων (π.χ., κατάλογος των τμημάτων και τομέων ενός νοσοκομείου), είτε ως ένα γράφημα (π.χ. γραφική περιγραφή των οργανωτικών συσχετίσεων). Ένα παράδειγμα φαίνεται στην Εικόνα 3.2.



Εικόνα 3.2 Ένα απόσπασμα ενός οργανωτικού μοντέλου.

Μοντέλα δεδομένων τα οποία περιγράφουν τα δεδομένα που υποβάλλονται σε επεξεργασία και αποθηκεύονται σε ένα ΠΣ. Έννοιές τους είναι συνήθως οι τύποι οντοτήτων και οι σχέσεις μεταξύ τους. Ένα τυπικό μεταμοντέλο για τη μοντελοποίηση των δεδομένων αναπαρίστανται εύκολα από τα διαγράμματα κλάσεων της γλώσσας Unified Modeling Language (UML). Ένα παράδειγμα παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.3.



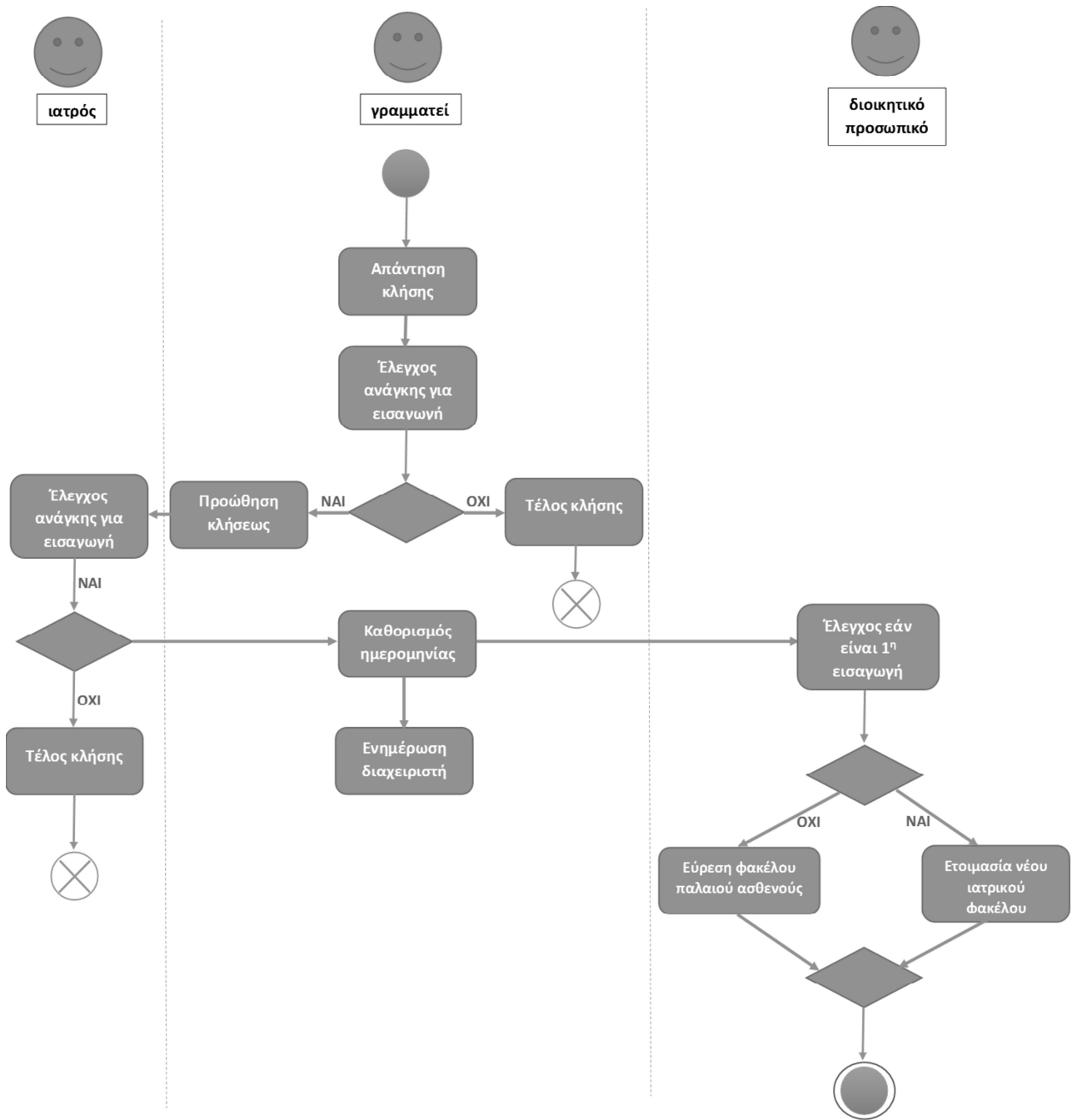
Εικόνα 3.3 Ένα απλουστευμένο μοντέλο δεδομένων (UML διάγραμμα κλάσης), που περιγράφει τις σχέσεις μεταξύ των οντοτήτων «ασθενής», «περίπτωση» και «διαδικασία», όπως εξάγεται από το μοντέλο δεδομένων ενός πραγματικού ΠΣΝ.

Μοντέλα επιχειρησιακών διαδικασιών που επικεντρώνονται σε μια δυναμική προβολή της επεξεργασίας των πληροφοριών. Οι έννοιες που χρησιμοποιούνται είναι οι δραστηριότητες καθώς και η λογική και χρονολογική σειρά τους. Συχνά, προστίθενται και άλλες έννοιες, όπως ο ρόλος ή η μονάδα που εκτελεί μια δραστηριότητα, ή τα εργαλεία επεξεργασίας πληροφοριών που χρησιμοποιούνται. Μπορούν να διακριθούν συνήθως στις ακόλουθες προοπτικές:

- Λειτουργική προοπτική (Ποια ροή δεδομένων είναι απαραίτητη για σύνδεση και ποιες εργασίες εκτελούνται οι οποίες είναι απαραίτητες για σύνδεση αυτών των δραστηριοτήτων;).
- Προοπτική Συμπεριφορών (Κατά την εκτέλεση των διαδικασιών, πώς και πού εκτελούνται; Χρησιμοποιούν μηχανισμούς, όπως βρόχους και εναύσματα (triggers); Ποιοι μηχανισμοί προκαλούν την έναρξη της όλης διαδικασίας;).
- Οργανωτική προοπτική (Πού και από ποιους εκτελούνται οι δραστηριότητες; Ποιο διαφορετικοί ρόλοι συμμετέχουν στις δραστηριότητες;)
- Ενημερωτική προοπτική (Ποια οντότητα ή τύποι οντοτήτων (έγγραφα, δεδομένα, προϊόντα) παράγονται ή μεταβάλλονται; Ποια εργαλεία χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό;)

Λόγω του αριθμού των διαφορετικών προοπτικών, υπάρχουν διάφορα μοντέλα μεταδεδομένων της επιχειρησιακής διαδικασίας. Παραδείγματα είναι μετα-μοντέλα για απλές αλυσίδες διαδικασίας, οδηγούμενες από τα γεγονότα των αλυσίδων διαδικασίας και τα διαγράμματα δραστηριότητας (activity diagrams). Οι απλές αλυσίδες διαδικασίας περιγράφουν τη (γραμμική) αλληλουχία των βημάτων της διαδικασίας. Περιγράφουν τις συγκεκριμένες δραστηριότητες που ορίζουν μια επεξεργασία, εκτός από τις αρμοδιότητες και τους ρόλους (π.χ., ένας ιατρός). Οι οδηγούμενες από τα γεγονότα αλυσίδες διαδικασίας προσθέτουν δυναμικές ιδιότητες στα στάδια της διαδικασίας: γεγονότα και λογικοί τελεστές (AND, OR, XOR) προστίθενται στις επιχειρησιακές λειτουργίες, επιτρέποντας την πιο πολύπλοκη μοντελοποίηση των διακλαδώσεων και εναλλακτικών λύσεων. Επιπλέον, ορισμένες περιπτώσεις οδηγούμενες από τα γεγονότα αλυσίδων διαδικασίας επιτρέπουν την προσθήκη τύπων οντοτήτων (π.χ. ένα γράφημα).

Τα διαγράμματα δραστηριότητας (ως μέρος της τεχνικής μοντελοποίησης των UML) περιγράφουν την ακολουθία των σταδίων της διαδικασίας, χρησιμοποιώντας δραστηριότητες, διακλαδώσεις, συνθήκες καθώς και όρους και τύπους οντοτήτων (Εικ. 3.4). Επιπλέον, η μέθοδος επιτρέπει τον διαχωρισμό και τον συγχρονισμό των παράλληλων υπο-επεξεργασιών.



Εικόνα 3.4 Ένα απλουστευμένο μοντέλο δεδομένων (UML διάγραμμα κλάσης), που περιγράφει τις σχέσεις μεταξύ των οντοτήτων «ασθενής», «περίπτωση» και «διαδικασία», όπως εξάγεται από το μοντέλο δεδομένων ενός πραγματικού ΠΣΝ.

Μοντέλα προσομοίωσης ΠΣ τα οποία ενσωματώνουν όλα τα θέματα που συζητήθηκαν μέχρι τώρα, δηλαδή, τη λειτουργική μοντελοποίηση, τεχνική μοντελοποίηση, οργανωτική μοντελοποίηση, μοντελοποίηση δεδομένων και τη διαδικασία επεξεργασίας. Αλλά πέρα από αυτό, τα μοντέλα προσομοίωσης ΠΣ εξετάζουν τις εξαρτήσεις αυτών των μοντέλων και λόγω αυτού προσφέρουν μια πιο ρεαλιστική άποψη.

3.4.2. Ένα μεταμοντέλο μοντελοποίησης ΠΣΥ τριών σταδίων: 3LGM²

Η παρούσα ενότητα θα επικεντρωθεί στην περιγραφή ενός ειδικού μεταμοντέλου ΠΣ για τη μοντελοποίηση ΠΣΥ. Αυτό το μοντέλο ονομάζεται μεταμοντέλο βασισμένο σε γράφημα τριών-επιπέδων (3LGM²). Στόχος του είναι να υποστηρίξει τη συστηματική διαχείριση του ΠΣΥ και ειδικά την αξιολόγηση της ποιότητας της δομής της επεξεργασίας των πληροφοριών σε ιδρύματα υγειονομικής περίθαλψης (Winter et al., 2007). Τυπικές ερωτήσεις που πρέπει να απαντηθούν με μοντέλα που προέρχονται από το 3LGM² μεταμοντέλο μπορεί να είναι: Ποιες νοσοκομειακές λειτουργίες υποστηρίζονται; Ποιες πληροφορίες χρειάζονται ή ενημερώνονται κατά την εκτέλεση μιας λειτουργίας του νοσοκομείου; Ποια στοιχεία της εφαρμογής χρησιμοποιούνται και πώς επικοινωνούν; Ποιες λειτουργίες του νοσοκομείου υποστηρίζονται από συγκεκριμένες εφαρμογές κ.λπ. Το 3LGM² συνδυάζει λειτουργικές, τεχνικές, οργανωτικές, και ορισμένες πτυχές των μεταμοντέλων επιχειρηματικών διαδικασιών. Αναπαρίσταται σε UML σημειογραφία. Όπως φανερώνει και το όνομά του, το 3LGM² ενσωματώνει τρία επίπεδα ΠΣ: επίπεδο τομέα (domain layer), επίπεδο λογικού εργαλείου (logical tool layer) και επίπεδο φυσικού εργαλείου (physical tool layer).

Υπάρχουν τρεις παραλλαγές του 3LGM²: το 3LGM²-B-M, το 3LGM² και το 3LGM²-S. Η κύρια διαφορά μεταξύ των παραλλαγών είναι η παροχή διαφορετικών εννοιών για την περιγραφή της επικοινωνίας μεταξύ των συνιστωσών της εφαρμογής σε ένα σύστημα πληροφοριών. Το 3LGM²-B, το οποίο είναι η βάση για τα 3LGM²-M και το 3LGM²-S αποτελείται από έννοιες που περιγράφουν τα βασικά στοιχεία της αρχιτεκτονικής του ΠΣΥ. Το 3LGM²-M επεκτείνει το 3LGM²-B με έννοιες μοντελοποίησης επικοινωνίας βασισμένης σε μηνύματα. Για αρχιτεκτονικές στις οποίες πληροφοριακά συστατικά εφαρμογών παρέχουν υπηρεσίες που θα χρησιμοποιηθούν από άλλα πληροφοριακά συστατικά εφαρμογών (τη λεγόμενη service-oriented αρχιτεκτονική), οι έννοιες της 3LGM²-S είναι χρήσιμες για μοντελοποίηση.

3.5. Αρχιτεκτονική Πληροφοριακών Συστημάτων Νοσοκομείου

Μετά τη γενική αναφορά στα ΠΣΥ, η ανάλυση επικεντρώνεται στα Πληροφοριακά Συστήματα Νοσοκομείου (ΠΣΝ). Με βάση τον προηγούμενο ορισμό των ΠΣΥ, ένα ΠΣΝ είναι ένα κοινωνικο-τεχνικό υποσύστημα ενός νοσοκομείου, το οποίο περιλαμβάνει όλες τις πληροφορίες επεξεργασίας, καθώς και τους σχετιζόμενους ανθρώπινους ή τεχνικούς φορείς σε αντίστοιχους ρόλους επεξεργασίας των πληροφοριών (Paul, Inas Ezz, & Kuljis, 2012).

Στη συνέχεια γίνεται μια απόπειρα να εξερευνηθεί η έννοια ΠΣΝ, χρησιμοποιώντας όμως μια πιο «πολύπλοκη» ματιά. Αυτό σημαίνει ότι πρώτα θα πρέπει να εξεταστούν όλες οι λεπτομερείς συνιστώσες ενός ΠΣΝ και στη συνέχεια θα εξηγηθεί βήμα βήμα πώς αυτά τα συστατικά μπορούν να συνδυαστούν, με σκοπό να προσδιοριστεί επακριβώς η δομή του. Γι' αυτό αρχικά γίνεται αναφορά σχετικά με το είδος των δεδομένων που πρέπει να υποβληθούν σε επεξεργασία στα νοσοκομεία και στη συνέχεια αναλύονται οι τρέχουσες λειτουργίες του νοσοκομείου που ερμηνεύουν ή ενημερώνουν τα δεδομένα αυτά. Παρουσιάζονται τυπικά εργαλεία επεξεργασίας πληροφοριών και τυπικές αρχιτεκτονικές πρώτα στο λογικό και στη συνέχεια στο φυσικό επίπεδο εργαλείων των ΠΣΝ (Locatelli, Restifo, Gastaldi, & Corso, 2012). Σε κάθε επίπεδο θα εξηγηθεί ο δυνατός συνδυασμός αυτών των εργαλείων και η ενοποίησή τους για την καλύτερη υποστήριξη των χρηστών.

3.5.1. Επίπεδο Τομέα: Δεδομένα προς επεξεργασία στα Νοσοκομεία

Δεδομένου ότι το ΠΣΝ είναι το υποσύστημα του νοσοκομείου που ασχολείται με την επεξεργασία των πληροφοριών ή ακριβέστερα με την επεξεργασία των δεδομένων, επιβάλλεται να προσδιοριστεί το είδος των δεδομένων που είναι χαρακτηριστικά για τα νοσοκομεία. Μπορούμε να εκφραστεί η έννοια 'είδος στοιχείων' με τον όρο 'τύπος οντοτήτων'.

Τύποι οντοτήτων που σχετίζονται με τη φροντίδα των ασθενών: Εδώ αναφέρονται ενδεικτικά τυπικοί τύποι οντοτήτων που συμβολίζουν ορισμένες κατηγορίες κλάσεων και δεδομένων που σχετίζονται με τον ασθενή και περιγράφουν συντόμως το ιστορικό του/της.

Τύπος οντότητας - Περιγραφή περίπτωσης της αναφερόμενης κλάσης αντικειμένου

- *Περίπτωση (case)*: Κυρίως περιλαμβάνει την παραμονή ενός ασθενούς στο νοσοκομείο από την εισαγωγή του στην έξοδο ή πολλαπλές περιπατητικές θεραπείες που σχετίζονται με μια ασθένεια. Πληροφορία για μια περίπτωση αποτελεί ο αριθμός προσδιορισμού της περίπτωσης (*Case Identification Number, CIN*).
- *Κλινική πορεία (clinical pathway)*: Είναι μια προσέγγιση βάσει στοιχείων που περιγράφει ποιες δραστηριότητες πρέπει να πραγματοποιηθούν για μια συγκεκριμένη ομάδα ασθενών, τότε και από ποιον.
- *Κλινική δοκιμή (clinical trial)*: Είναι μια ερευνητική μελέτη δοκιμής μιας νέας θεραπείας, φαρμακευτικής αγωγής ή ιατρικής συσκευής των ασθενών. Τα αποτελέσματα που λαμβάνονται σε μια δοκιμή μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη φροντίδα, ενώ τα δεδομένα που καταγράφονται κατά τη διάρκεια της θεραπείας είναι αναγκαία στοιχεία για δοκιμές.
- *Διάγνωση (diagnosis)*: Είναι το προσδιοριζόμενο αίτιο ή φύση της νόσου ή της ιατρικής κατάστασης.
- *Κλάση διάγνωσης (Diagnosis class)*: Είναι μια συνάθροιση των διαγνώσεων με παρόμοιες ιδιότητες.
- *Περίληψη εξόδου (Discharge summary)*: Με λίγα λόγια συνοψίζει τις διαγνώσεις, τη θεραπεία και τις θεραπευτικές προτάσεις οι οποίες είναι απαραίτητες για τα ιδρύματα υγειονομικής περίθαλψης για παροχή περαιτέρω θεραπείας.
- *Εξωτερικό εύρημα (External finding)*: Είναι μια ιατρική διαπίστωση κατά τη διάρκεια προηγούμενης θεραπείας. Η εύρεση συνοψίζει τα αποτελέσματα των διαγνωστικών διαδικασιών, όπως του εργαστηρίου και των ακτινολογικών εξετάσεων.
- *Έντυπο συναίνεσης (Informed consent)*: Η συγκατάθεση του ασθενούς για την προτεινόμενη θεραπεία.
- *Ιατρική ανάμνηση (Medical anamnesis)*: Περιλαμβάνει όλες τις πληροφορίες που χρειάζονται ως βάση για τον σχεδιασμό της ιατρικής περίθαλψής του.
- *Ιατρική διαδικασία (Medical procedure)*: Είναι μια διαδικασία που πραγματοποιείται από γιατρό, π.χ., ακτινολογική εξέταση, επέμβαση.
- *Νοσηλευτική ανάμνηση (Nursing anamnesis)*: Περιλαμβάνει όλες τις πληροφορίες που χρειάζονται ως βάση για το σχεδιασμό της νοσηλευτικής φροντίδας.
- *Νοσηλευτική διαδικασία (Nursing procedure)* - Είναι μια διαδικασία που πραγματοποιείται από νοσηλευτικό προσωπικό, π.χ., λήψη του αίματος, λήψη της θερμοκρασίας.
- *Παραπομπή (Order)*: Είναι ένα αίτημα για μια διάγνωση, θεραπεία ή υπηρεσία φαρμάκου, π.χ., παραπομπή σε εργαστήριο ή παραπομπή για ακτινοβολία, κτλ.

Τύποι οντοτήτων που σχετίζονται με τους πόρους: Ένα νοσοκομείο πρέπει να εγγυάται ότι όλοι οι πόροι που απαιτούνται για τη φροντίδα των ασθενών είναι συνεχώς διαθέσιμοι. Κάποιοι ενδεικτικά περιγράφονται παρακάτω:

Τύπος οντότητας - Περιγραφή περίπτωσης της αναφερόμενης κλάσης αντικειμένου

- *Ραντεβού (Appointment)*: Καθορίζει ποια πρόσωπα πρέπει να είναι σε ένα συγκεκριμένο σημείο σε μια δεδομένη στιγμή (ραντεβού εισαγωγής ασθενούς, εξέτασης ή χειρουργικής επέμβασης).
- *Επαγγελματίας Υγειονομικής Φροντίδας (Health Care Professional)*: Είναι αυτός που αντιμετωπίζει, σύμφωνα με την ειδικότητά του (π.χ., νεφρολογία, παιδιατρική), ασθενείς με συγκεκριμένες διαγνώσεις. Παραδείγματα είναι οι γιατροί και οι νοσηλευτές.
- *Φάρμακο (Drug)*: Είναι μια ουσία που χορηγείται σε έναν ασθενή για θεραπεία, διάγνωση ή πρόληψη.
- *Τρόφιμο (Food)*: Πρέπει να παρέχονται σύμφωνα με τις διαφορετικές διατροφικές ανάγκες των ασθενών, για παράδειγμα, κανονική διατροφή, ελαφριά διατροφή.
- *Υλικό (Material)*: είναι η ιατρική ταινία, ο επίδεσμος, η βελόνα, κ.λπ.
- *Μέσα μεταφοράς (Means of transport)*: Περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με όλα τα μέσα μεταφοράς, π.χ. φορείο, ασθενοφόρο, εναέριο μέσο, κτλ.

Τύποι οντότητας που σχετίζονται με τη διαχείριση: Εκτός από πληροφορίες σχετικά με τους πόρους, η διοίκηση του νοσοκομείου πρέπει να εμπεριέχει ενδεικτικά τους παρακάτω τύπους οντοτήτων:

- *Αρχείο ασθενών (Patient record archive)*: Περιγράφει πώς και πού μπορεί να βρεθεί ο ηλεκτρονικός ή έντυπος φάκελος ασθενούς.
- *Ταξινόμηση των διαγνώσεων (Classification of diagnosis)*: Είναι για παράδειγμα η Διεθνής Ταξινόμηση των Νόσων (ICD).
- *Ταξινόμηση των διαδικασιών (Classification of procedures)*: Είναι για παράδειγμα η Διεθνής Ταξινόμηση των Ιατρικών Διαδικασιών (ICPM).
- *Κόστος μονάδας (Cost unit)*: Είναι πληροφορία σχετικά με ένα άτομο ή ένα ίδρυμα υπεύθυνο για την κάλυψη των εξόδων ή ένα μέρος του κόστους για τις υπηρεσίες που πρέπει να παρέχονται.
- *Προϋπολογισμός (Budget)*: Αποτελείται από όλες τις προγραμματισμένες δαπάνες και έσοδα, κτλ.

Τύποι Οντοτήτων που σχετίζονται με τη διοίκηση: Η διαχείριση σχετίζεται με το νοσοκομείο στο σύνολό της και, ως εκ τούτου, χρειάζεται συμπίεσμένες πληροφορίες για τις λειτουργίες του νοσοκομείου. Οι ακόλουθοι ενδεικτικά τύποι οντότητας είναι απαραίτητοι για τη διαχείριση:

- *Επιχειρηματική στρατηγική (Business strategy):* Ορίζει μακροπρόθεσμους στρατηγικούς στόχους του νοσοκομείου.
- *Έκθεση ελέγχου (Controlling report):* Συνοψίζει καταγραφές βασικών δεικτών απόδοσης (KPIs) και τους συγκρίνει με την αναμενόμενη μελλοντική κατάσταση.
- *Στρατηγικό σχέδιο διαχείρισης πληροφοριών (Strategic information management plan):* Είναι ένα στρατηγικό σχέδιο, το οποίο δίνει οδηγίες για την κατασκευή και ανάπτυξη του συστήματος πληροφοριών του νοσοκομείου.
- *Κανονισμοί υγειονομικής περίθαλψης (Health care regulation):* Είναι ένας κανονισμός ή δίκαιο που πρέπει να τηρείται από τους φορείς υγειονομικής περίθαλψης κτλ.

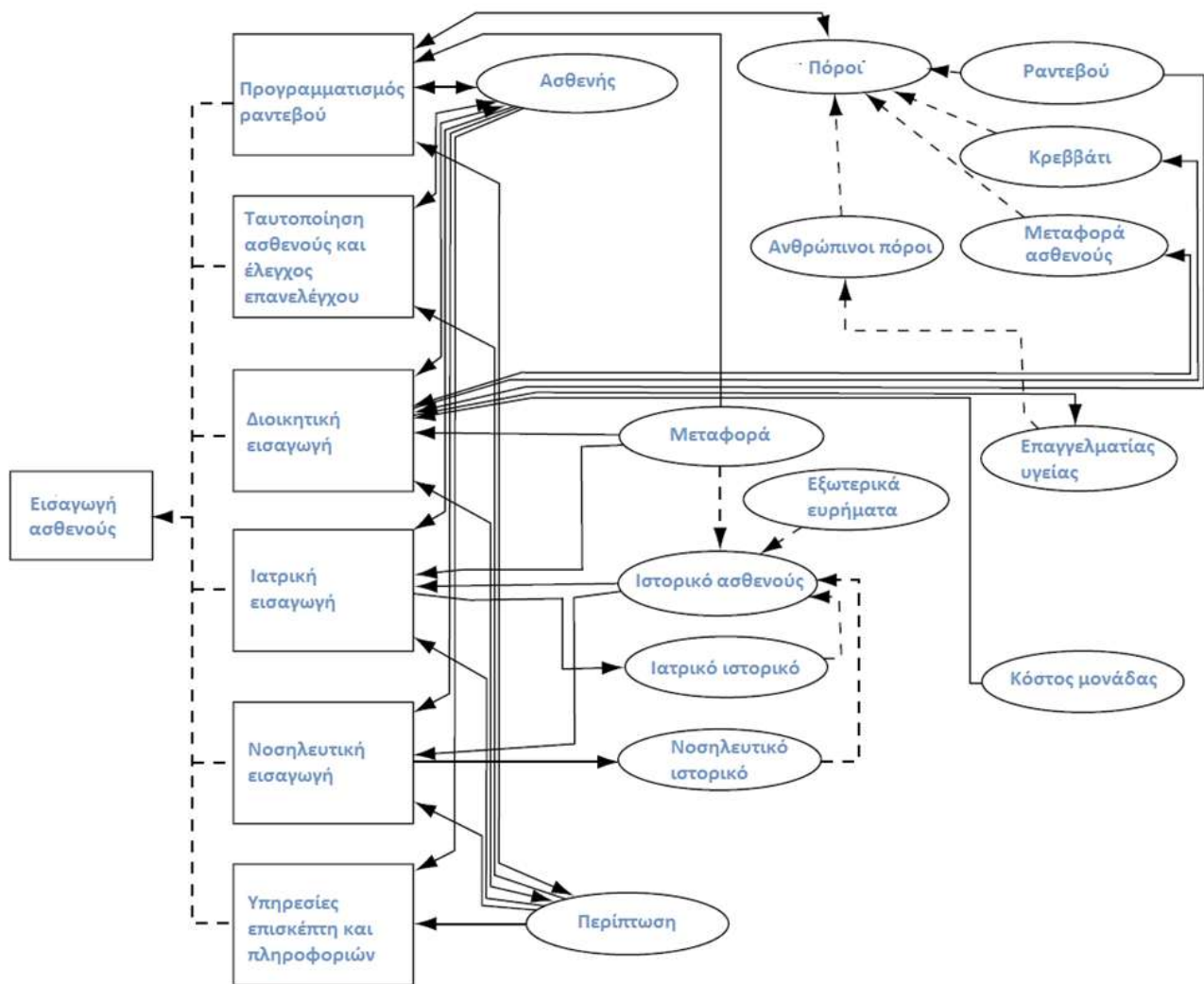
3.5.2. Επίπεδο Τομέα: Λειτουργίες Νοσοκομείου

Στην προηγούμενη ενότητα, έγινε αναφορά σε διαφορετικούς τύπους οντοτήτων που αναπαριστούν τύπους αντικειμένων και τα αντίστοιχα δεδομένα που συνήθως υποβάλλονται σε επεξεργασία και αποθηκεύονται σε ένα ΠΣΥ. Στης συνέχεια θα αποσαφηνιστεί πώς και πού υποβάλλονται σε επεξεργασία στα νοσοκομεία τα δεδομένα σχετικά με αυτούς τους τύπους οντοτήτων. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιούνται επιχειρησιακές λειτουργίες για να συνοψιστούν κλάσεις των δραστηριοτήτων επεξεργασίας πληροφοριών (Winter et al., 2011). Και δεδομένου ότι το επίκεντρο του ενδιαφέροντος είναι στα νοσοκομεία, οι λειτουργίες αυτές καλούνται ως νοσοκομειακές λειτουργίες. Αυτές οι νοσοκομειακές λειτουργίες μπορεί επίσης να θεωρηθούν ως αντιπροσωπευτικές των διαδικασιών.

Θα παρουσιαστούν νοσοκομειακές λειτουργίες και οι αντιπροσωπευτικοί και ενημερωμένοι τύποι οντοτήτων τους με μεγαλύτερη λεπτομέρεια, , όπως φαίνεται και στα αντίστοιχα σχήματα.

3.5.2.1 Φροντίδα Ασθενούς

Εισαγωγή Ασθενούς: Στοχεύει στην καταγραφή και τη διανομή των δημογραφικών στοιχείων του ασθενούς και των ασφαλιστικών δεδομένων, καθώς και των ιατρικών και νοσηλευτικών δεδομένων του ιστορικού του ασθενούς. Επιπλέον, κάθε ασθενής πρέπει να ταυτοποιείται σωστά και πρέπει να εκχωρηθεί ένας μοναδικός αριθμός ταυτοποίησης του ασθενούς και της περίπτωσης. Η συγκεκριμένη νοσοκομειακή λειτουργία μπορεί να αναλυθεί ως εξής (Εικ. 3.5):

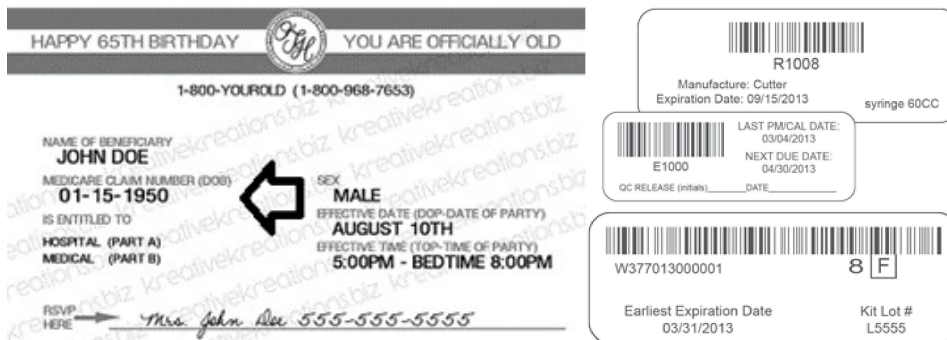


Εικόνα 3.5 Απόσπασμα του επιπέδου τομέα με βάση το μοντέλο αναφοράς 3LGM² που περιγράφει την επιχειρησιακή λειτουργία «εισαγωγή ασθενούς», τις υπολειτουργίες του, καθώς και τους ερμηνευμένους και ενημερωμένους τύπους οντοτήτων.

Το νοσοκομείο πρέπει να είναι σε θέση να προγραμματίσει ένα ραντεβού για την επίσκεψη ενός ασθενούς. Επιπλέον, πρέπει να είναι δυνατές απρογραμματίστες εισαγωγές ασθενών (π.χ. σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης).

Στη συνέχεια, εκχωρείται σε κάθε ασθενή ένας μοναδικός αριθμός ταυτοποίησης του ασθενούς (PIN). Αυτό το PIN πρέπει να είναι έγκυρο και αμετάβλητο δια βίου (δηλαδή, το PIN δεν πρέπει να βασίζεται σε μεταβλητά χαρακτηριστικά ασθενούς, όπως το όνομα). Ο κωδικός PIN είναι το κύριο μέσο αποθήκευσης και ορισμού όλων των ιατρικών και μη δεδομένων του ασθενούς, κατά τη διάρκεια της προηγούμενης, της τελευταίας, καθώς και των μελλοντικών νοσηλείων. Πριν εκχωρηθεί ένας αριθμός PIN, ο ασθενής πρέπει να ταυτοποιηθεί σωστά, συνήθως βασισμένος σε μια κάρτα ασφάλισης υγείας και στις διαθέσιμες προσωπικές πληροφορίες για τον ασθενή, όπως το όνομα, την ημερομηνία γέννησης κτλ (Εικ. 3.6). Εάν ο ασθενής είναι ήδη στο νοσοκομείο, αυτός ή αυτή θα πρέπει να αναγνωρίζεται ως υποτροπιάζων, άρα χρειάζεται πλήρης καταγραφή του με βάση προηγούμενες πληροφορίες (όπως τις προηγούμενες διαγνώσεις και θεραπείες). Εάν ο ασθενής είναι στο νοσοκομείο για πρώτη φορά, θα πρέπει να εκχωρηθεί ένα νέο PIN. Επιπλέον, το νοσοκομείο θα πρέπει να είναι σε θέση να διακρίνει διαφορετικές περιπτώσεις ή παραμονές στο νοσοκομείο του ασθενούς. Ως εκ τούτου, εκτός από το PIN, αποδίδεται συνήθως και ένας αναγνωριστικός αριθμός περίπτωσης (CIN).

Μετά την ταυτοποίηση του ασθενούς ξεκινάει η διοικητική καταγραφή. Δημιουργεί μια, όπως αποκαλείται, περίπτωση, που είναι το σύνολο πολλαπλών επαφών, ομαδοποιημένων σύμφωνα με συγκεκριμένες κλινικές και/ή οργανωτικούς σκοπούς του νοσοκομείου. Σε περίπτωση ενδονοσοκομειακής νοσηλείας, μια περίπτωση συνοψίζει την παραμονή στο νοσοκομείο από την εισαγωγή του ασθενούς μέχρι την έξοδο. Κάθε περίπτωση είναι μονοσήμαντη με βάση το CIN της. Σημαντικά διοικητικά δεδομένα όπως η ασφάλιση, ειδικές υπηρεσίες, οι συγγενείς του ασθενούς, ο υπεύθυνος ιατρός και οι διαγνώσεις μεταφοράς πρέπει να καταγράφονται. Στον ασθενή έχει εκχωρηθεί ένας θάλαμος και ένα κρεβάτι. Μερικά από τα διοικητικά δεδομένα πρέπει να είναι διαθέσιμα και σε άλλες λειτουργίες του νοσοκομείου με τη βοήθεια συγκεκριμένων μέσων οργάνωσης, όπως τις ετικέτες και τις μαγνητικές κάρτες.



Εικόνα 3.6 Τυπικά οργανωτικά μέσα: μια μαγνητική κάρτα και αυτοκόλλητα με ετικέτες ταυτοποίησης του ασθενούς.

Τα διοικητικά δεδομένα αποτελούν τη ραχοκοκαλιά της επεξεργασίας των πληροφοριών. Σε περίπτωση αλλαγών, δεδομένων των ασθενών πρέπει να διατηρηθούν και να ανακοινώνονται. Εάν ο υπεύθυνος ιατρός έχει κοινοποιήσει τις σχετικές πληροφορίες (π.χ. προηγούμενη εργαστηριακά ευρήματα), οι πληροφορίες αυτές πρέπει να κοινοποιούνται στον αρμόδιο γιατρό στο νοσοκομείο. Οι διοικητικές εισαγωγές γίνονται συνήθως είτε σε ένα κεντρικό χώρο εισαγωγής του ασθενούς ή απευθείας στο θάλαμο (π.χ. κατά τη διάρκεια της έκτακτης ανάγκης ή για το Σαββατοκύριακο).

Στη συνέχεια, ο υπεύθυνος γιατρός θα διενεργήσει την ιατρική καταγραφή. Αυτό συνήθως περιλαμβάνει το ιστορικό του ασθενούς (ιστορικό της νόσου, αναθεώρηση συστήματος, κοινωνικά στοιχεία, το ιατρικό ιστορικό, το οικογενειακό ιστορικό, φαρμακευτική αγωγή). Μερικές από αυτές τις πληροφορίες μπορούν να συλλεχθούν από τα έγγραφα του ιατρού που κάνει την παραπομπή και να μεταφερθούν στο νοσοκομείο από τον ίδιο τον ασθενή. Ως αποτέλεσμα της ιατρικής καταγραφής, η διάγνωση εισαγωγής πρέπει να δηλώνεται και να κωδικοποιείται σύμφωνα με το πρότυπο ICD10¹. Τα βασικά ιατρικά ιστορικά στοιχεία του ασθενούς πρέπει να είναι πάντα διαθέσιμα για όλες τις λειτουργίες του νοσοκομείου και για όλη τη διάρκεια της νοσηλείας.

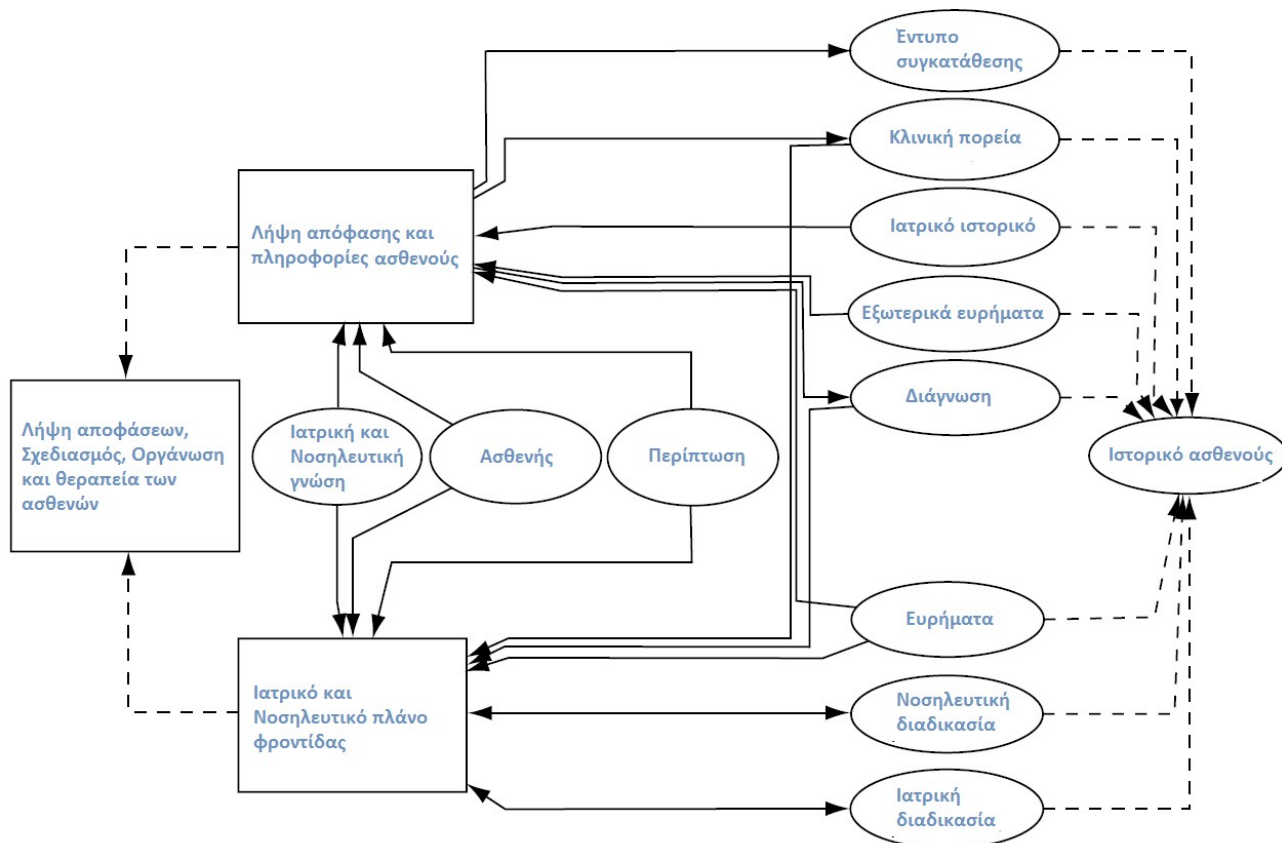
Το υπεύθυνο νοσηλευτικό προσωπικό θα προχωρήσει στην καταγραφή της νοσηλείας. Αυτό συνήθως περιλαμβάνει την εισαγωγή του ασθενούς στο θάλαμο και το ιστορικό νοσηλείας. Τα διοικητικά στοιχεία και ο λόγος της νοσηλείας είναι ήδη στη διάθεσή του. Για το ιστορικό νοσηλείας μπορεί να υπάρχουν διαθέσιμες υπολογιστικές ή ειδικές ανά τμήμα φόρμες εισαγωγής τυποποιημένων δεδομένων. Αυτές μπορεί να περιέχουν πληροφορίες σχετικά με την τρέχουσα διάγνωση και θεραπεία, τον προσανατολισμό, την ικανότητα επικοινωνίας, τις κοινωνικές επαφές, τη διατροφή, την κινητικότητα, την προσωπική υγιεινή και τα ζωτικά σημεία. Οι συλλεγόμενες πληροφορίες θα πρέπει να είναι διαθέσιμες κατά τη διάρκεια ολόκληρης της διαμονής.

Η διοίκηση του νοσοκομείου πρέπει να έχει πάντα μια επισκόπηση της κατάστασης νοσηλευόμενων ασθενών στο νοσοκομείο. Αυτό είναι σημαντικό, για παράδειγμα, για τους υπαλλήλους στο γραφείο πληροφοριών, οι

¹ <http://apps.who.int/classifications/icd10>

οποίοι πρέπει να είναι σε θέση να ενημερώνουν τους συγγενείς και τους επισκέπτες σωστά, καθώς και για γενικές διαχειριστικές στατιστικές του νοσοκομείου.

Λήψη Αποφάσεων, Σχεδιασμός, Οργάνωση και Θεραπεία των ασθενών: Όλες οι κλινικές λειτουργίες των επαγγελματιών υγείας θα πρέπει να συζητηθούν, να συμφωνηθούν, σωστά να σχεδιαστούν, και να ξεκινήσουν. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται κάθε φορά που είναι διαθέσιμες νέες πληροφορίες.



Εικόνα 3.7 Απόσπασμα του επιπέδου τομέα με βάση το μοντέλο αναφοράς 3LGM² που περιγράφει τη λειτουργία λήψης αποφάσεων, σχεδιασμού, οργάνωσης και θεραπείας, καθώς και τους ερμηνευμένους και ενημερωμένους τύπους οντοτήτων.

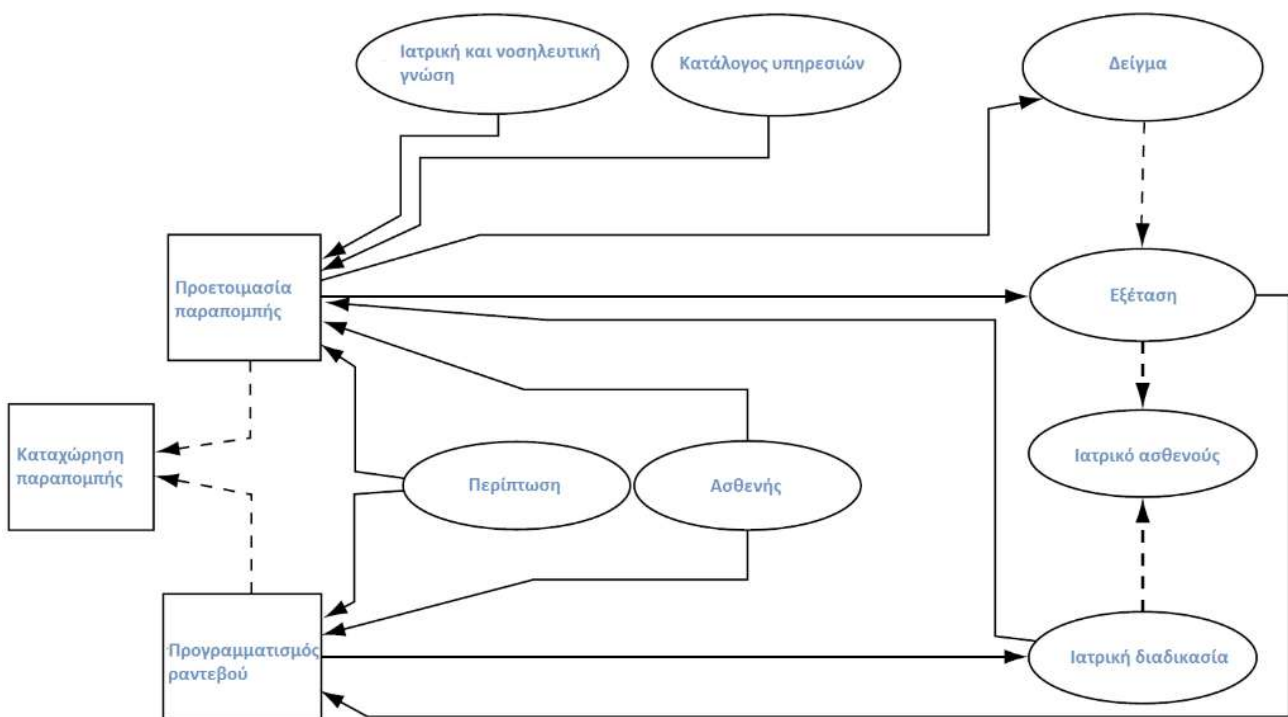
Τα υπεύθυνα μέλη της ομάδας πρέπει να αποφασίσουν για τα επόμενα βήματα, όπως συγκεκριμένες διαγνωστικές ή θεραπευτικές διαδικασίες. Ανάλογα με την πολυπλοκότητα των διαγνωστικών ή θεραπευτικών αποφάσεων, θα πρέπει να είναι σε θέση να συμβουλευτούν εσωτερικούς ή εξωτερικούς εμπειρογνώμονες (π.χ., εξειδικευμένα νοσοκομεία) για να πάρουν μια δεύτερη γνώμη. Σε αυτό το πλαίσιο, τα (τηλε-) συνέδρια μπορεί να βοηθήσουν. Τα μέλη του προσωπικού πρέπει να είναι σε θέση να έχουν πρόσβαση σε όλα τα σχετικά δεδομένα για τους συγκεκριμένους ασθενείς σε μια κατάσταση, εκτός από τη γενική κλινική γνώση (π.χ., guidelines και πρότυπα) στην υποστήριξη της φροντίδας των ασθενών. Η φαρμακευτική αγωγή μπορεί να υποστηρίζεται από την παροχή γνώσεων που αφορούν ανεπιθύμητες ενέργειες του φαρμάκου. Επίσης, οι σχετιζόμενες με τις κλινικές διαδικασίες αποφάσεις πρέπει να καταγράφονται.

Ο ασθενής θα πρέπει να συμμετέχει στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, οι συνέπειες των σχεδιαζόμενων διαγνωστικών ή θεραπευτικών διαδικασιών είναι αναγκαίο να εξηγηθούν και επιβάλλεται να επικυρώνεται η εν γνώσει συναίνεσή του με χρήση εντύπου ενημέρωσης και συγκατάθεσης. Η λήψη αποφάσεων είναι μια μόνιμη επιχειρησιακή λειτουργία, η οποία προκαλείται από νέες πληροφορίες σχετικά με τον ασθενή.

Επομένως για κάθε ιατρική διαδικασία (όπως ακτινολογική εξέταση, λειτουργία, ή χημειοθεραπευτική αγωγή), καθώς και για κάθε διαδικασία ευγηρίας, πρέπει να προσδιοριστούν το είδος, η έκταση, η διάρκεια και ο υπεύθυνος. Στη νοσηλευτική, ο σχεδιασμός φροντίδας καταγράφεται στα σχέδια νοσηλευτικής φροντίδας, που

περιέχουν τα προβλήματα νοσηλευτικής, τους στόχους της νοσηλευτικής και των προβλεπόμενων διαδικασιών νοσηλευτικής. Αν είναι απαραίτητο, ορίζονται άλλοι επαγγελματίες υγείας για την εκτέλεση των προγραμματισμένων κλινικών διαδικασιών (π.χ., ιατρικές διαδικασίες επίδεσης, οι οποίες πρέπει να εκτελεστούν από νοσοκόμο/ο). Ο σχεδιασμός φροντίδας στη θεραπεία του καρκίνου διεξάγεται συχνά σε ιατρικά συμβούλια. Αυτό σημαίνει ότι ένας αριθμός γιατρών οι οποίοι είναι ειδικοί σε διαφορετικές ειδικότητες επανεξετάζει και συζητά την ιατρική κατάσταση και τις επιλογές θεραπείας ενός ασθενούς.

Παραπεμπόμενες διαδικασίες: Οι διαγνωστικές και θεραπευτικές διαδικασίες, συχνά, πρέπει να πραγματοποιούνται σε εξειδικευμένες μονάδες παροχής υπηρεσιών (π.χ., εργαστήριο, ακτινολογία ή παθολογία). Οι μονάδες αυτές εκτελούν τις παραπεμπτικές διαδικασίες και ανακοινώνουν τα αποτελέσματα πίσω στο τμήμα που έχει κάνει την παραπομπή.



Εικόνα 3.8 Απόσπασμα του επιπέδου τομέα με βάση το μοντέλο αναφοράς 3LGM² που περιγράφει τη λειτουργία παραπομπής, τις υπολειτουργίες τους, καθώς και τους ερμηνευμένους και ενημερωμένους τύπους οντοτήτων.

Ανάλογα με τον τύπο της παραπομπής, υποβάλλονται τα δείγματα του ασθενούς (π.χ. δείγμα αίματος). Ανάλογα με το διαθέσιμο φάσμα υπηρεσιών που προσφέρονται από μια μονάδα παροχής υπηρεσιών, οι οποίες μπορούν να παρουσιάζονται με τη μορφή λίστας υπηρεσιών, οι επαγγελματίες φροντίδας υγείας επιλέγουν την κατάλληλη υπηρεσία σε μια μορφή παραπεμπόμενης διαδικασίας (Εικ. 3.9). Οι πληροφορίες ασθενούς και φροντίδας, μαζί με τις σχετικές πληροφορίες, όπως πρόσφατη διάγνωση, σχετικές ερωτήσεις, τμήμα παραπομπής (π.χ. εργαστήριο, ακτινολογία) και άλλες παρατηρήσεις (π.χ., για ειδικούς κινδύνους), τεκμηριώνονται και καταγράφονται πλήρως. Η παραπομπή πρέπει να ξεκινά μόνο από εξουσιοδοτημένα άτομα.



ΠΑΡΑΠΕΜΠΤΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ ΜΕΤΑΔΙΔΟΜΕΝΩΝ ΜΕ ΤΟ ΑΙΜΑ ΝΟΣΗΜΑΤΩΝ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΣΘΕΝΟΥΣ									
Επώνυμο:				Όνομα:				Πατρώνυμο:	
Ηλικία:	Ασφ. Φορέας:			Αρ. Μητρ. Ασφ:					
ΚΛΙΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ									
<input type="text"/>									
<input type="text"/>									
ΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΕΞΕΤΑΣΗ									
Κωδ.	✓ Εξέταση	Χρέωση*	Κωδ.	✓ Εξέταση	Χρέωση*	Κωδ.	✓ Εξέταση	Χρέωση*	
	Ηπατίτιδα Β			Ηπατίτιδα C			ΗΠΛV I/II		
	HbsAg			Αντι-HVC			Αντι-ΗΠΛV I/II		
	Αντι-HBc ολικό			Επιβεβαιωτική δοκμ.			Επιβεβαιωτική δοκμ.		
	Αντι-HBe								
	HBe Ag			AIDS			ΣΥΦΙΑΗ		
	Αντι-HBs			Αντι-HIV I/II			RPR/VDRL		
	Τίτλος Αντι-HBs(IU/L)			Επιβεβαιωτική δοκμ.			Επιβεβαιωτική δοκμ.		
							Γενικό Σύνολο*		

Ημερομηνία:

Ο/Η υπεύθυνος για τη χρέωση Ο/Η Ιατρός

* Συμπληρώνεται από τον υπεύθυνο για τη χρέωση

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ (ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ - Τ.Κ. - ΠΟΛΗ - ΤΗΛ. - FAX)

Εικόνα 3.9 Δείγμα παραπεμπτικού εργαστηριακών εξετάσεων.

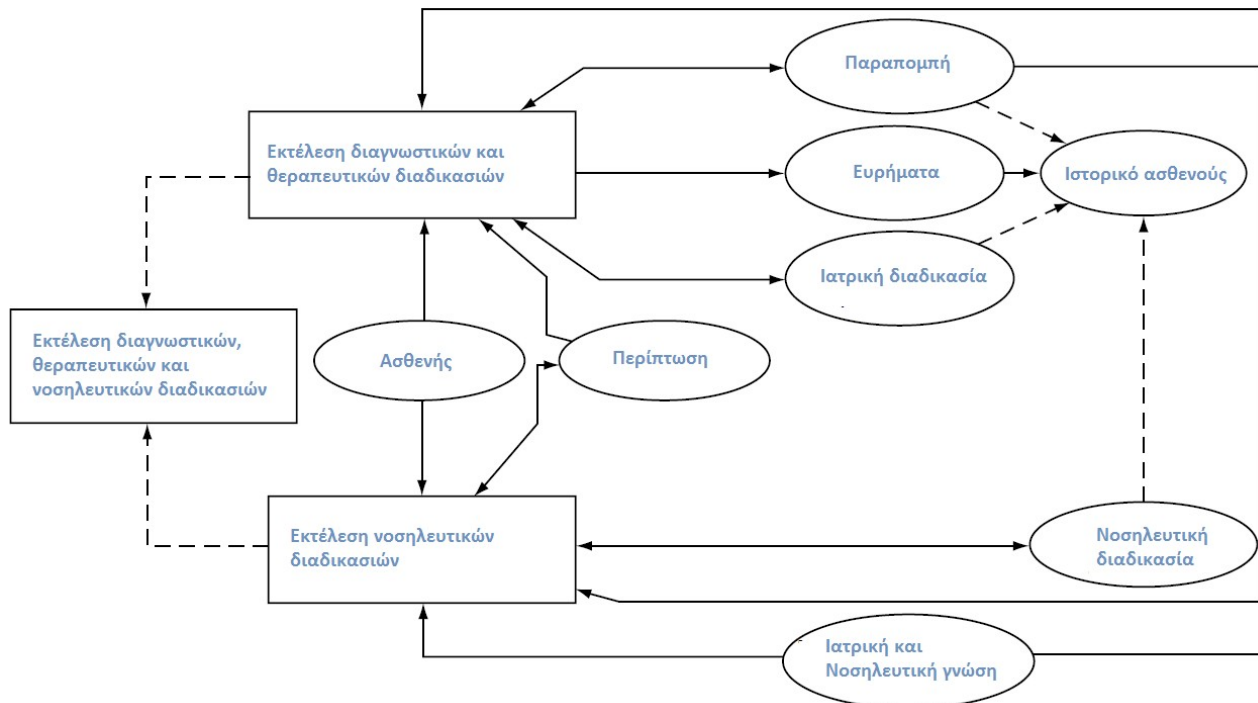
Όταν χρησιμοποιούνται εργαλεία που βασίζονται σε υπολογιστή για την καταχώρηση της παραπομπής, τα ηλεκτρονικά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων θα μπορούσαν να προειδοποιήσουν τον ιατρό σε περίπτωση λανθασμένης φαρμακευτικής αγωγής. Για παράδειγμα, όταν εμπεριέχεται ένα φάρμακο στο οποίο ο ασθενής είναι αλλεργικός. Η παραπομπή επιβάλλεται να διαβιβαστεί γρήγορα και σωστά στην υπηρεσιακή μονάδα. Εάν μεταφέρεται ένα δείγμα, πρέπει να εξασφαλίζεται ότι η παραπομπή και το δείγμα μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους στη μονάδα παροχής υπηρεσιών. Εάν είναι απαραίτητο, θα πρέπει να είναι δυνατή η τροποποίηση ήδη ενεργών παραπομπών από τους ιατρούς που έκαναν την παραπομπή.

Ανάλογα με τον τύπο παραπεμπτικού, τα ραντεβού του ασθενούς είναι αναγκαίο να προγραμματιστούν (π.χ., σε ακτινολογικές μονάδες). Κατά τη διάρκεια του προγραμματισμού, τα αιτήματα όλων των αιτούμενων (π.χ., γιατρός παραπεμπτικού, υπηρεσιακή μονάδα, ασθενής, μονάδα μεταφοράς) θα πρέπει να είναι αρκετά ισορροπημένα.

Εκτέλεση διαγνωστικών, θεραπευτικών και νοσηλευτικών διαδικασιών: Οι σχεδιαζόμενες διαγνωστικές, θεραπευτικές, ή νοσηλευτικές διαδικασίες (όπως η ακτινοθεραπεία, ακτινολογικές εξετάσεις, φαρμακευτική αγωγή) πρέπει να εκτελεστούν. Το νοσοκομείο πρέπει να προσφέρει επαρκή εργαλεία και πηγές (π.χ., το προσωπικό, το δωμάτιο, εξοπλισμός) για την εκτέλεση των απαραίτητων διαδικασιών.

Είναι σημαντικό οι αλλαγές στο σχεδιασμό της περίθαλψης που μπορεί να οφείλονται σε νέα ιατρικά ευρήματα, να ανακοινώνονται άμεσα σε όλες τις εμπλεκόμενες μονάδες και πρόσωπα, παρέχοντάς τους τη δυνατότητα να προσαρμοστούν στη νέα κατάσταση. Όλα τα σχετικά κλινικά δεδομένα του ασθενούς (όπως ζωτικά σημεία, παραπεμπτικά, αποτελέσματα, αποφάσεις) κρίνεται αναγκαίο να καταγράφονται πλήρως, σωστά, γρήγορα και απαραίτητως όσο το δυνατόν συντομότερα. Αυτό υποστηρίζει τον συντονισμό της θεραπείας των ασθενών μεταξύ όλων των εμπλεκόμενων προσώπων, καθώς επίσης και τη νομική αιτιολόγηση των δράσεων που αναλαμβάνονται. Τα δεδομένα καταγράφονται με όσο το δυνατόν πιο δομημένο τρόπο, έτσι ώστε να καθίσταται δυνατή η συγκέντρωση και η στατιστική ανάλυση των δεδομένων, η μηχανογραφημένη υποστήριξη στη λήψη αποφάσεων ή η ανάκτηση των δεδομένων. Είναι σημαντικό ότι τα δεδομένα μπορούν να συνδεθούν μέσω PIN και CIN, ακόμα και όταν αυτά προέρχονται από διαφορετικές περιοχές (όπως θάλαμο, υπηρεσιακή μονάδα, μονάδα εξωτερικών ασθενών). Συνήθως, το νοσοκομείο πρέπει να πληροί πολλές διαφορετικές νομικές αναφορές (όπως επιδημιολογικά μητρώα) και απαιτήσεις καταγραφής. Τα στοιχεία που υποχρεωτικά καταγράφονται εξαρτώνται εν μέρει από τη μονάδα καταγραφής και την καταγραφή της επαγγελματικής

ομάδας υγειονομικής περίθαλψης (όπως η καταγραφή από επαγγελματίες υγείας, καταγραφή σε μονάδες εξωτερικών ιατρείων κτλ). Οι κλινικές πληροφορίες επιβάλλεται επίσης να είναι διαθέσιμες για άλλες λειτουργίες, όπως τη λογιστική, τον έλεγχο, τη διαχείριση ποιότητας ή έρευνας και την εκπαίδευση. Αυτή η νοσοκομειακή λειτουργία μπορεί να αναλυθεί ως εξής (Εικ. 3.10).



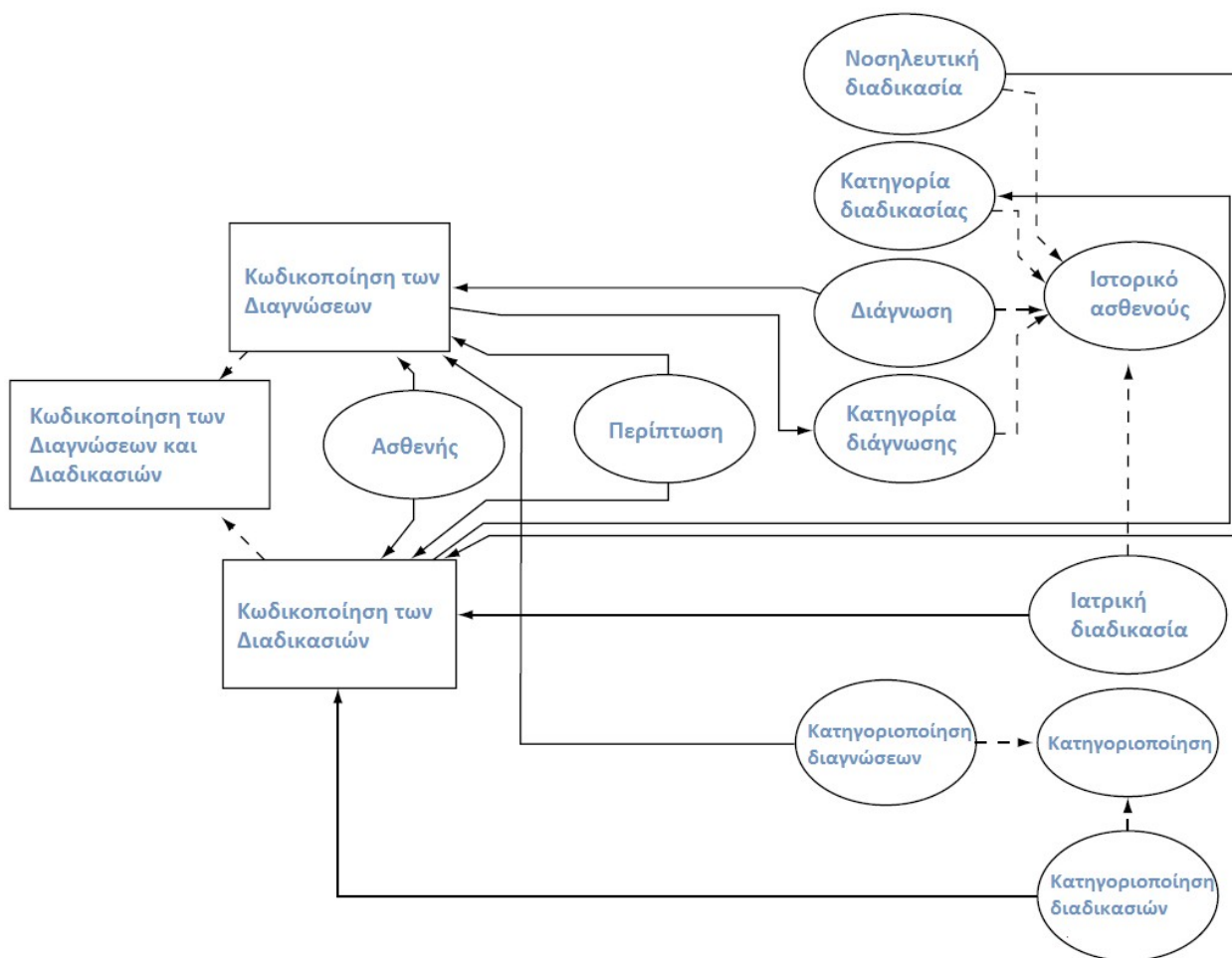
Εικόνα 3.10 Απόσπασμα του επιπέδου τομέα με βάση το μοντέλο αναφοράς 3LGM² που περιγράφει τη λειτουργία εκτέλεσης διαγνωστικών, θεραπευτικών και νοσηλευτικών διαδικασιών, τις υπολειτουργίες του, καθώς και τους ερμηνευμένους και ενημερωμένους τύπους οντοτήτων.

Οι προγραμματισμένες διαγνωστικές και θεραπευτικές διαδικασίες κρίνεται απαραίτητο να εκτελούνται με πλήρη καταγραφή. Τα ευρήματα και οι εκθέσεις πρέπει να διαβιβάζονται πίσω στη μονάδα παραπομπής, στον αρμόδιο ιατρό. Θα πρέπει να αναφέρονται σαφώς στο σωστό ασθενή. Ο υπεύθυνος γιατρός να ενημερώνεται σχετικά με τα νέα αποτελέσματα και τα κρίσιμα ευρήματα να επισημανθούν. Η εκτέλεση διαγνωστικών και θεραπευτικών διαδικασιών μπορεί να εξειδικευτεί, για παράδειγμα στην εκτέλεση των εργασιών, στην εκτέλεση της ακτινοβολίας, στην εκτέλεση της χημειοθεραπείας, στην εκτέλεση ακτινολογικών εξετάσεων, στην εκτέλεση εργαστηριακών εξετάσεων και στην εκτέλεση φαρμακευτικής αγωγής.

Στο κομμάτι της εκτέλεσης νοσηλευτικών διαδικασιών, εκτελούνται οι προγραμματισμένες νοσηλευτικές διαδικασίες (σχετικά με έκκριση, κατάκλιση, φροντίδα μαλλιών και νυχιών, περιποίηση του δέρματος, θεραπεία πληγών, πλύσιμο του σώματος, στόματος και οδοντιατρική περίθαλψη, διατροφή και ισορροπία υγρών, θρόμβωση). Πρέπει να καταγράφονται όλες οι διαδικασίες φροντίδας ασθενών, οι επιπτώσεις και ωφέλειές τους στην κατάσταση της υγείας του ασθενούς και οι αλλαγές στο σχέδιο φροντίδας. Ο υπεύθυνος γιατρός λαμβάνει ενημέρωση σχετικά με τα θεραπευτικά-κρίσιμα σημεία.

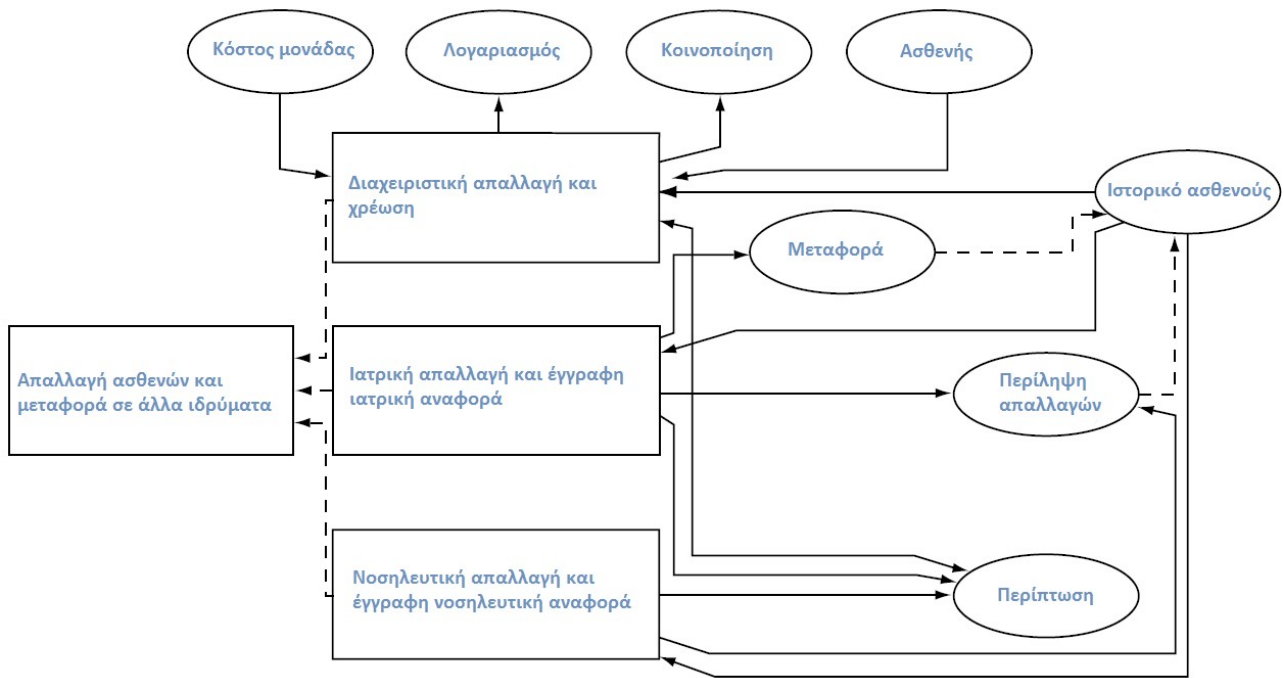
Κωδικοποίηση των Διαγνώσεων και Διαδικασιών: Το νοσοκομείο πρέπει να είναι σε θέση να καταγράφει και να κωδικοποιεί όλες τις διαγνωστικές διαδικασίες που πραγματοποιούνται με έναν ακριβή, πλήρη, γρήγορο και με επίκεντρο τον ασθενή τρόπο. Αυτά τα δεδομένα αποτελούν τη βάση για τις χρεώσεις του νοσοκομείου. Διαγνώσεις και ιατρικές διαδικασίες χρησιμοποιούνται επίσης για τον έλεγχο. Επιπλέον, ορισμένα από τα στοιχεία απαραίτητως καταγράφονται και κοινοποιούνται λόγω των νομικών απαιτήσεων.

Οι διαγνώσεις και ιατρικές διαδικασίες καταγράφονται και κωδικοποιούνται με έναν τυποποιημένο τρόπο (π.χ. με τη χρήση των ICD-10 κωδικών διάγνωσης) και στη συνέχεια υποβάλλονται σε επεξεργασία. Οι διαγνώσεις και ιατρικές διαδικασίες πρέπει τουλάχιστον εν μέρει να προέλθουν από κλινική καταγραφή. Για να υποστηρίξει την καταγραφή τους, πρέπει να προσφέρονται και να διατηρούνται πλήρως κωδικοποιημένοι κατάλογοι, που εμπεριέχουν λίστες τυπικών διαγνώσεων και ιατρικών διαδικασιών που σχετίζονται με μια μονάδα ή με ένα νοσοκομείο. Η επιχειρησιακή λειτουργία κωδικοποίησης διαγνώσεων και διαδικασιών, η αποσύνθεσής της σε επιμέρους λειτουργίες, καθώς και τα είδη οντοτήτων προς ερμηνεία και ενημέρωση συνοψίζονται στην επόμενη Εικόνα.3.11.



Εικόνα 3.11 Απόσπασμα του επιπέδου τομέα με βάση το μοντέλο αναφοράς 3LGM² που περιγράφει τη λειτουργία κωδικοποίησης των διαγνώσεων και διαδικασιών, τις υπολειτουργίες του καθώς και τους ερμηνευμένους και ενημερωμένους τύπους οντοτήτων.

Απαλλαγή ασθενών και μεταφορά σε άλλα ιδρύματα: Όταν η θεραπεία του ασθενούς ολοκληρωθεί, ο ασθενής απαλλάσσεται και στη συνέχεια μερικές φορές μεταφέρεται σε άλλα ιδρύματα (π.χ. ένα γενικό γιατρό ή ένα κέντρο αποκατάστασης). Η απαλλαγή των ασθενών και μεταφορά σε άλλα ιδρύματα (σύντομα: απαλλαγή) καλύπτει διοικητική, ιατρική και νοσηλευτική απαλλαγή. Αυτή η νοσοκομειακή λειτουργία μπορεί να αναλυθεί ως εξής (Εικ. 3.12).



Εικόνα 3.12 Απόσπασμα του επιπέδου τομέα με βάση το μοντέλο αναφοράς 3LGM² που περιγράφει τη λειτουργία απαλλαγής ασθενών και μεταφορά σε άλλα ιδρύματα, τις υπολειτουργίες του καθώς και τους ερμηνευμένους και ενημερωμένους τύπους οντοτήτων.

Η διαδικασία της διοικητικής απαλλαγής του ασθενούς ξεκινά με την τελική τιμολόγηση και τη συμπλήρωση των νομικά απαραίτητων εγγράφων αναφοράς (π.χ. στατιστικά στοιχεία σχετικά με τις διαγνώσεις και τις διαδικασίες). Την τελευταία δεκαετία οι ομάδες σχετικών διαγνώσεων (Diagnosis Related Groups, DRG²) έχουν εισαχθεί για την τιμολόγηση ασθενούς στις περισσότερες βιομηχανικές χώρες (Mistichelli, 1984). Αυτό σημαίνει ότι οι χρεώσεις για τη θεραπεία των ασθενών δεν υπολογίζονται πλέον με βάση την ημερήσια χρέωση, αλλά με το DRG² κατά το οποίο μια περίπτωση ασθενούς ταξινομείται. Οι διαγνώσεις, διαδικασίες, ηλικία του ασθενούς καθώς και μερικά ακόμη κριτήρια χρησιμεύουν ως είσοδο για τον υπολογισμό του DRG².

Τέλος, η νοσηλευτική χρέωση συνεπάγεται την τεκμηρίωση και συγγραφή της νοσηλευτικής έκθεσης από το νοσηλευτικό προσωπικό. Η νοσηλευτική έκθεση περιλαμβάνει, για παράδειγμα, πληροφορίες σχετικά με το επίπεδο δραστηριότητας, τη διατροφή και τη φροντίδα του τραύματος.

3.5.2.2 Διαχείριση Προμηθειών και Αποθεμάτων, Προγραμματισμός και Κατανομή Πόρων

Το νοσοκομείο πρέπει να προσφέρει επαρκή και καλά οργανωμένους πόρους για τη φροντίδα των ασθενών. Αυτό ισχύει για θαλάμους (διαχείριση θαλάμων), μονάδες εξωτερικών ιατρείων (διαχείριση εξωτερικών ιατρείων) και μονάδες παροχής υπηρεσιών (διαχείριση τμημάτων). Η αποτελεσματική οργάνωση είναι εξαιρετικά σημαντική για τα νοσοκομεία, για παράδειγμα, σε μονάδες εξωτερικών ιατρείων ή μονάδες εξυπηρέτησης και μπορεί να υποστηριχθεί, για παράδειγμα, με την παροχή λιστών εργασίας για κάθε μέλος του προσωπικού, με την έκδοση υπενθυμίσεων για συναντήσεις κτλ. Το ΥΠΣ πρέπει να είναι σε θέση να υποστηρίξει την επικοινωνία μεταξύ όλων όσοι συμμετέχουν στη φροντίδα των ασθενών. Αυτό περιλαμβάνει τη σύγχρονη (π.χ. τηλέφωνο) και ασύγχρονη (π.χ., μαυροπίνακες, φυλλάδια, e-mail) επικοινωνία. Τα μέλη του προσωπικού πρέπει να είναι σε θέση να επικοινωνούν μεταξύ τους μέσα σε ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα.

Επίσης, πρέπει να είναι εγγυημένη η προμήθεια και διάθεση των υλικών, τροφίμων, φαρμάκων κτλ. Όλα τα τμήματα του νοσοκομείου να είναι σε θέση να παραγγείλουν από ενημερωμένους καταλόγους. Οι αντίστοιχες μονάδες υπηρεσίας (stock, φαρμακείο και κουζίνα) να είναι σε θέση για σωστή και έγκαιρη παράδοση. Σύμφωνα με την κατάσταση της υγείας τους, οι ασθενείς έχουν διαφορετικές διατροφικές ανάγκες. Πρέπει να

διασφαλιστεί ότι στους ασθενείς παρέχονται σωστά διαιτητικά τρόφιμα στο σωστό χρόνο. Επίσης, το νοσηλευτικό προσωπικό και οι γιατροί να μπορούν να προβλέψουν την έλλειψη υλικών, όπως ιατρικών ταινιών, επιδέσμους ή βελόνες, προκειμένου να γίνει η παραγγελία των νέων υλικών από τον κεντρικό προμηθευτή εγκαίρως. Τέλος, το νοσοκομείο είναι απαραίτητο μονίμως να τροφοδοτείται με σεντόνια, πετσέτες, αποστειρωμένες γάζες, χειρουργικές μάσκες, κ.λπ ενώ εκτός από άλλες πηγές, τα ιατροτεχνολογικά προϊόντα πρέπει να είναι καταγεγραμμένα και να συντηρούνται σύμφωνα με τη νομοθεσία.

Προγραμματισμός και Κατανομή Πόρων: Απαιτούνται διάφοροι πόροι για τη φροντίδα των ασθενών και στη συνέχεια η διαχείριση των πόρων περιλαμβάνει το σχεδιασμό του προσωπικού, το σχεδιασμό κρεβατιών, το σχεδιασμό των δωματίων και τον προγραμματισμό των συσκευών. Όλες οι δραστηριότητες προγραμματισμού πόρων πρέπει να είναι συντονισμένες. Όταν οι διαδικασίες προγραμματιστούν, επιβάλλεται να ληφθούν υπόψη οι απαιτήσεις τόσο της μονάδας παροχής υπηρεσιών όσο και της μονάδας παραπομπής σε σχέση με τον προγραμματισμό του ραντεβού. Αίτημα, κράτηση, επιβεβαίωση, κοινοποίηση, αναβολή και ακύρωση θα πρέπει να υποστηρίζονται. Όλα τα μέλη του προσωπικού που εμπλέκονται και οι ασθενείς είναι απαραίτητο να ενημερώνονται σχετικά με τα ραντεβού. Οι αναβολές και οι ακυρώσεις θα πρέπει να κοινοποιούνται εγκαίρως σε όλα τα εμπλεκόμενα πρόσωπα.

Αυτή η λειτουργία του νοσοκομείου μπορεί να αναλυθεί σε προγραμματισμό ραντεβού, προγραμματισμό και σχεδιασμό πόρων με τη μονάδα ιατρικής υπηρεσίας και προγραμματισμό και σχεδιασμό των πόρων με την υπηρεσία μεταφοράς ασθενών. Ο προγραμματισμός ραντεβού αναφέρεται, επίσης, ως υπολειτουργία της εισαγωγής του ασθενούς.

Διαχείριση Ανθρώπινου Δυναμικού: Αυτή περιλαμβάνει όλες τις εργασίες για την ανάπτυξη και τη βελτίωση της παραγωγικότητας του προσωπικού. Περιλαμβάνει, για παράδειγμα, το προσωπικό και τη θέση σχεδιασμού, το μητρώο προσωπικού, τον προγραμματισμό του προσωπικού και τη μισθοδοσία του προσωπικού. Αυτή η λειτουργία του νοσοκομείου μπορεί να αναλυθεί ως εξής: διαχείριση δεδομένων των ανθρώπινων πόρων, προγραμματισμός ανθρώπινου δυναμικού, οργάνωση της εργασίας και της διαχείρισης χρόνου, μισθοδοσίες, διαχείριση των επαγγελματικών ταξιδιών και της επιμόρφωσης.

3.5.2.3 Διαχείριση Νοσοκομείου

Η διαχείριση του νοσοκομείου υποστηρίζει την οργάνωση της φροντίδας των ασθενών και εγγυάται την οικονομική επιβίωση και την οικονομική επιτυχία του νοσοκομείου. Υπολειτουργίες του είναι:

Διαχείριση Ασθενούς: Η διαχείριση του ασθενούς περιλαμβάνει τα διοικητικά καθήκοντα σε ένα νοσοκομείο που ασχολούνται περισσότερο ή λιγότερο άμεσα με τους ασθενείς. Έτσι, είναι μια συνάθροιση των υπολειτουργιών που περιλαμβάνουν τη διαχείριση των εισαγωγών, την ταυτοποίηση των ασθενών και τον έλεγχο για υποτροπιάζοντα επισκέπτη, έλεγχο υπηρεσιών πληροφόρησης και διοικητική απαλλαγή και τιμολόγηση.

Αρχειοθέτηση των πληροφοριών ασθενούς: Συναφή δεδομένα και έγγραφα που περιέχουν πληροφορίες για τον ασθενή θα πρέπει να δημιουργηθούν, να συγκεντρωθούν, να παρουσιαστούν και να αποθηκευτούν έτσι ώστε να είναι αποτελεσματικά ανακτήσιμα κατά τη διάρκεια της όλης διαδικασίας της θεραπείας του ασθενούς. Η αποθήκευση των δεδομένων αυτών και των εγγράφων γίνεται κυρίως στα αρχεία των ασθενών. Σήμερα, οι φάκελοι των ασθενών βασίζονται τις περισσότερες φορές σε ένα μίγμα εντύπων και ηλεκτρονικών αρχείων-δεδομένων. Συνήθως πρέπει να ληφθούν υπόψη ορισμένες νομικές απαιτήσεις. Η διοικητική είσοδος προκαλεί το άνοιγμα του αρχείου ασθενούς. Η καταγραφή του ασθενούς υπάρχει η δυνατότητα να είναι ηλεκτρονική ή έντυπη ή ένα μίγμα και των δύο. Για την συμπλήρωση των εγγράφων καθορίζονται και χρησιμοποιούνται πρότυπες μορφές.

Το τμήμα αρχειοθέτησης των εγγράφων του νοσοκομείου έχει υποχρέωση να διαχειρίζεται τους φακέλους των ασθενών και να τους καθιστά διαθέσιμους κατόπιν αιτήματος εντός καθορισμένου χρονικού πλαισίου. Η ακριβής θέση του κάθε αρχείου πρέπει να είναι γνωστή (π.χ., σε ποιο αρχείο, σε ποιο ράφι). Ρομποτικά συστήματα υπάρχουν ήδη που αποθηκεύουν και συγκεντρώνουν αυτόματα έντυπα αρχεία. Ο δανεισμός και η επιστροφή των αρχείων (π.χ. για ασθενείς που έρχονται για πολλαπλές επισκέψεις) πρέπει να είναι μία οργανωμένη διαδικασία, με σεβασμό στα διαφορετικά δικαιώματα πρόσβασης που εξαρτώνται από το ρόλο

των επαγγελματιών υγείας στη διαδικασία της φροντίδας του ασθενούς. Επίσης, μετά την απαλλαγή του ασθενούς, τα αρχεία τους επιβάλλεται να αρχειοθετούνται για μεγάλο χρονικό διάστημα (π.χ. για 10 ή 30 χρόνια, ανάλογα με τις νομικές διατάξεις). Το τμήμα αρχειοθέτησης πρέπει να προσφέρει αρκετό χώρο για να επιτρέψει τη μακροπρόθεσμη αποθήκευση των φακέλων των ασθενών.

Διαχείριση Ποιότητας: Η διαχείριση της ποιότητας χαρακτηρίζεται από όλες τις δραστηριότητες της διαχείρισης ενός φορέα υγειονομικής περίθαλψης, προς επιβεβαίωση της ποιότητας στην υγειονομική περίθαλψη. Αυτό περιλαμβάνει τον καθορισμό των στόχων, τον καθορισμό των αρμοδιοτήτων, καθώς και τον καθορισμό και την παρακολούθηση των διαδικασιών για την επίτευξη των στόχων αυτών. Αυτό καλύπτει, για παράδειγμα, την εσωτερική αναφορά που περιέχει δείκτες ποιότητας. Η διαχείριση της ποιότητας απαιτεί πληροφορίες σχετικά με τους ασθενείς και τις θεραπείες, καθώς και γνώσεις σχετικά με διαγνωστικά και θεραπευτικά πρότυπα.

Η Διαχείριση Εσωτερικής Ποιότητας εξασφαλίζει μία ορισμένη ποιότητα όλων των διεργασιών και των αποτελεσμάτων του νοσοκομείου. Περιλαμβάνει επίσης ένα σύστημα εσωτερικής πληροφόρησης, το οποίο παρουσιάζει τους δείκτες που αφορούν την ποιότητα. Μπορεί να οριστούν, να αποθηκευτούν και να παρουσιαστούν ιατρικές, νοσηλευτικές και διοικητικές κατευθυντήριες γραμμές. Επίσης, υπάρχει μια δομημένη διαδικασία παραπόνων.

Λογιστική Κοστολόγηση: Για λόγους ελέγχου, είναι απαραίτητο να παρακολουθούνται οι υπηρεσίες, το κόστος τους και το πρόσωπο που τις έχει λάβει. Η κοστολόγηση συνήθως ερευνά το ποιος δαπανά (κοστολόγηση τύπου), που δαπανά (κόστος λογιστικής κέντρου) και για ποιες δραστηριότητες ή υπηρεσίες δαπανά (κόστος λογιστικής μονάδας). Ανάλογα με το λόγο κοστολόγησης, θα πρέπει να καθοριστούν η χρονική περίοδος που πρέπει να πραγματοποιούνται καθώς και το εύρος των δαπανών που αντιστοιχούν. Τα αποτελέσματα της κοστολόγησης (ονομαζόμενα KPIs), χρησιμεύουν ως βάση για τον έλεγχο.

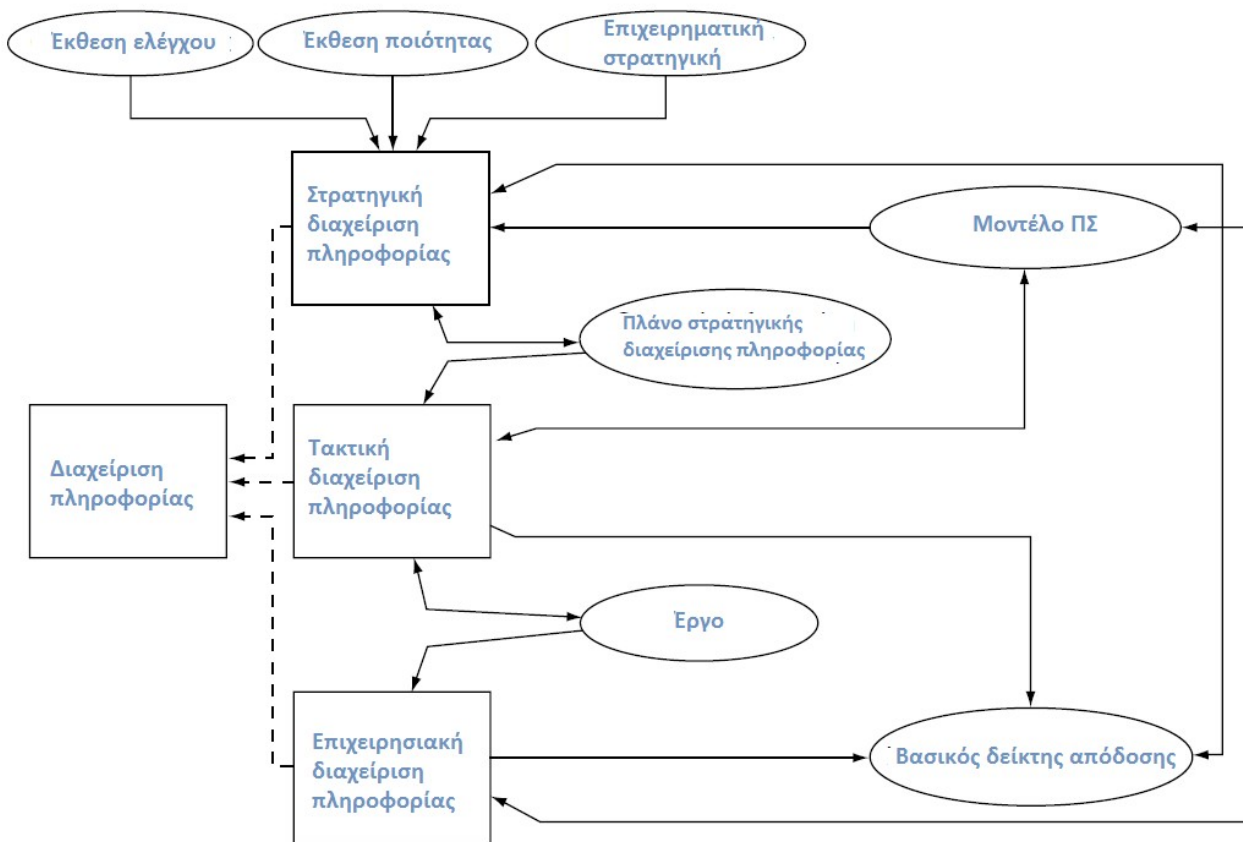
Έλεγχος: Το νοσοκομείο είναι αναγκαίο να είναι σε θέση να συγκεντρώνει και συνολικά στοιχεία σχετικά με τη λειτουργία του νοσοκομείου για λόγους ελέγχου και βελτιστοποίησης. Αυτό καλύπτει, για παράδειγμα, τον έλεγχο προσωπικού, τον έλεγχο των διαδικασιών, τον έλεγχο υλικού, και τον οικονομικό έλεγχο. Σε νοσοκομεία, για παράδειγμα, ο αριθμός των περιπτώσεων των ασθενών, ο χρόνος παραμονής του ασθενούς στο νοσοκομείο και η μεικτή περίπτωση, η οποία υπολογίζεται από τα DRGs και KPIs των ασθενών, χρησιμεύουν ως είσοδος για τον έλεγχο των εκθέσεων.

Χρηματοοικονομική Λογιστική: Όλες οι χρηματοοικονομικές πράξεις του νοσοκομείου πρέπει να καταγράφονται συστηματικά για να ανταποκριθούν στις νομικές απαιτήσεις. Η χρηματοοικονομική λογιστική περιλαμβάνει, για παράδειγμα, τη λογιστική του οφειλέτη και την πιστωτική λογιστική. Χρειάζεται πληροφορίες από τους λογαριασμούς και δημιουργεί νέες τιμές για τα KPIs. Το νοσοκομείο πρέπει να υποστηρίζει τη γενική στατιστική ανάλυση, για παράδειγμα, τον υπολογισμό και την ανάλυση των οικονομικών δεδομένων.

Διαχείριση εγκαταστάσεων: Η διαχείριση των εγκαταστάσεων περιλαμβάνει τη διαχείριση των κτιρίων, των περιοχών, και επιχειρήσεων κοινής ωφέλειας του νοσοκομείου και επηρεάζει επίσης τα KPIs.

Διαχείριση Πληροφορίας: Η διαχείριση πληροφορίας σχεδιάζει το ΠΣ μιας επιχείρησης και την αρχιτεκτονική του, διευθύνει την ίδρυσή του και τη λειτουργία του και παρακολουθεί την ανάπτυξη και τη λειτουργία του σε σχέση με τους προβλεπόμενους στόχους. Διαφορετικά επίπεδα διαχείρισης έχουν διαφορετικές αντιλήψεις και συμφέροντα. Αναλύεται σε *Στρατηγική Διαχείριση Πληροφοριών*, που ασχολείται με την επεξεργασία διαχείρισης των πληροφοριών της επιχείρησης στο σύνολό της και θεσπίζει τις στρατηγικές και τις αρχές για την εξέλιξή του ΠΣ. Επίσης, η *Τακτική Διαχείριση Πληροφοριών*, που ασχολείται με συγκεκριμένες λειτουργίες των επιχειρήσεων ή των συστατικών εφαρμογής που εισάγονται, αφαιρούνται ή αλλάζουν. Συνήθως αυτές οι δραστηριότητες γίνονται με τη μορφή των σχεδίων. Τέτοιες τακτικές έργων διαχείρισης πληροφοριών ξεκινάνε από τη στρατηγική διαχείριση των πληροφοριών. Έτσι, η στρατηγική διαχείριση πληροφοριών αποτελεί ζωτική ανάγκη για την τακτική διαχείριση των πληροφοριών. Το αποτέλεσμα της τακτικής έργων διαχείρισης πληροφοριών είναι το ΠΣ. Τέλος, η *Λειτουργική Διαχείριση Πληροφοριών*, που είναι υπεύθυνη για τη λειτουργία των εξαρτημάτων του συστήματος πληροφοριών, θα φροντίζει για την ομαλή λειτουργία της σύμφωνα με το στρατηγικό σχέδιο διαχείρισης των πληροφοριών. Επιπλέον, τα σχέδια

διαχείρισης των λειτουργικών πληροφοριών κατευθύνουν και παρακολουθούν μόνιμες υπηρεσίες για τους χρήστες του συστήματος πληροφοριών (Εικ. 3.13).



Εικόνα 3.13 Απόσπασμα του επιπέδου τομέα με βάση το μοντέλο αναφοράς 3LGM² που περιγράφει τη λειτουργία διαχείρισης πληροφορίας, τις υπολειτουργίες του καθώς και τους ερμηνευμένους και ενημερωμένους τύπους οντοτήτων.

3.5.2.4 Διοίκηση Νοσοκομείου

Η διοίκηση του νοσοκομείου αποφασίζει για ζητήματα θεμελιώδους σημασίας για την ανάπτυξη του νοσοκομείου (στόχοι νοσοκομείου, στρατηγικές αποφάσεις, αποφάσεις του προσωπικού και αποφάσεις σχετικά με τον προϋπολογισμό, τις επενδύσεις και καίριες θεραπείες). Η διοίκηση του νοσοκομείου θα πρέπει να επικεντρωθεί στην υψηλή ποιότητα της περίθαλψης των ασθενών, λαμβάνοντας υπόψη οικονομικές, νομικές και άλλες απαιτήσεις.

Έρευνα και Εκπαίδευση: Ειδικά σε ακαδημαϊκά κέντρα πρέπει να υποστηρίζονται αποτελεσματικά η έρευνα και η εκπαίδευση. Ο στόχος της κλινικής έρευνας είναι η γενίκευση των ευρημάτων και των εμπειριών για να γεννήσουν νέες γνώσεις. Τα δεδομένα που τεκμηριώνονται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της θεραπείας του ασθενούς μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αναδρομική ανάλυση, για ανακάλυψη συμβουλών προς γενίκευση και δημιουργία υποθέσεων για νέες μελέτες.

Διαχείριση Έρευνας: Η διαχείριση της έρευνας εκτελείται σε όλες τις οργανωτικές μονάδες του νοσοκομείου, που αποφασίζει για το σχεδιασμό, την παρακολούθηση και την κατεύθυνση των ερευνητικών δραστηριοτήτων. Αυτό περιλαμβάνει την τεκμηρίωση των ερευνητικών δραστηριοτήτων καθώς και τη διαχείριση των κεφαλαίων από τρίτους.

Ανάκτηση Γνώσης και Διαχείριση Βιβλιογραφίας: Το επιστημονικό προσωπικό πρέπει να έχει πρόσβαση στην έρευνα, σχετικές πληροφορίες και γενικές ιατρικές γνώσεις. Επιπλέον, οι γιατροί και το νοσηλευτικό προσωπικό είναι απαραίτητο να εφοδιάζονται με ειδικές ιατρικές γνώσεις.

Δημοσίευση και Παρουσίαση: Το επιστημονικό προσωπικό οφείλει να προετοιμάσει δημοσιεύσεις και παρουσιάσεις. Ως εκ τούτου, οι κεντρικές συλλογές των δημοσιεύσεων του νοσοκομείου και άλλη βιβλιογραφία πρέπει να τίθενται στη διάθεσή τους και να μπορούν να διαμορφωθούν ανάλογα με το χρόνο, το ίδρυμα, το θέμα ή πρόσωπο.

Εκπαίδευση: Οι ιατρικές εμπειρίες οφείλονται να χρησιμοποιούνται για την κατάρτιση και την εκπαίδευση σε ιατρικά επαγγέλματα. Επιπλέον, πρέπει να υποστηρίζονται η οργάνωση και εκτέλεση της διδασκαλίας και εξετάσεων, για παράδειγμα μέσω εργαλείων ηλεκτρονικής.

3.5.3. Λογικό Επίπεδο: Συστατικά Εφαρμογών

Αφού εξετάστηκαν οι λειτουργίες του νοσοκομείου στην προηγούμενη ενότητα, στην παρούσα ενότητα θα περιγραφούν τα εργαλεία επεξεργασίας πληροφοριών στο λογικό επίπεδο του ΠΣΥ, δηλαδή, τα στοιχεία της εφαρμογής που υποστηρίζουν αυτές τις λειτουργίες. Λαμβάνοντας υπόψη τις λειτουργίες της επιχείρησης, θα συνοψιστούν τα στοιχεία της εφαρμογής με απαρίθμηση πινάκων που αντιστοιχούν στις υποστηριζόμενες λειτουργίες του νοσοκομείου. Επιπλέον, για κάθε λειτουργία παρατίθενται τυπικά χαρακτηριστικά που θα πρέπει να προσφέρει το συστατικό της εφαρμογής. Ένα χαρακτηριστικό είναι μια λειτουργία που προσφέρεται από ένα προϊόν λογισμικού το οποίο συμβάλλει άμεσα στην εκπλήρωση ενός ή περισσότερων λειτουργιών της επιχείρησης. Χαρακτηριστικά δηλώνεται με μια σύντομη φράση που αποτελείται από τουλάχιστον ένα ρήμα και ένα ουσιαστικό που εκφράζει την ικανότητα του προϊόντος λογισμικού, για παράδειγμα, "δημιουργία μοναδικού PIN", "παροχή καταλόγου διαγνώσεων». Τα χαρακτηριστικά, δε χρειάζεται να προβληθούν απευθείας από ένα άτομο, αλλά μπορεί να ενεργοποιηθούν, όταν χρησιμοποιείται ένα προηγούμενο χαρακτηριστικό του προϊόντος λογισμικού. Όσο υψηλότερη διαμορφώνεται η αναλυτικότητα της λειτουργίας της επιχείρησης, τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα ότι η λειτουργία της επιχείρησης σημασιολογικά αντιστοιχεί με ένα χαρακτηριστικό στοιχείο που προσφέρει η εφαρμογή.

Κάθε ινστιτούτο υγείας χρησιμοποιεί ένα διαφορετικό σύνολο από βασιζόμενα σε υπολογιστές και μη βασιζόμενα σε υπολογιστές συστατικά εφαρμογών (οργανωτικά συστήματα) για την υποστήριξη των επιχειρησιακών λειτουργιών. Ωστόσο, στα νοσοκομεία μπορούν να προσδιοριστούν τυπικά βασικά συστατικά εφαρμογών που υποστηρίζουν τις συγκεκριμένες λειτουργίες του νοσοκομείου. Στην ενότητα αυτή, θα αναλυθούν τα βασικά συστατικά που χρησιμοποιούνται στα ΠΣΥ και στη συνέχεια αυτά τα βασικά συστατικά μπορούν να συνδυαστούν παρόμοια με την ανάπτυξη μιας πόλης με σταδιακή προσθήκη νέων ή την αντικατάσταση παλαιών κτιρίων. Παρά τη σημασία που εξακολουθεί να υπάρχει στη μη βασιζόμενη σε υπολογιστές επεξεργασία πληροφορίας, η βασιζόμενη σε υπολογιστές επεξεργασία πληροφορίας θα βρίσκεται στο επίκεντρο της ανάλυσης.

3.5.3.1. Σύστημα Διαχείρισης Ασθενών

Το σύστημα διαχείρισης του ασθενούς υποστηρίζει τη διαχείριση των ασθενών και των επαφών τους στο νοσοκομείο. Ειδικά, αυτό το συστατικό της εφαρμογής θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί για την εισαγωγή των ασθενών, την απαλλαγή και τη χρέωσή τους. Πρέπει να παράσχει ακριβή, πλήρη και ενημερωμένα διαχειριστικά δεδομένα των ασθενών για όλα τα άλλα συστατικά της εφαρμογής. Επιπλέον, όλα τα άλλα συστατικά της εφαρμογής επιβάλλεται να είναι σε θέση να διαβιβάσουν σχετικά διαχειριστικά δεδομένα των ασθενών (π.χ., διαγνώσεις) στο σύστημα διαχείρισης ασθενούς. Ως εκ τούτου, το σύστημα διαχείρισης ασθενούς μπορεί να θεωρηθεί ως το κέντρο της διαχειριστικής μνήμης του ΠΣΥ.

Κατά τη διάρκεια της εισαγωγής, τα συστήματα διαχείρισης του ασθενούς πρέπει να υποστηρίζουν την ανάκτηση του ασθενούς (π.χ., από το όνομα ή την ημερομηνία γέννησης) για να αποφεύγονται οι διπλές και εσφαλμένες καταχωρήσεις των ασθενών. Οι αναγνωριστικοί αριθμοί PIN και CIN είναι υψίστης σημασίας για το σύνολο του συστήματος πληροφοριών. Αποτελούν τη βάση για τη σωστή αντιστοίχιση των δεδομένων που σχετίζονται με τον ασθενή και ως εκ τούτου είναι προϋπόθεση για ένα έγκυρο αρχείο ασθενούς - ανεξάρτητα από το αν είναι ή όχι ηλεκτρονικό. Χωρίς το σωστά PIN και CIN όλη την υψηλή τεχνολογία ενός σύγχρονου ΠΣΥ θα ήταν άχρηστη.

3.5.3.2. Ιατρικό Σύστημα Τεκμηρίωσης

Το ιατρικό σύστημα τεκμηρίωσης υποστηρίζει συγκεκριμένους τομείς τεκμηρίωσης (π.χ., το ιστορικό του ασθενούς, το σχεδιασμό της περίθαλψης, σημειώσεις προόδου, καταγραφή αναφορών). Τυπικά, περιλαμβάνει εξειδικευμένες ενότητες για διαφορετικές ιατρικές ειδικότητες (π.χ., οφθαλμολογία, ψυχιατρική, δερματολογία). Συνήθως προσφέρει γενικές μορφές για ελεύθερο κείμενο, εισαγωγή ημι-δομημένων ή δομημένων δεδομένων (π.χ., drop-down λίστες) για ιατρική τεκμηρίωση καθώς και υποστήριξη για την αναγνώριση ομιλίας, την υποβολή εκθέσεων αλλά και δυνατότητες ανάλυσης. Όσο πιο δομημένα είναι τα δεδομένα, τόσο πιο εύκολη είναι η βασιζόμενη σε υπολογιστές υποστήριξη ασθενών που σχετίζεται με την απόφαση και την ανάλυση στατιστικών δεδομένων. Είναι σημαντικό ότι οι χρήστες μπορούν να προσαρμόσουν τα χαρακτηριστικά στις ανάγκες τους (π.χ., καθορίζοντας ποια αντικείμενα πρέπει να καταγράφονται και ποιους περιορισμούς πρέπει να πληρούν τα δεδομένα που έχουν εισαχθεί). Όταν δημιουργούνται εκθέσεις, θα πρέπει να υποστηρίζεται η επαναχρησιμοποίηση των ήδη τεκμηριωμένων δεδομένων (π.χ. διαγνώσεις, ευρήματα από ακτινολογία ή εργαστήριο).

Εκτός από την κλινική τεκμηρίωση, η κωδικοποίηση των διαγνώσεων και των διαδικασιών είναι πολύ σημαντική. Τα κωδικοποιημένα συστατικά είναι απαραίτητα να υποστηρίζουν την εύκολη αναζήτηση κατάλληλων διαγνώσεων και κλάσεων διαδικασιών και τους αντίστοιχους κωδικούς τους σε ταξινομήσεις για ένα συγκεκριμένο ιατρικό τομέα. Εναλλακτικά, το ελεύθερο κείμενο μπορεί να αναλυθεί χρησιμοποιώντας μεθόδους αναγνώρισης των φυσικών γλωσσών. Εάν αυτά τα κωδικοποιημένα συστατικά είναι ξεχωριστά από τα τεκμηριωμένα συστατικά, θα πρέπει να διασφαλίζεται ότι οι κωδικοί μπορούν να μεταφερθούν σε ιατρικά τεκμηριωμένα συστατικά. Το ιατρικό σύστημα τεκμηρίωσης θα πρέπει επίσης να επιτρέψει την κατάλληλη διαρρύθμιση των διαφόρων εκθέσεων. Όταν πολλά πρόσωπα συμμετέχουν στη δημιουργία της έκθεσης (π.χ. εξιτήρια μπορεί να υπαγορεύονται από ένα κατώτερο ιατρό, γραμμένα από έναν γραμματέα και να εγκριθούν από έναν ανώτερο γιατρό), τα στοιχεία της εφαρμογής θα πρέπει να στηρίζουν τη διαχείριση και κατανομή των διαφόρων εκδόσεων ενός εγγράφου που έχει διαφορετικό καθεστώς (όπως προκαταρκτικό ή εγκεκριμένο).

Η ιατρική τεκμηρίωση είναι η βάση για τη λήψη αποφάσεων και τον σχεδιασμό της θεραπείας του ασθενούς. Ως εκ τούτου, το ιατρικό σύστημα τεκμηρίωσης θα πρέπει να υποστηρίζει το ιατρικό προσωπικό παρέχοντας ιατρική γνώση, η οποία θα έχει προεπιλεγεί βάσει τεκμηριωμένων στοιχείων σχετικών με την κατάσταση του ασθενούς.

3.5.3.3. Νοσηλευτική Διαχείριση και Σύστημα Τεκμηρίωσης

Η Νοσηλευτική Διαχείριση και το Σύστημα Τεκμηρίωσης προσφέρει παρόμοια χαρακτηριστικά με το ιατρικό σύστημα τεκμηρίωσης. Η νοσηλευτική είναι προσανατολισμένη προς τη λεγόμενη διαδικασία της νοσηλευτικής, η οποία περιλαμβάνει κυρίως το νοσηλευτικό ιστορικό του ασθενούς, τον προγραμματισμό νοσηλευτικής φροντίδας με ορισμό των προβλημάτων, τη διαμόρφωση των στόχων της νοσηλευτικής και τον προγραμματισμό των νοσηλευτικών καθηκόντων, ακολουθούμενη από την εκτέλεση των καθηκόντων της νοσηλευτικής και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Το σύστημα διαχείρισης της νοσηλευτικής και το σύστημα τεκμηρίωσης πρέπει να υποστηρίζει την τεκμηρίωση όλων αυτών των βημάτων. Για την υποστήριξη του σχεδιασμού νοσηλευτικής φροντίδας, ο ορισμός και η χρήση των προκαθορισμένων σχεδίων νοσηλευτικής φροντίδας (που περιλαμβάνει πρόσφατα προβλήματα του ασθενούς, νοσηλευτικούς στόχους και προγραμματισμένες εργασίες νοσηλευτικής) είναι χρήσιμα θέματα. Η Νοσηλευτική Διαχείριση και το Σύστημα Τεκμηρίωσης προσφέρει υποστήριξη για τη χρήση προκαθορισμένων ορολογίων νοσηλευτικής και νοσηλευτικής ταξινόμησης, όπως NANDA, NIC, και NOC.

3.5.3.4. Σύστημα Διαχείρισης Εξωτερικών Ιατρείων

Εξωνοσοκομειακή περίθαλψη σημαίνει φροντίδα των ασθενών κατά τη διάρκεια μιας ή περισσότερων σύντομων επισκέψεων στα εξωτερικά ιατρεία (κλινικές) σε ένα νοσοκομείο. Στις περισσότερες περιπτώσεις, αυτές οι επισκέψεις σχετίζονται με προηγούμενες ή μελλοντικές διαμονές ενδονοσοκομειακά στο ίδιο νοσοκομείο. Το σύστημα διαχείρισης εξωτερικών ασθενών είναι συγκρίσιμο με το ιατρικό σύστημα τεκμηρίωσης. Διαφορές υπάρχουν σε σχέση με τη μεγαλύτερη στήριξη του προγραμματισμού των ραντεβού

και τη διαχείριση λίστας αναμονής και μεγαλύτερη υποστήριξη στην οργάνωση της εργασίας (π.χ. λίστες εργασιών, εκτύπωση αποδείξεων). Επιπλέον, πολλές χώρες έχουν διαφορετικές ρυθμίσεις για χρεώσεις νοσηλευόμενων ασθενών. Έτσι απαιτούνται ιδιαίτερα χαρακτηριστικά για την τιμολόγηση σε εξωτερικά ιατρεία. Αυτές οι ειδικές απαιτήσεις οδηγούν συνήθως σε εξειδικευμένα συστήματα διαχείρισης εξω-νοσοκομειακών ασθενών, αντί της χρήσης του ιατρικού συστήματος τεκμηρίωσης σε κέντρα θεραπείας εξωτερικής παραμονής. Μετά την απαλλαγή του ασθενούς, γράφεται μια σύντομη αναφορά και κοινοποιείται στο ίδρυμα που συνεχίζει τη θεραπεία του ασθενούς (π.χ. το γιατρό ή τον θάλαμο).

Οι λειτουργίες είναι παρόμοιες με τις λειτουργίες που απαιτούνται στα γραφεία των ιατρών. Ως εκ τούτου, τα προϊόντα λογισμικού που χρησιμοποιούνται σε γραφεία ιατρών μερικές φορές υλοποιούνται επίσης σε μονάδες εξωτερικών ιατρείων στα νοσοκομεία. Τα προϊόντα αυτά είναι ελκυστικά, δεδομένου ότι προσφέρουν ειδικές ενότητες για την τεκμηρίωση διαφόρων ιατρικών περιοχών (π.χ. γραφικά εργαλεία για τη καταγραφή της δερματολογικής κατάστασης για τους δερματολόγους). Επιπλέον, τα προϊόντα λογισμικού για την τιμολόγηση μπορεί επίσης συχνά να μεταφερθούν εύκολα και φθηνά.

3.5.3.5. Σύστημα Εισόδου παραπομπής ιατρού

Ένα Σύστημα Εισόδου παραπομπής ιατρού (Physician Order Entry System, POE) υποστηρίζει την καταχώρηση της παραπομπής. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει τόσο εντολή παραπομπής σε διαγνωστικές ή θεραπευτικές διαδικασίες όσο και την παραγγελία των φαρμάκων. Τα POE συστήματα υποστηρίζουν τον σχηματισμό της παραπομπής, τον προγραμματισμό ραντεβού, την εκτύπωση ετικετών, καθώς και την επικοινωνία της παραγγελίας με τη μονάδα παροχής υπηρεσιών. Σε περίπτωση παραγγελίας φαρμάκων, οι γιατροί μπορούν να επιλέξουν το καταλληλότερο φάρμακο ή φάρμακο γενικής χρήσης από τους καταλόγους των φαρμάκων. Το σύστημα POE μπορεί επίσης στη συνέχεια να προσφέρει λειτουργικότητα υποστήριξης λήψης αποφάσεων, όπως είναι ο υπολογισμός της δοσολογίας, ο έλεγχος αλληλεπίδρασης φαρμάκων, ο έλεγχος φαρμακευτικής αλλεργίας ή έλεγχος εργαστηριακών φαρμάκων για την αποφυγή σφαλμάτων συνταγογράφησης. Σε περίπτωση παραπομπής σε διαγνωστικές ή θεραπευτικές διαδικασίες, τα αποτελέσματα (π.χ. εργαστηριακές τιμές ή έκθεση σε ακτίνες X) στη συνέχεια υποχρεωτικά κοινοποιούνται πίσω στην πηγή της παραπομπής. Τα συστήματα POE προσφέρουν καταλόγους υπηρεσιών που παρουσιάζουν τα διαθέσιμα είδη υπηρεσιών των διαφόρων μονάδων παροχής υπηρεσιών (π.χ. εργαστήριο, ακτινολογία, χειρουργική επέμβαση). Μερικά συστήματα POE υποστηρίζουν τη λήψη και παρουσίαση των ευρημάτων. Ωστόσο, αυτό γίνεται συνήθως με άλλα στοιχεία της εφαρμογής, όπως το σύστημα πληροφοριών ραδιολογίας (Radiology Information System, RIS) ή το σύστημα πληροφοριών εργαστηρίου (Laboratory Information System, LIS).

3.5.3.6. Σύστημα Διαχείρισης Δεδομένων Ασθενούς (PDMS)

Σοβαρά άρρωστα ασθενείς νοσηλεύονται σε μονάδες εντατικής θεραπείας. Αυτοί οι ασθενείς είναι γενικά σε μια ασταθή κατάσταση και μέσα σε δευτερόλεπτα μπορεί να εισέλθουν σε μια κατάσταση που θέτει σε κίνδυνο τη ζωή τους. Έτσι, η λεπτομερής και πλήρης εμφάνιση όλων των ζωτικών παραμέτρων τους (π.χ., η αρτηριακή πίεση, ο σφυγμός, η αναπνευστική συχνότητα) είναι απαραίτητη για την επιτυχή θεραπεία. Αυτό είναι δυνατό μόνο, όταν αυτοματοποιημένες συσκευές παρακολούθησης μετρούν και καταγράφουν συνεχώς διάφορες παραμέτρους. Επιπλέον, οι παράμετροι που μπορεί να δείξουν αρχική επιδείνωση της κατάστασης του ασθενούς θα πρέπει να ανιχνεύονται αυτόματα και θα πρέπει να ακολουθεί άμεση ειδοποίηση του θεράποντος ιατρού.

Το Σύστημα Διαχείρισης Δεδομένων Ασθενούς (Patient Data Management System, PDMS) είναι εξειδικευμένο ώστε αυτόματα να παρακολουθεί, να αποθηκεύει και να παρουσιάζει ευκρινώς ένα τεράστιο όγκο κλινικών δεδομένων που σχετίζονται με τον ασθενή σε μονάδες εντατικής θεραπείας (Fretschner et al., 2001). Υποστηρίζει επίσης βαθμολόγηση (π.χ. Therapeutic Intervention Scoring System, TISS ή Simplified Acute Physiology Score, SAPS) και μπορεί να προσφέρει δυνατότητες για υποστήριξη λήψης αποφάσεων και διάφορες στατιστικές αναλύσεις. Μετά τη μεταφορά σε κανονικό θάλαμο, πρέπει να δημιουργηθεί μια σύντομη περίληψη της θεραπείας κατά τη μονάδα εντατικής θεραπείας και να κοινοποιηθεί στα στοιχεία της εφαρμογής

του θαλάμου. Επιπλέον, είναι απαραίτητη μια σύνδεση με τα στοιχεία της εφαρμογής για την εισαγωγή της παραπομπής και την υποβολή εκθέσεων.

3.5.3.7. Σύστημα Λειτουργικής Διαχείρισης

Στα χειρουργεία εκτελούνται επεμβατικές διαδικασίες. Συνήθως, οι ασθενείς μένουν στο χειρουργείο μόνο για λίγες ώρες. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, ετοιμάζονται για την επέμβαση, εκτελείται η επέμβαση, και, τέλος, για ένα χρονικό διάστημα μετά την επέμβαση, η κατάσταση των ασθενών παρακολουθείται. Το σύστημα λειτουργικής διαχείρισης υποστηρίζει τον σχεδιασμό των επεμβάσεων καθώς και τις λειτουργίες τεκμηρίωσης ως εξειδίκευση της εκτέλεσης των διαγνωστικών και θεραπευτικών διαδικασιών. Επιτρέπει την ανάθεση ημερομηνίας και ώρας στην επέμβαση, και ως εκ τούτου θα πρέπει να είναι διαθέσιμες οι πληροφορίες στους θαλάμους καθώς και στα γραφεία και στις διαχειριστικές μονάδες των χειρουργείων. Ανάλογα με τις προγραμματισμένες εργασίες, μπορεί να δημιουργηθεί ένα σχέδιο λειτουργίας για μια ημέρα ή μια εβδομάδα. Τα στοιχεία που είναι απαραίτητα για τον αποτελεσματικό προγραμματισμό είναι οι διαγνώσεις του ασθενούς, η σχεδιαζόμενη πράξη (ιατρική διαδικασία), οι χειρουργοί και το λοιπό προσωπικό (ανθρώπινο προσωπικό) που συμμετέχουν, ο προγραμματισμένος χρόνος για την επέμβαση (ραντεβού) και τα διαθέσιμα χειρουργεία (χώροι). Ως εκ τούτου, το σύστημα λειτουργικής διαχείρισης θα πρέπει να συνδέεται στενά με το ιατρικό σύστημα τεκμηρίωσης.

Κατά τη διάρκεια κάθε επέμβασης, ένας μεγάλος αριθμός δεδομένων πρέπει να τεκμηριώνεται, συμπεριλαμβανομένων των μελών της ομάδας λειτουργίας, την επεμβατική διαδικασία, την ημερομηνία και την ώρα, τη διάρκεια της επέμβασης, τα υλικά (π.χ. εμφυτεύματα) που χρησιμοποιούνται και τα άλλα απαραίτητα στοιχεία για να περιγράψουν τη λειτουργία και τα αποτελέσματά της. Οι χειρουργοί συνεργάζονται στενά με τους αναισθησιολόγους κατά τη διάρκεια της επέμβασης. Για την τεκμηρίωσή τους οι αναισθησιολόγοι χρειάζονται ένα μεγάλο αριθμό στοιχείων, τα οποία συνήθως πρέπει να τεκμηριώνονται από χειρουργούς και αντίστροφα.

Συνήθως, τα δεδομένα σχεδιασμού που λαμβάνονται από τη σύστημα διαχείρισης επεμβάσεων πρόκειται να ενημερωθούν και να συμπληρωθούν κατά τη διάρκεια και μετά την επέμβαση. Με βάση αυτά τα δεδομένα, μια έκθεση επέμβασης μπορεί να δημιουργηθεί, η οποία μπορεί να συμπληρωθεί με περαιτέρω παρατηρήσεις των χειρουργών. Τα στοιχεία επεμβάσεων που απαιτούνται για την τιμολόγηση πρέπει να κωδικοποιούνται και στη συνέχεια να κοινοποιούνται στα διοικητικά στοιχεία της εφαρμογής. Το σύστημα λειτουργικής διαχείρισης θα πρέπει επίσης να επιτρέπει εκτενή ανάλυση των δεδομένων (π.χ., πίνακες λειτουργίας για τους ειδικευόμενους χειρουργούς).

3.5.3.8. Πληροφοριακό Σύστημα Ακτινολογίας

Στα ακτινολογικά τμήματα, εξετάζονται εσωτερικοί και εξωτερικοί ασθενείς. Όταν απαιτούνται ακτινολογικές εξετάσεις, γίνεται κράτηση του θαλάμου ή της εξωτερικής μονάδας και προγραμματίζεται ένα ραντεβού. Η ίδια η εξέταση μπορεί στη συνέχεια να γίνει χρησιμοποιώντας μια αναλογική τεχνολογία (π.χ. X-ray και ταινίες) ή την ψηφιακή τεχνολογία (π.χ. υπολογιστική τομογραφία, μαγνητική τομογραφία, υπερηχογράφημα, ψηφιακή ακτινογραφία). Τα εργαλεία που εξάγουν εικόνες ονομάζονται συσκευές απεικόνισης. Με βάση τις εικόνες που δημιουργούνται, ο ειδικός στην ακτινολογία δημιουργεί μια έκθεση, η οποία στη συνέχεια αποστέλλεται και παρουσιάζεται (μερικές φορές μαζί με επιλεγμένες φωτογραφίες) στον ιατρό παραπομπής. Ως εκ τούτου, τα συστατικά των εφαρμογών για ακτινολογικές μονάδες περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά για τη διαχείριση των τμημάτων, συμπεριλαμβανομένης και της καταγραφής των αναφορών, την αποθήκευση εικόνας και την επικοινωνία. Αυτή η ενότητα θα επικεντρωθεί στη διαχείριση των τμημάτων.

Το ΠΣ Ραδιολογίας (ΠΣΡ) προσφέρει χαρακτηριστικά συγκρίσιμα με εκείνα των συστημάτων διαχείρισης εξωνοσοκομειακών ασθενών, δηλαδή, χαρακτηριστικά για την εγγραφή των ασθενών, τον προγραμματισμό των ραντεβού, την οργάνωση των εξετάσεων και του προσωπικού (διαχείριση ροής εργασιών), την παροχή των παραμέτρων των ασθενών και δεδομένων μετά την εξέταση, τη δημιουργία αναφορών ακτινολογίας, την τεκμηρίωση και την κωδικοποίηση των δραστηριοτήτων, καθώς και στατιστικά στοιχεία. Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό είναι η στενή σύνδεση με τις λεπτομέρειες: Το ΠΣΡ τυπικά παρέχει μια λίστα εργασιών

(δηλαδή, το όνομα του ασθενούς και εξετάσεις που ζητήθηκαν) για τις συσκευές απεικόνισης και λαμβάνει πίσω μια επιβεβαίωση για την ολοκλήρωση της ακτινολογικής εξέτασης από τις συσκευές απεικόνισης.

3.5.3.9. Σύστημα Επικοινωνίας και Αρχαιοθέτησης Εικόνας

Στην περίπτωση των αναλογικών εικόνων, τα αποκαλούμενα συστήματα διαχείρισης αρχείων υποστηρίζουν την αρχειοθέτησή τους (συχνά αποθηκεύονται σε ειδικό αρχείο εικόνας), την ανάκτηση και τον δανεισμό τους. Αντίθετα, οι ψηφιακές εικόνες είναι αποθηκευμένες στο Σύστημα Επικοινωνίας και Αρχαιοθέτησης Εικόνας (Picture Archiving and Communication System, PACS). Αυτό το συστατικό της εφαρμογής επιτρέπει την αποθήκευση, τη διαχείριση, τη χειραγώγηση και την παρουσίαση ενός μεγάλου αριθμού δεδομένων εικόνας και την ταχεία επικοινωνία τους από τα μέσα αποθήκευσης στις συνημμένες θέσεις εργασίας για τους ειδικούς της διάγνωσης ή για τα τμήματα παραγγελίας. Η γρήγορη επικοινωνία μπορεί να απαιτήσει μια στρατηγική προανάκληση για ανάκτηση δεδομένων εικόνας από πιο αργές συσκευές αποθήκευσης και να τα προσφέρει σε ταχύτερες συσκευές αναλόγως την κατάσταση που θα χρειαστούν.

Τα προϊόντα λογισμικού για τα συστήματα PACS περιλαμβάνουν επίσης μέσα για την επεξεργασία της εικόνας και συχνά παρέχονται από τους προμηθευτές, οι οποίοι επίσης προσφέρουν τα φυσικά συστήματα επεξεργασίας δεδομένων, όπως την αποθήκευση, τα δίκτυα και τις συσκευές απεικόνισης. Προφανώς τα RIS και PACS θα πρέπει να συνδέονται στενά. Θα πρέπει επίσης να έχουν μια στενή σχέση με το σύστημα διαχείρισης ασθενών, το ιατρικό σύστημα τεκμηρίωσης, POE και τα PDMS, προκειμένου να επιτρέψουν τη γρήγορη πρόσβαση στις αναφορές και τις εικόνες απεικόνισης από κάθε μονάδα.

3.5.3.10. Πληροφοριακό Σύστημα Εργαστηρίων

Κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των εργαστηριακών εξετάσεων, χρησιμοποιούνται τα δείγματα των ασθενών (π.χ. δείγμα αίματος, δείγμα ιστού). Ως εκ τούτου, τα ραντεβού δεν είναι απαραίτητα. Ανάλογα με τον τύπο του εργαστηρίου, χρησιμοποιούνται διαφορετικές τεχνολογίες εξετάσεων (π.χ. χημική ανάλυση των δειγμάτων αίματος, μικροσκοπική ανάλυση και δείγματα ιστών). Η χημική ανάλυση γίνεται συνήθως με αυτοματοποιημένο εξοπλισμό. Ανάλογα με την παραπομπή, το δείγμα συνήθως διανέμεται αυτομάτως σε διάφορες αναλυτικές συσκευές, οι οποίες ελέγχονται τακτικά για την ακρίβειά τους, προκειμένου να συμμορφωθούν με τις απαιτήσεις διαχείρισης της ποιότητας. Επιπλέον, ο ιατρός του εργαστηρίου ελέγχει όλα τα αποτελέσματα του δείγματος για πιστοποίηση της αλήθειας (τη λεγόμενη επικύρωση).

Το Πληροφοριακό Σύστημα Εργαστηρίων (ΠΣΕ) υποστηρίζει τη διαχείριση της όλης διαδικασίας της ανάλυσης: την παραλαβή της παραπομπής και το δείγμα, την κατανομή του δείγματος και την παραπομπή σε διαφορετικές αναλυτικές συσκευές, τη συλλογή των αποτελεσμάτων, την τεχνική και την κλινική επικύρωση των αποτελεσμάτων, την ανακοίνωση των αποτελεσμάτων πίσω στο τμήμα που έκανε την παραπομπή αλλά και τις διαδικασίες διαχείρισης της ποιότητας. Η επικύρωση των εργαστηριακών αποτελεσμάτων είναι πιο αποτελεσματική, όταν τα κλινικά δεδομένα που σχετίζονται με τον ασθενή (π.χ. πρόσφατες διαγνώσεις, φαρμακευτική αγωγή) είναι προσβάσιμα στο ιατρό του εργαστηρίου. Το ΠΣΕ, ως εκ τούτου, θα πρέπει να συνδέεται στενά με το ιατρικό σύστημα τεκμηρίωσης, το σύστημα διαχείρισης των εξωτερικών ιατρείων, το POE και το PDMS.

3.5.3.11. Ολοκληρωμένο Σύστημα Διαχείρισης Πόρων

Το Ολοκληρωμένο Σύστημα Διαχείρισης Πόρων (ERP σύστημα) επιτρέπει σε ένα νοσοκομείο τη διαχείριση των οικονομικών, ανθρώπινων και υλικών πόρων του. Με αυτό τον τρόπο υποστηρίζει τις λειτουργίες του νοσοκομείου, όπως τον έλεγχο, τον χρηματοπιστωτικό λογαριασμό του, τη διαχείριση των εγκαταστάσεων, τη διαχείριση του ανθρώπινου δυναμικού, τη διαχείριση ποιότητας, τις προμήθειες και τη διαχείριση των διαθέσιμων υλικών. Είναι απαραίτητη μια άμεση σύνδεση ειδικά με το σύστημα διαχείρισης ασθενούς, αλλά και με τα άλλα συστατικά της εφαρμογής που αναφέρθηκαν προηγουμένως, προκειμένου να επιτευχθούν, για παράδειγμα, τα στοιχεία τιμολόγησης και οι νομικά απαιτούμενες διαγνώσεις. Τα περισσότερα από τα προϊόντα λογισμικού που χρησιμοποιούνται για τα ERP συστήματα στα νοσοκομεία δεν είναι ειδικά για νοσοκομεία, αλλά χρησιμοποιούνται επίσης και σε άλλες βιομηχανίες εκτός της υγειονομικής περιθάλψης, όπου πρέπει να

υποστηριχθούν παρόμοιες διοικητικές λειτουργίες. Ένας σημαντικός στόχος του ERP συστήματος είναι η τεκμηρίωση και χρέωση όλων των υπόλογων υπηρεσιών. Τα είδη των δεδομένων που απαιτούνται και οι λεπτομέρειες της χρέωσης εξαρτώνται από το σύστημα υγείας της χώρας.

3.5.3.12. Σύστημα Αποθήκευσης Δεδομένων

Ένα σύστημα αποθήκευσης δεδομένων περιέχει δεδομένα που έχουν εξαχθεί από άλλα συστατικά της εφαρμογής. Τα δεδομένα έχουν μεταφερθεί και συγκεντρωθεί σε μια κατάλληλη μορφή και στη συνέχεια εισάγονται ενεργά στην αποθήκη δεδομένων. Υπάρχουν δύο μείζονα πεδία εφαρμογής για τα συστήματα αποθήκευσης δεδομένων στα νοσοκομεία. Μπορούν είτε να χρησιμοποιηθούν για τη διαχείριση του νοσοκομείου είτε για έρευνα. Για τη λήψη αποφάσεων η διαχείριση ενός νοσοκομείου χρειάζεται ενημερωμένες πληροφορίες σχετικά με τη λειτουργικότητα του νοσοκομείου στο σύνολό της (πχ. ποιο τμήμα του νοσοκομείου προκαλεί το υψηλότερο κόστος των υλικών, σε ποιο τμήμα οι ασθενείς μένουν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα κατά μέσο όρο κτλ).

Ένα σύστημα αποθήκευσης δεδομένων μπορεί να βοηθήσει να απαντηθούν τέτοια ερωτήματα με την συγκέντρωση σχετικών δεδομένων από άλλα συστήματα, όπως το ERP και το CPOE σύστημα και με την παροχή μέσων για την ανάλυση αυτών των δεδομένων με χρήση τεχνικών εξόρυξης δεδομένων. Ένα σύστημα αποθήκευσης δεδομένων για την υποστήριξη της διαχείρισης του νοσοκομείου συχνά αποκαλείται *σύστημα επιχειρησιακών πληροφοριών*.

Σε αντίθεση με άλλες επιχειρήσεις, τα συστήματα αποθήκευσης δεδομένων στα νοσοκομεία δεν είναι σημαντικά μόνο για τη διοίκηση, για θέματα σχετικού κόστους αλλά και για ιατρικά θέματα σε κλινικές δοκιμές. Αν τα δεδομένα από το ιατρικό σύστημα τεκμηρίωσης έχουν φορτωθεί σε ένα σύστημα αποθήκευσης δεδομένων, η πρόσληψη των ασθενών για τις κλινικές δοκιμές καθώς και η στατιστική αξιολόγηση των δεδομένων του ασθενούς μπορεί να υποστηριχθεί αποτελεσματικά. Υπάρχει ένα πρότυπο ISO (ISO TR 22221) με θέμα «Καλές αρχές και πρακτικές για την κλινική αποθήκευση δεδομένων (CDW)», το οποίο παρέχει καθοδήγηση για τις εφαρμογές αποθήκευσης δεδομένων σε ένα ΠΣΥ.

3.5.3.13. Σύστημα Αρχαιοθέτησης Εγγράφων

Καθώς είναι διαθέσιμα συνεχώς αυξανόμενα δεδομένα για τον ασθενή σε ψηφιακή μορφή, πρέπει να επιλυθεί το ζήτημα της μακροπρόθεσμης αρχαιοθέτησης. Ανάλογα με τον τύπο των δεδομένων και των εθνικών νομοθεσιών, τα δεδομένα που σχετίζονται με τον ασθενή πρέπει να αποθηκευτούν για πολλά χρόνια. Για μακροχρόνια αρχαιοθέτηση, πρέπει να είναι εγγυημένη η εμπιστευτικότητα, η διαθεσιμότητα και η ακεραιότητα των δεδομένων σύμφωνα με το μοντέλο OAIS² (Open Archival Information System 3, ISO 14721). Διαθεσιμότητα σημαίνει ότι τα δεδομένα πρέπει να είναι ανακτήσιμα και αναγνώσιμα ανά πάσα στιγμή κατά τη διάρκεια της περιόδου αρχαιοθέτησης. Για να διασφαλιστεί η ακεραιότητα, τα δεδομένα πρέπει να είναι πλήρη και να μην αλλάζουν.

Στην υγειονομική περίθαλψη, η αυθεντικότητα και ο χρόνος της δημιουργίας ενός εγγράφου είναι σημαντικές πτυχές ακεραιότητας. Για παράδειγμα, η μη εξουσιοδοτημένη αλλαγή της ημερομηνίας δημιουργίας έχει ως αποτελέσματα την απώλεια της ακεραιότητας των δεδομένων που αρχαιοθετούνται. Οι συνθήκες εμπιστευτικότητας, διαθεσιμότητας και ακεραιότητας μπορεί δύσκολα να καλυφθούν από τα επιμέρους συστατικά των κλινικών εφαρμογών που μπορεί να μην είναι διαθέσιμα μακροχρόνια.

Συνήθως, τα συστήματα αρχαιοθέτησης εγγράφων μπορεί να αρχαιοθετήσουν, όχι μόνο έγγραφα αλλά και εικόνες, βίντεο και άλλα δεδομένα πολυμέσων. Όλα αυτά τα έγγραφα μπορούν να αποθηκευτούν με τη χρήση καθιερωμένων προτύπων μη αποκλειστικής χρήσης του κλάδου, όπως:

- ASCII (Αμερικάνικος Πρότυπος Κώδικας για Ανταλλαγή Πληροφοριών),

² <http://www.oclc.org/research/publications/library/2000/lavoie-oais.html>

- PDF/A, το οποίο αποτελεί το πρότυπο ISO για πολύχρονη αρχειοθέτηση των εγγράφων, βασισμένο στο Portable Document Format (PDF),
- XML (eXtensible Markup Language)
- TIFF (Tagged Image File Format)
- JPEG και MPEG, τα οποία είναι τα ακρωνύμια για τα ονόματα των επιτροπών που δημιούργησε αυτά τα πρότυπα (Joint Photographic Experts Group και Moving Pictures Expert Group)
- DICOM

Επιπλέον, υπάρχει η μορφή εγγράφου CDA (Clinical Document Architecture), η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δόμηση κλινικών εγγράφων. Επί του παρόντος, η CDA χρησιμοποιείται κυρίως για τις ηλεκτρονικές επιστολές και εκθέσεις. Ωστόσο, έχει τη δυνατότητα να γίνει ένα σημαντικό πρότυπο για την αρχειοθέτηση εγγράφων, διότι CDA έγγραφα περιλαμβάνουν μεταδεδομένα που διευκολύνουν την περαιτέρω χρήση των εγγράφων, για παράδειγμα, για τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων. Τα αρχεία δεδομένων XML (όπως το CDA) θα πρέπει να περιλαμβάνουν τον αντίστοιχο ορισμό τύπου εγγράφου (DTD) σε μορφή XSD (ορισμός σχήματος XML) και τις προδιαγραφές διάταξης ενός XML εγγράφου με τη μορφή XSL (Extensible Stylesheet Language) αρχείων.

Τα ασθενο-σχετιζόμενα ιατρικά δεδομένα και έγγραφα που είναι αποθηκευμένα στο σύστημα αρχειοθέτησης εγγράφων πρέπει να τίθενται στη διάθεση του ιατρικού συστήματος τεκμηρίωσης προκειμένου να επιτρέπουν στους χρήστες του να έχουν άμεση πρόσβαση σε πληροφορίες από προηγούμενες επαφές του ασθενούς.

3.5.3.14. Άλλα Στοιχεία Εφαρμογών βασισμένα σε υπολογιστές

Πέραν των βασισμένων σε υπολογιστές στοιχείων εφαρμογών, μπορούμε να βρούμε πολλά άλλα στοιχεία, συχνά εφαρμογές των τμημάτων ενός νοσοκομείου. Για παράδειγμα, ανάλογα με το μέγεθος του νοσοκομείου, ένα νοσοκομείο μπορεί να έχει το δικό του φαρμακευτικό τμήμα, το οποίο χρειάζεται ένα ΠΣ φαρμακείου για την παροχή σε θαλάμους ασθενών και τελικά στους ασθενείς των σωστών φαρμάκων στη σωστή δόση. Ανάλογα με τις εξειδικεύσεις του νοσοκομείου μπορεί να υπάρξει, για παράδειγμα, ένα καρδιαγγειακό ΠΣ (CVIS) ή ένα ΠΣ Αιμοκάθαρσης, τα οποία είναι εξειδικευμένα ιατρικά συστήματα τεκμηρίωσης. Επιπλέον, υπάρχουν κάποιες εφαρμογές που δεν είναι κατ' ανάγκη σχετικές με τμήμα ή σχετιζόμενες με τα φάρμακα, αλλά υποστηρίζουν την ομαλή ροή εργασίας σε διάφορα τμήματα του νοσοκομείου.

Ένα παράδειγμα είναι ένα ψηφιακό σύστημα υπαγόρευσης που βοηθά τους γιατρούς στην συγγραφή εκθέσεων για διαγνωστικά ευρήματα. Ο Πίνακας 3.2 παραθέτει μερικά από αυτά τα εξειδικευμένα συστατικά εφαρμογών, αλλά δεν είναι εξαντλητικός.

Συστατικό εφαρμογής	Περιγραφή
Σύστημα διαχείρισης τράπεζας αίματος	Υποστηρίζει υπηρεσίες των δοτών αίματος, ανάλυση αίματος, χορήγηση φιαλών αίματος
Καρδιαγγειακό σύστημα πληροφοριών (CVIS)	Παρέχει πολλά χαρακτηριστικά ενός ΚΠΣ και ενός ΠΣ ραδιολογίας (RIS) με παράλληλη προσαρμογή στις ειδικές ανάγκες ενός τμήματος καρδιολογίας
Σύστημα Υποστήριξης Απόφασης	Ένα σύστημα που βασίζεται στη γνώση η οποία βοηθά τον γιατρό στον καθορισμό σωστής διάγνωσης ή θεραπείας για έναν συγκεκριμένο ασθενή
Πληροφοριακό σύστημα Αιμοκάθαρσης	Παρέχει πολλά χαρακτηριστικά του ΚΠΣ και παράλληλη προσαρμογή στις ιδιαίτερες ανάγκες ενός τμήματος αιμοκάθαρσης, με διασυνδέσεις με μηχανήματα αιμοκάθαρσης

Ψηφιακό σύστημα υπαγόρευσης	Προσφέρει δυνατότητες για ψηφιακή καταγραφή φωνής και αναγνώριση ομιλίας, συχνά ενσωματωμένο σε ιατρικά ΠΣ. Υποστηρίζει την αναφορά, εύρεση και τη σύνταξη της επιστολής
Πληροφοριακό σύστημα Ογκολογίας	Παρέχει πολλά χαρακτηριστικά του ΚΠΣ και παράλληλη προσαρμογή στις ιδιαίτερες ανάγκες ενός τμήματος ογκολογίας
Πληροφοριακό σύστημα Ορθοπαιδικής	Παρέχει πολλά χαρακτηριστικά του ΚΠΣ και παράλληλη προσαρμογή στις ιδιαίτερες ανάγκες ενός τμήματος, μπορεί να περιλαμβάνει ένα Computer-Aided Design (CAD) σύστημα για τον προγραμματισμό μεταμόσχευσης
Πληροφοριακό σύστημα Παθολογίας	Έχει παρόμοια χαρακτηριστικά με ένα Πληροφοριακό Σύστημα Εργαστηρίων (LIS), π.χ. λήψη παραπομπών, σύνταξη εκθέσεων
Πληροφοριακό σύστημα Φαρμακείου	Υποστηρίζει τη ροή εργασιών στο τμήμα φαρμακείου: παραλαβή παραγγελιών φαρμάκων, διαχείριση αποθεμάτων φαρμάκου, διανομή φαρμάκων σε όλο το νοσοκομείο
Σύστημα τηλεακτινολογίας	Επιτρέπει αξιολογήσεις των ακτινολογικών εικόνων από απομακρυσμένες θέσεις εργασίας (εξωτερικά) ακτινολόγων και μπορεί να συνδέεται στενά με τα RIS και PACS

Πίνακας 3.2 Περαιτέρω εξειδικευμένα συστατικά εφαρμογής σε συστήματα νοσοκομειακών πληροφοριών (HIS)

Μέχρι τώρα έχουν αναλυθεί “κλασικά” στοιχεία της εφαρμογής, δηλαδή, εγκαταστάσεις λογισμικού σε ένα ΠΣΥ κατά κύριο λόγο για την υποστήριξη των λειτουργιών του νοσοκομείου. Αλλά υπάρχουν αυξανόμενες εγκαταστάσεις λογισμικού σε νοσοκομεία οι οποίες κατά κύριο λόγο ελέγχουν τις ιατρικές συσκευές. Ως εκ τούτου, τα ιατρικά προϊόντα μπορούν όλο και περισσότερο να θεωρηθούν στοιχεία της εφαρμογής και σε πολλές περιπτώσεις να είναι εξειδικευμένα ιατρικά συστήματα τεκμηρίωσης.

Κατά συνέπεια, όχι μόνο παρέχουν πληροφορίες (π.χ. ευρήματα και εικόνες) μέσω των αντίστοιχων διεπαφών, αλλά χρειάζονται πληροφορίες από άλλα στοιχεία της εφαρμογής (π.χ. ασθενή, περίπτωση, παραπομπή). Αυτή η στενή διασύνδεση συχνά αναφέρεται με τον όρο “σύγκλιση των τεχνολογιών”.

3.5.3.15. Κλινικό Πληροφοριακό Σύστημα και Ηλεκτρονικό Σύστημα καταγραφής Ασθενών ως περιεκτικά στοιχεία της εφαρμογής

Κάθε ΠΣΥ περιέχει ένα ιατρικό σύστημα τεκμηρίωσης, ένα σύστημα διαχείρισης των εξωτερικών ασθενών, ένα σύστημα διαχείρισης της νοσηλευτικής, ένα σύστημα τεκμηρίωσης ή ένα σύστημα CPOE ως ξεχωριστά και αναγνωρίσιμα στοιχεία της εφαρμογής. Αντ’ αυτού, αυτά τα συστατικά είναι συχνά στενά ενσωματωμένες μονάδες του λεγόμενου Κλινικού ΠΣ (ΚΠΣ). Ένα ΚΠΣ υποστηρίζει τις λειτουργίες του νοσοκομείου, όπως έχουν περιγραφεί στις προηγούμενες ενότητες.

Τα ΚΠΣ επίσης συχνά αποκαλούνται Συστήματα Ηλεκτρονικών Μητρώων Ασθενών (Electronic patient record system, EPR συστήματα) (Maddock, 2002). Όπως γνωρίζουμε, ο ΗΦΑ, δηλαδή, το ηλεκτρονικό μητρώο υγείας (ΗΜΥ) σε ένα νοσοκομείο, είναι μια πλήρης ή μερική καταγραφή των ασθενών αποθηκευμένη σε ηλεκτρονικό μέσο αποθήκευσης. Λαμβάνοντας υπόψη τον ορισμό αυτό, κάθε βασιζόμενο σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές στοιχείο της εφαρμογής που υποστηρίζει την εκτέλεση των διαγνωστικών και θεραπευτικών διαδικασιών ή άλλων υπολειτουργιών της φροντίδας του ασθενούς (π.χ. σύστημα ιατρικής τεκμηρίωσης, σύστημα διαχείρισης των εξωτερικών ασθενών, διαχείριση νοσηλευτών και τεκμηρίωση του συστήματος, PDMS) περιέχει τουλάχιστον μια μερική EPR. Σε ένα ΠΣΝ, αυτά τα EPR συχνά ενσωματώνονται και τίθενται στη διάθεση των υπευθύνων υγειονομικής περίθαλψης σε όλους τους χώρους του νοσοκομείου για παροχή εναρμονισμένης άποψης για τα δεδομένα ενός ασθενούς. Λόγω αυτής της εναρμονισμένης άποψης ο όρος *EPR σύστημα* ως ένα συγκεκριμένο συστατικό εφαρμογής έχει γίνει αρκετά κοινός.

3.5.3.16. Τυπικά στοιχεία της εφαρμογής μη-βασισόμενα σε υπολογιστές

Τα μη-βασισόμενα σε υπολογιστές στοιχεία της εφαρμογής περιέχουν κανόνες και σχέδια σχετικά με το πώς και σε ποιο πλαίσιο φυσικά εργαλεία που δε βασίζονται σε υπολογιστή θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν με σκοπό την υποστήριξη συγκεκριμένων επιχειρησιακών λειτουργιών. Η κάλυψη των νοσοκομειακών λειτουργιών από βασισόμενα σε υπολογιστές στοιχεία της εφαρμογής αυξάνεται αλλά τα περισσότερα νοσοκομεία εξακολουθούν να έχουν μη-βασισόμενα σε υπολογιστές στοιχεία της εφαρμογής και να χρησιμοποιούν το χαρτί ως ένα φυσικό εργαλείο. Για παράδειγμα, σε ένα τυπικό μεσαίου μεγέθους νοσοκομείο, περιπτώσεις κλινικών τεκμηριώσεων κατά την εκτέλεση των καθηκόντων του νοσοκομείου εξακολουθούν να γίνονται με βάση τα έγγραφα - αρχεία ασθενών. Έτσι, παρά την αυξανόμενη μερίδα των ηλεκτρονικών εγγράφων, το 'νοσοκομείο με χαρτί' φαίνεται ότι εξακολουθεί να είναι το σύνηθες σήμερα. Πιθανόν να υπάρχει μια συνεχής ανάγκη για ορισμένα έγγραφα με βάση το χαρτί. Τυπικά στοιχεία της εφαρμογής βασίζονται ακόμα στο χαρτί σε ένα μεγαλύτερο ποσοστό νοσοκομείων, για παράδειγμα, το διάγραμμα του ασθενούς, το ιστορικό του ασθενούς και τα κλινικά εγχειρίδια και οι πηγές γνώσης.

Το σύστημα διαγράμματος του ασθενούς υποστηρίζει την τεκμηρίωση και την παρουσίαση της θερμοκρασίας του σώματος, την αρτηριακή πίεση, τον σφυγμό και άλλα ζωτικά σημεία. Τυπικά περιέχει επίσης τις παραπομπές του γιατρού σε άλλους επαγγελματίες υγείας, όπως παραπομπές φαρμάκων, παραπομπές των εξετάσεων ή παραπομπές για ειδικές διατροφικές συνήθειες. Επιπλέον, μπορεί να περιγράψει εκτελούμενες διαδικασίες (π.χ. τι φάρμακο χορηγείται, εάν ολοκληρώθηκε η εξέταση) καθώς και ευρήματα (π.χ. σχετικές τιμές εργαστηρίων) και πολλές άλλες κλινικές πληροφορίες. Μπορούμε να υποδηλώσουμε το στοιχείο της εφαρμογής που βασίζεται στο διάγραμμα του ασθενούς, ως σύστημα διαγράμματος του ασθενούς, αποτελούμενο από το διάγραμμα του ασθενούς και των οργανωτικών κανόνων οι οποίοι ορίζουν ποιοι μπορούν να χρησιμοποιούν ποιο μέρος του γραφήματος και σε ποια κατάσταση.

Συμπερασματικά, εφόσον δεν παράγονται όλα τα έγγραφα ηλεκτρονικά από υπολογιστές, το σύστημα καταγραφής των ασθενών με βάση το χαρτί θα παραμείνει μια σημαντική συλλογή για έντυπες πληροφορίες του ασθενούς (συμπληρωματικό του EPR).

3.5.4. Λογικό Επίπεδο: Συνένωση όλων των συστατικών της εφαρμογής

Όπως έχει παρατηρηθεί, ένα ΠΣΥ περιλαμβάνει διάφορα στοιχεία της εφαρμογής που πρέπει να ενσωματωθούν προκειμένου να επιτευχθεί υψηλής ποιότητας επεξεργασία πληροφοριών. Η συνένωση σε γενικές γραμμές περιγράφει μια ένωση των τμημάτων κάνοντας ένα ενιαίο σύνολο, το οποίο - σε αντίθεση με τα μέρη της - εμφανίζει μια νέα ποιότητα. Για παράδειγμα, ένα ολοκληρωμένο ΠΣΥ βασισμένο σε υπολογιστές προσφέρει καλύτερη υποστήριξη για τις λειτουργίες των επιχειρήσεων και των επιχειρηματικών διαδικασιών από μεμονωμένα στοιχεία, όπου οι χρήστες, για παράδειγμα, μπορεί να χρειαστεί να μεταφέρουν δεδομένα από το ένα συστατικό στο άλλο. Εκτός όμως από αυτή την έννοια ως ιδιότητα ενός συστήματος, η "συνένωση" σημαίνει επιπρόσθετες δράσεις που πρέπει να γίνουν προκειμένου να επιτευχθεί αυτή η ιδιότητα και έτσι να έχει μια συμπεριφορά αντίστοιχη.

Για να επιτευχθεί ένα υψηλό επίπεδο ολοκλήρωσης εντός του ΠΣΥ, τα συστατικά πρέπει να είναι σε θέση να εργαστούν από κοινού, πράγμα που σημαίνει ότι πρέπει να είναι διαλειτουργικά. Η διαλειτουργικότητα σε γενικές γραμμές είναι η ικανότητα δύο ή περισσότερων συστατικών να ανταλλάσσουν πληροφορίες και να χρησιμοποιούν τις εναλλασσόμενες πληροφορίες. Ένα συστατικό που ονομάζεται διαλειτουργικό μπορεί, για παράδειγμα, να υποστηρίζει ορισμένα πρότυπα για την ανταλλαγή πληροφοριών ή ορισμένες τεχνολογίες συνένωσης. Σε αυτή την ενότητα, αναλύεται η ένταξη ιδιαίτερα όσον αφορά στα ΠΣΥ.

Τα ΠΣΥ σε διάφορα νοσοκομεία συνήθως φαίνονται διαφορετικά. Αλλά υπάρχουν και κάποια κριτήρια που βοηθούν στην κατηγοριοποίηση των αντίστοιχων αρχιτεκτονικών. Ανεξάρτητα όμως από το είδος αρχιτεκτονικής που έχει επιλεγεί για ένα ΠΣΥ, πρέπει να διασφαλιστεί η ακεραιότητα και η ορθότητα των στοιχείων. Ολοκληρωμένο ΠΣΥ σημαίνει ότι έχουν εξασφαλιστεί όλα τα απαραίτητα μέτρα για την εξασφάλιση της ακεραιότητας των δεδομένων μέσω της συνένωσης. Αλλά αποδεικνύεται ότι η "συνένωση" είναι μια δύσκολη έννοια με πολλές παραμέτρους. Γι' αυτό, στη συνέχεια, θα περιγραφούν οι τύποι ολοκλήρωσης, η οποία πρέπει να υπάρχει σε κάθε αρχιτεκτονική. Θα παρουσιάσουμε πρότυπα και τυπικές

τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στα ΠΣΥ προς διευκόλυνση της ομαλής ολοκλήρωσης. Όμως, παρά την ύπαρξη προτύπων και τεχνολογιών που είναι διαθέσιμα για την υποστήριξη της ολοκλήρωσης των ΠΣΥ, εξακολουθεί να απαιτείται πολλή προσπάθεια. Ακόμα και σήμερα, πολλά νοσοκομεία συνεχίζουν να ενσωματώνουν αρχιτεκτονικές πολύ λίγων συστατικών.

3.5.4.1. Ταξινόμηση των Αρχιτεκτονικών στο λογικό επίπεδο

Όπως έχει ήδη περιγραφεί σε προηγούμενη ενότητα, η αρχιτεκτονική ενός ΠΣ περιγράφει τα βασικά της οργάνωσής του, που αντιπροσωπεύεται από τα συστατικά της, τις σχέσεις μεταξύ τους και με το περιβάλλον, καθώς και τις αρχές που διέπουν το σχεδιασμό και την εξέλιξή της. Τα συστατικά ενός ΠΣΥ περιλαμβάνουν τις λειτουργίες του νοσοκομείου, τις επιχειρηματικές διαδικασίες και τα εργαλεία επεξεργασίας πληροφοριών. Όσον αφορά τις λειτουργίες του νοσοκομείου, δεν υπάρχει σχεδόν καμία διαφορά μεταξύ ενός μεμονωμένου ΠΣΥ, καθώς οι στόχοι και συνεπώς οι λειτουργίες των νοσοκομείων είναι σε γενικές γραμμές οι ίδιες. Όλες οι λειτουργίες του νοσοκομείου θα πρέπει συνεπώς να υποστηρίζονται από οποιαδήποτε ΠΣΥ. Θυμηθείτε, από τη σκοπιά του προγράμματος αυτές οι λειτουργίες του νοσοκομείου μπορεί να υποστηρίζονται από πληροφοριακά εργαλεία επεξεργασίας πληροφοριών είτε βασιζόμενα είτε μη-βασιζόμενα σε υπολογιστές.

Ωστόσο, υπάρχουν σημαντικές διαφορές στις αρχιτεκτονικές των ΠΣΥ σε σχέση με τα είδη και τις σχέσεις των εργαλείων επεξεργασίας της πληροφορίας που χρησιμοποιούνται και τον τρόπο με τον οποίο ενσωματώνονται. Μια πολυδιάστατη ταξινόμηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να χαρακτηρίσει διαφορετικές μορφές αρχιτεκτονικών. Γενικά, οι αρχιτεκτονικές μορφές στο λογικό επίπεδο των βασιζόμενων σε υπολογιστές συστατικών του ΠΣΥ χαρακτηρίζονται από:

- Τον αριθμό των βάσεων δεδομένων που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση των (ειδικά σχετιζόμενων με τον ασθενή) δεδομένων.
- Τον αριθμό των συνιστωσών της εφαρμογής που χρησιμοποιούνται για την υποστήριξη των νοσοκομειακών λειτουργιών.
- Τον αριθμό των διαφορετικών προϊόντων λογισμικού και αρμοδίων προμηθευτών που χρησιμοποιούνται για την εγκατάσταση των συστατικών της εφαρμογής.
- Τα πρότυπα των τρόπων επικοινωνίας μεταξύ των συστατικών της εφαρμογής.
- Τους τύπους της ενσωμάτωσης η οποία θα μπορούσε να επιτευχθεί.

Αυτές οι παράμετροι θα πρέπει να εισαχθούν ως σημειολογικές διαστάσεις που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την κατηγοριοποίηση των αρχιτεκτονικών των ΠΣΥ. Γίνεται αναφορά ενδεικτικά μόνο στην πρώτη συνιστώσα, του αριθμού των βάσεων δεδομένων, χαρακτηρίζοντας την αντίστοιχη αρχιτεκτονική είτε *κεντρική* είτε *κατανεμημένη*. Τα συστατικά της εφαρμογής του ΠΣΥ αποθηκεύουν συγκεκριμένα είδη οντοτήτων περιοδικά. Συνήθως χρησιμοποιείται μια βάση δεδομένων για το σκοπό αυτό. Θα χρησιμοποιηθεί ο αριθμός των βάσεων αποθήκευσης δεδομένων σε ένα ΠΣΥ ως κριτήριο διάκρισης και θεωρούνται ως πιθανές μορφές διανομής δεδομένων στο λογικό επίπεδο ενός ΠΣΥ το DB¹ και το DBⁿ στυλ.

Εάν ένα ΠΣΥ (ή το υποσύστημα πληροφοριών αυτού) περιλαμβάνει μόνο μια βάση δεδομένων για την αποθήκευση όλων των δεδομένων που σχετίζονται με τον ασθενή, αυτή η διάταξη καλείται DB¹. Αυτή η ενιαία βάση δεδομένων συχνά αποκαλείται κεντρική βάση δεδομένων. Προϋπόθεση για τη διάταξη DB¹ είναι όλοι οι υπολογιστές στους οποίους βασίζονται τα στοιχεία της εφαρμογής να αποθηκεύουν τα δεδομένα τους μόνο στην κεντρική βάση δεδομένων. Αυτό είναι δυνατό μόνο, όταν το σχήμα της βάσης δεδομένων της κεντρικής βάσης δεδομένων είναι γνωστό, μαζί με τις μεθόδους που είναι διαθέσιμες για την πρόσβαση και την αποθήκευση δεδομένων εκεί, και συμβαίνει μόνο στην περίπτωση που τα προϊόντα λογισμικού των στοιχείων της εφαρμογής προέρχονται από τον ίδιο προμηθευτή, ο οποίος σχεδίασε τη βάση δεδομένων ή αν όλα έχουν αυτο-αναπτυχθεί από ένα ίδρυμα υγειονομικής περίθαλψης ή αν έχουν αναπτυχθεί ειδικά για το συγκεκριμένο ίδρυμα υγειονομικής περίθαλψης.

Σε ΠΣΥ που είναι βασισμένο σε εμπορικά στοιχεία λογισμικού πολλών διαφορετικών πωλητών, βρίσκουμε συνήθως τη διάταξη DBⁿ. Αυτό σημαίνει ότι πολλά συστατικά εφαρμογών αποθηκεύουν περιοδικά δεδομένα

σχετικά με ορισμένους τύπους οντότητας, ενσωματώνοντας τις δικές τους βάσεις δεδομένων. Ως συνέπεια αυτής της διάταξης, τα δεδομένα του ασθενούς αποθηκεύονται με πλεονασμό σε διαφορετικά συστατικά της εφαρμογής. Για παράδειγμα, δεδομένα σχετικά με τύπους οντοτήτων ασθενούς και ανά περίπτωση μπορούν να αποθηκευτούν σε διάφορα στοιχεία της εφαρμογής, όπως το σύστημα διαχείρισης ασθενούς, το LIS και RIS. Ως εκ τούτου, σε αυτή την αρχιτεκτονική μεγάλη έμφαση θα πρέπει να δοθεί στη συνοχή των πλεοναζόντων δεδομένων.

Στην πράξη, δύσκολα θα βρεθεί ΠΣΥ με καθαρή διάταξη DB¹. Ακόμα και αν έχει εγκατασταθεί ένα κεντρικό στοιχείο της εφαρμογής με την κεντρική βάση δεδομένων, προκειμένου να υποστηρίξει τις λειτουργίες του νοσοκομείου, είναι σχεδόν αδύνατο να σταματήσει η δημιουργία περαιτέρω στοιχείων της εφαρμογής με ενσωματωμένες βάσεις δεδομένων. Ως εκ τούτου, ακόμη και αν ένα θεωρητικό κομμάτι αυτών ΠΣΥ είναι διάταξης DB¹, στην πραγματικότητα θα είναι διάταξης DBⁿ. Από την άλλη πλευρά, ακόμη και μια DBⁿ διάταξη ΠΣΥ περιέχει συστήματα υποπληροφοριών που είναι διάταξης DB¹. Αυτή η μικτή διάταξη αναφέρεται ως «DB¹/DBⁿ».

3.5.4.2. Πρότυπα

Ανεξάρτητα από την τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την ενσωμάτωση, τα συστατικά της εφαρμογής πρέπει να επικοινωνήσουν, εάν πρέπει να ενσωματωθούν. Μια ομοιομορφία πρέπει να υπάρχει στη σύνταξη και τη σημασιολογία των δεδομένων και των μηνυμάτων που πρόκειται να ανταλλάγουν. Οι δαπάνες για την υλοποίηση και τη λειτουργία των συνδέσμων επικοινωνίας μπορούν να μειωθούν σημαντικά, όταν τα πρότυπα τεθούν σε εφαρμογή. Για τα ΠΣΥ υπάρχουν διαθέσιμα πρότυπα επικοινωνίας, έγγραφα και πρότυπα καταγραφής υγείας. Τα πιο σημαντικά πρότυπα για την ενδοεπικοινωνία στα ΠΣΥ είναι τα HL7, DICOM και CCOW. Υπάρχει εκτενής όμως περιγραφή όλων των προτύπων σε επόμενο κεφάλαιο.

3.5.5. Φυσικό Επίπεδο: Φυσικά Συστήματα Επεξεργασίας Δεδομένων

Τα στοιχεία της εφαρμογής είναι λογικά εργαλεία και δεν μπορούν να υπάρξουν χωρίς φυσικά εργαλεία ως βάση. Σε ένα ΠΣ μπορεί να οριστεί αυτή η βάση με τα φυσικά συστήματα επεξεργασίας δεδομένων στο φυσικό επίπεδο. Συστήματα φυσικής επεξεργασίας δεδομένων μπορεί να είναι ανθρώπινοι παράγοντες, μη βασιζόμενα σε υπολογιστές φυσικά εργαλεία ή συστήματα υπολογιστών. Αυτά μπορεί να είναι τα παρακάτω:

Διακομιστές και Δίκτυα Επικοινωνίας: Οι διακομιστές χρησιμοποιούνται για να παράσχουν εξελιγμένα χαρακτηριστικά στους πελάτες. Οι διακομιστές μπορούν να τρέξουν τις βάσεις δεδομένων (διακομιστής της βάσης δεδομένων), μπορεί να τρέξουν το back-end τμήμα του λογισμικού εφαρμογών (διακομιστής εφαρμογών) ή να υποστηρίξουν εκτυπώσεις (διακομιστής εκτυπωτή). Οι τερματικοί διακομιστές τρέχουν το front-end τμήμα της εφαρμογής λογισμικού, η οποία παραδοσιακά έχει εφαρμοστεί και διευθύνεται από τους πελάτες.

Πελάτες: Οι πελάτες περιλαμβάνουν όλα τα εργαλεία επεξεργασίας των δεδομένων που είναι άμεσα διαθέσιμα για τις διάφορες ομάδες χρηστών μέσα σε ένα νοσοκομείο (σταθερός προσωπικός υπολογιστής, κινητός υπολογιστής, φορητές συσκευές, τερματικό κτλ).

Αποθήκευση: Σε ένα ΠΣΥ θα πρέπει να αποθηκεύονται τεράστιες ποσότητες δεδομένων, αλλά επίσης πολύ σημαντικά στοιχεία, τα οποία μπορεί να είναι ζωτικής σημασίας για την υγεία και τη ζωή των ασθενών. Αυτό χρειάζεται συσκευές αποθήκευσης υψηλής χωρητικότητας και υψηλής αξιοπιστίας. Τα μέσα αποθήκευσης που χρησιμοποιούνται κυμαίνονται από μαγνητικούς δίσκους για τυχαία πρόσβαση σε μαγνητικές ταινίες και οπτικά μέσα για backup και αρχειοθέτηση. Σήμερα συσκευές αποθήκευσης, ανεξάρτητα από τα μέσα που υπάρχουν δεν χρησιμοποιούνται αποκλειστικά από ορισμένους διακομιστές. Επιπλέον τα λεγόμενα δίκτυα περιοχής αποθήκευσης (SANS) παρέχουν υπηρεσίες αποθήκευσης των διαφόρων ειδών σε όλους τους διακομιστές που είναι ενσωματωμένοι σε αυτό το δίκτυο. Αυτή η τεχνολογία επιτρέπει την κλιμάκωση και υποβάθμιση αρκετά εύκολα των δυνατοτήτων αποθήκευσης ανάλογα με τις πραγματικές ανάγκες αποθήκευσης. Επιπλέον, τα SANS υποστηρίζουν τη διαθεσιμότητα. Είναι λογικό, λοιπόν, να εντοπίζονται τα μέλη των SAN σε διαφορετικά σημεία του κέντρου υπολογιστών.

3.5.5.1. Τυπικά Φυσικά Συστήματα Επεξεργασίας Δεδομένων μη βασιζόμενα σε υπολογιστές

Τα συστήματα επεξεργασίας δεδομένων που βασίζονται σε υπολογιστή, όπως περιγράφηκε παραπάνω, είναι συχνά το κέντρο του ενδιαφέροντος για τη διαχείριση των πληροφοριών. Ωστόσο, σε τυπικά ιδρύματα, είναι επίσης σε χρήση ένας μεγάλος αριθμός μη βασιζόμενων σε υπολογιστή συστήματα επεξεργασίας φυσικών δεδομένων. Ένας κλινικός χρήστης μπορεί, για παράδειγμα, να χρησιμοποιήσει στυλό και χαρτί, τηλέφωνα, κινητά τηλέφωνα, συσκευές τηλεειδοποίησης, γραφομηχανές, φαξ συσκευές, ακόμα και ανυψωτικά οχήματα (π.χ. για τη μεταφορά των φακέλων των ασθενών) ως τυπικά συστατικά μη-βασιζόμενα σε υπολογιστή. Εκτός αυτού, οι έγγραφοι φάκελοι μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως βάση για το έγγραφο μητρώο των ασθενών και το έγγραφο διάγραμμα του ασθενούς. Είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη τα εν λόγω συστήματα κατά την κατασκευή και διαχείριση ενός ΠΣΥ - μόνο ο συντονισμός όλων των εργαλείων θα υποστηρίξει επαρκώς τις κλινικές και διοικητικές διαδικασίες της επιχείρησης.

3.5.6. Φυσικό Επίπεδο: Ένταξη των Συστημάτων Φυσικής Επεξεργασίας Δεδομένων

Εάν τα συστατικά της εφαρμογής, τα οποία ανταλλάσσουν δεδομένα και αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους, εγκαθίσταται σε διαφορετικά συστήματα φυσικής επεξεργασίας δεδομένων στο φυσικό επίπεδο, τότε αυτά τα φυσικά συστήματα επεξεργασίας δεδομένων πρέπει να επικοινωνούν. Άρα, η ενσωμάτωση είναι απαραίτητη. Παρόμοια με το λογικό επίπεδο, κατηγοριοποιούνται οι αρχιτεκτονικές και γίνονται σχεδιασμός σχετικά με την ένταξή τους στο φυσικό επίπεδο.

3.5.6.1. Ταξινόμηση των Αρχιτεκτονικών στο Φυσικό Επίπεδο

Δεν υπάρχουν αξιοσημείωτες διαφορές μεταξύ του φυσικού επιπέδου ενός νοσοκομείου και του φυσικού επιπέδου για κάθε βιομηχανική επιχείρηση. Και στις δύο περιπτώσεις, υπάρχουν πελάτες, δηλαδή, προσωπικοί υπολογιστές καθώς και τερματικά, διακομιστές, μέσα αποθήκευσης και δίκτυα επικοινωνίας. Και στις δύο περιπτώσεις υπάρχουν διαφορετικοί τρόποι διαμοιρασμού των εργασιών μεταξύ των πελατών (τερματικά, υπολογιστές) και των διακομιστών ή υπολογιστών. Η ταξινόμηση των αρχιτεκτονικών συνεχίζεται λαμβάνοντας υπόψη αυτό το στοιχείο.

3.5.6.2. Φυσική Συγχώνευση

Οι τύποι της ενσωμάτωσης σχετίζονται με το λογικό επίπεδο και, ακριβέστερα, σε σύνολα που βασίζονται σε βασιζόμενα σε υπολογιστές στοιχεία της εφαρμογής. Αυτός ο κατάλογος των τύπων ολοκλήρωσης συνεχίζεται με τη φυσική ενσωμάτωση. Η φυσική ολοκλήρωση είναι εγγυημένη, αν υπάρχει το φυσικό δίκτυο επικοινωνίας για κάθε είδους ανταλλαγή δεδομένων. Με άλλα λόγια, η φυσική ολοκλήρωση μεταξύ των διαφόρων συστημάτων φυσικής επεξεργασίας δεδομένων αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την ενοποίηση των δεδομένων μεταξύ των συστατικών της εφαρμογής.

Η φυσική ενσωμάτωση δε χρειάζεται απαραίτητα να επιτευχθεί με τη σύνδεση διαφορετικών συστημάτων φυσικής επεξεργασίας δεδομένων, όπως οι διακομιστές από ένα δίκτυο επικοινωνίας. Μπορεί επίσης να επιτευχθεί με την εγκατάσταση δύο διαφορετικών συστατικών εφαρμογής στο ίδιο φυσικό σύστημα επεξεργασίας δεδομένων. Εάν τα διαφορετικά φυσικά συστήματα επεξεργασίας δεδομένων πρέπει να συνδέονται με ένα δίκτυο επικοινωνίας, πρέπει να ληφθεί υπόψη η τοπολογία του δικτύου. Σε γενικές γραμμές, διακρίνονται οι λογικές και οι φυσικές τοπολογίες δικτύου. Αναμένεται και οι δύο τοπολογίες να αντιστοιχούν στο φυσικό επίπεδο στο μεταμοντέλο 3LGM.

Υπάρχουν έξι βασικές φυσικές τοπολογίες:

- *Λεωφορείο:* Κάθε φυσικό σύστημα επεξεργασίας δεδομένων είναι άμεσα συνδεδεμένο με το κοινόχρηστο μέσο μετάδοσης που ονομάζεται λεωφορείο. Δεν υπάρχουν άλλες ενεργές συσκευές μεταξύ των συσκευών και του λεωφορείου.

- *Δακτύλιος*: Κάθε φυσικό σύστημα επεξεργασίας δεδομένων έχει ακριβώς δύο γείτονες για λόγους επικοινωνίας. Τέλος, τα φυσικά συστήματα επεξεργασίας δεδομένων διασυνδέονται για να σχηματίσουν ένα δακτύλιο.
- *Γραμμική*: Δύο φυσικά συστήματα επεξεργασίας δεδομένων διασυνδέονται ώστε να σχηματίσουν μια γραμμή. Τα δεδομένα περνούν από ένα φυσικό σύστημα επεξεργασίας δεδομένων στο άλλο μέχρι να φτάσουν στον προορισμό τους.
- *Αστέρι*: Όλα τα φυσικά συστήματα επεξεργασίας δεδομένων συνδέονται μέσω δύο σημείων σε ένα κεντρικό σύστημα που διαχειρίζεται τη μετάδοση δεδομένων.
- *Δέντρο*: Σε πρακτικό επίπεδο, η τοπολογία δέντρου συνδέει ιεραρχικά δύο ή περισσότερα δίκτυα τοπολογίας αστέρα με τη σύνδεση των κεντρικών φυσικών συστημάτων επεξεργασίας δεδομένων.
- *Πλέγμα (μερικώς συνδεδεμένη ή πλήρως συνδεδεμένη)*: Κάθε φυσικό σύστημα επεξεργασίας δεδομένων συνδέεται με μία ή περισσότερες συσκευές. Αν κάθε συσκευή είναι συνδεδεμένη με όλες τις άλλες συσκευές στο δίκτυο, το πλέγμα ονομάζεται πλήρως συνδεδεμένο.

Αντιθέτως, η λογική τοπολογία είναι ο τρόπος με τον οποίο χρησιμοποιούνται οι φυσικές συνδέσεις (τοπολογία) ή μεταδίδονται σήματα. Η λογική και η φυσική τοπολογία μπορεί να επιλεγεί ανεξάρτητα από την άλλη. Για παράδειγμα, το Ethernet μπορεί φυσικά να εφαρμοστεί σε μία φυσική τοπολογία ή τοπολογία λεωφορείου ή αστέρα, αλλά λογικά το Ethernet είναι σαφώς μια τοπολογία λεωφορείου. Το ίδιο ισχύει και για την Token Ring που είναι λογικά ένα δαχτυλίδι, αλλά μπορεί φυσικά να οργανωθεί ως ένα αστέρι χρησιμοποιώντας τις λεγόμενες μονάδες πολλαπλών σταθμών πρόσβασης. Τονίζεται επίσης ότι όλοι αυτοί οι συνδυασμοί των τοπολογιών στο φυσικό επίπεδο μπορούν να συνδυαστούν με κάθε πρότυπο επικοινωνίας στο λογικό επίπεδο. Για να περιγράψουν καλύτερα πρότυπα για την ανταλλαγή δεδομένων σε ένα δίκτυο και οι διαφορετικές λειτουργίες τους είναι χρήσιμο να εξεταστεί το μοντέλο αναφοράς ISO/OSI. Αυτό το μοντέλο αναφοράς παρέχει ένα πλαίσιο για την περιγραφή της επικοινωνίας μεταξύ των υπολογιστών σε επτά επίπεδα. Πρότυπα για τα αντίστοιχα πρωτόκολλα επικοινωνίας, όπως το TCP/IP είναι διαθέσιμα για κάθε επίπεδο. Όσον αφορά το 3LGM² αυτά τα επτά επίπεδα διασυνδέουν το φυσικό με το λογικό επίπεδο ενός ΠΣΥ. Το Επίπεδο 7 μπορεί να θεωρηθεί ως το λογικό επίπεδο, το οποίο αντιστοιχεί στο όνομα του προτύπου επικοινωνίας HL7. Ένα σύνολο πρωτοκόλλων για καθένα από τα επτά επίπεδα καλείται στοίβα πρωτοκόλλου.

3.5.6.3. Φυσικό Επίπεδο: Σύνοψη

Στο φυσικό επίπεδο, ένα ΠΣΥ περιλαμβάνει συστήματα επεξεργασίας δεδομένων τα οποία είναι αρκετά παρόμοια με εκείνα των ΠΣ των επιχειρήσεων σε άλλες βιομηχανίες. Κατά συνέπεια, περιλαμβάνονται παρόμοιοι διακομιστές, πελάτες και δίκτυα επικοινωνίας για σύνδεσή τους. Αλλά ειδικά σε ιδρύματα υγειονομικής περίθαλψης τα συστήματα επεξεργασίας δεδομένων μη στηριζόμενα σε υπολογιστές, όπως το μολύβι, τηλέφωνο και τα έγγραφα διαγράμματα ασθενών έχουν ακόμη μεγάλη σημασία. Και πιθανώς έτσι πρέπει να είναι. Το σύνολο όλων των συστημάτων επεξεργασίας δεδομένων σε ένα ίδρυμα υγειονομικής περίθαλψης ονομάζεται υποδομή ΠΣ (Magnuson & Fu, 2013). Παρόμοια με τα συστατικά του λογικού επιπέδου, πρέπει να ενσωματωθούν και τα φυσικά συστήματα επεξεργασίας δεδομένων του φυσικού επιπέδου. Και πάλι υπάρχουν διαφορετικοί τρόποι και μορφές για να γίνει αυτό. Η ταξινόμηση των αρχιτεκτονικών, όπως θεσπίστηκε στο λογικό επίπεδο, έχει επεκταθεί για να καλύψει τις φυσικές αρχιτεκτονικές 1ου, 2ου ή 3ου επιπέδου. Φυσική ολοκλήρωση σημαίνει χονδρικά ότι τα δεδομένα μπορούν να ανταλλάσσονται μεταξύ των φυσικών συστημάτων επεξεργασίας δεδομένων. Ένα καλά οργανωμένο κέντρο υπολογιστών που αποτελείται από δύο πλεονάζουσες θέσεις είναι απαραίτητη προϋπόθεση για να εξασφαλιστεί η διαθεσιμότητα, η σταθερότητα και η απόδοση για το στηριζόμενο στους υπολογιστές ΠΣΥ.

Βιβλιογραφία/Αναφορές

- Anderson, J. G. (2009). Improving Patient Safety with Information Technology. Handbook of Research on Advances in Health Informatics and Electronic Healthcare Application. Medical Information Science Reference. ISBN 978-1-60566-030-1.
- Carter, J. H. (2010). Electronic health records: a guide for clinicians and administrators. American College of Physicians Press. ISBN 978-1-9305-1397-6.
- D'Atri, A., De Marco, M., & Casalino, N. (2008). Interdisciplinary Aspects of Information Systems Studies. ISBN 978-3-7908-2010-2.
- Doolan, D. F., Bates, D. W., & James, B. C. (2003). The use of computers for clinical care (A case series of advanced U.S. sites) . J Am Med Inform Assoc., pp. 94-107.
- Fretschner, R., Bleicher, W., Heiniger, A. et al. (2001). Patient data management systems in critical care. J Am Soc Nephrol., pp. S83-S86.
- Harrison, J. P. (2010). Essentials of Strategic Planning in Healthcare, (1st ed.). Health Administration Press. ISBN 978-1-5679-3348-2.
- Jessup, L. M., & Joseph S. V. (2008). Information Systems Today: Managing in the Digital World (3rd Edition). Pearson Publishing. ISBN 978-0133571752.
- Locatelli, P., Restifo, N., Gastaldi, L., & Corso, M. (2012). Health Care Information Systems: Architectural Models and Governance, Innovative Information Systems Modelling Techniques, Dr. Christos Kalloniatis (Ed.), ISBN. 978-953-51-0644-9.
- Logan J. (2012). Electronic health information system implementation models - a review. Stud Health Technol Inform., 178,117-23.
- Shabot, M. M. (1997). The HP CareVue clinical information system. Int J Clin Monit Comput., pp.77-184.
- Maddock E. (2002). The benefits of implementing an electronic patient record system, North Staffordshire Royal Infirmary. Nursing Times, 98(49), 34-36.
- Magnuson, J. A., & Fu, J. P. (2013). Public Health Informatics and Information Systems, (3rd ed.). Springer. ISBN 978-1-4471-4236-2.
- Mistichelli J. (1984). Diagnosis Related Groups (DRGs) and the Prospective Payment System: Forecasting Social Implications. National Reference Center for Bioethics Literature.
- Paul, R. J., Inas Ezz, I., & Kuljis, J. (2012). Healthcare information systems: a patient-user perspective. Health Systems, 85–95.
- Stair, R., & Reynolds, G. (2011). Fundamentals of Information Systems (6th ed.). Course Technology. ISBN 978-0- 8400-6218-5.
- Varon, J., & Marik, P. E. (2002). Clinical information systems and the electronic medical record in the intensive care unit. Curr Opin Crit Care., pp. 616-624.
- Wager, K. A., Lee, F. W., & Glaser, J. P. (2013). Health Care Information Systems: A Practical Approach for Health Care Management, (3rd ed.). Jossey-Bass. ISBN 978-1-1181-7353-4.
- Wallace, P. (2014). Introduction to Information Systems (2nd ed.). Prentice Hall. ISBN 978-0-1335-7175-2.
- Wendt, T., Häber, A., Brigl, B., & Winter, A. (2004). Modeling Hospital Information Systems (Part 2): Using the 3LGM² Tool for Modeling Patient Record Management. Methods of Information in Medicine, 43(3), 256-67.
- Winter, A., Brigl, B., Funkat, G., Häber, A., Heller, O., & Wendt, T. (2007). 3LGM2-modeling to support management of health information systems. Int J Med Inform., 76(2-3), 145-50.

Winter A., Haux R., Ammenwerth E., Birgit Brigl B., Hellrung N., & Franziska J. (2011). Health Information Systems, Architectures and Strategies, Second Edition. Springer. ISBN 978-1-4471-2619-5.

Κριτήρια αξιολόγησης

Κριτήριο αξιολόγησης 1

Τι γνωρίζετε για τον Ηλεκτρονικό Φάκελο Ασθενούς.

Απάντηση

Οι πιο σημαντικές επιχειρησιακές λειτουργίες στο χώρο της υγείας σχετίζονται με τη διάγνωση και τη θεραπεία. Προφανώς, τα δεδομένα που έχουν σχέση με τη λήψη ιατρικών αποφάσεων πρέπει να συλλέγονται και να υπάρχουν σε μια εγγραφή ασθενούς. Σε γενικές γραμμές μια εγγραφή ασθενούς αποτελείται από όλα τα στοιχεία και έγγραφα που παράγονται ή λαμβάνονται κατά τη διάρκεια της φροντίδας του στα ιδρύματα υγειονομικής περίθαλψης. Σήμερα, πολλά έγγραφα των βασισμένων σε χαρτιά εγγραφών ασθενούς είναι σε μορφή τυπωμένης αναφοράς από υπολογιστή, όπως τα εργαστηριακά αποτελέσματα, ή αναφορές δραστηριοτήτων υγειονομικής φροντίδας γραμμένα σε ένα σύστημα επεξεργασίας κειμένου. Έτσι, κρίνεται αναγκαία η μερικός ή ολικός αποθήκευση της εγγραφής του ασθενούς σε μεταφερόμενο ηλεκτρονικό έγγραφο: τον Ηλεκτρονικό Φάκελο ασθενούς (ΗΦΑ).

Ο ΗΦΑ είναι η συλλογή ιατρικών δεδομένων ενός πεδίου σχετιζόμενου με ένα αντικείμενο φροντίδας π.χ. τον ασθενή που είναι αποθηκευμένος σε υπολογιστή, τμήμα του ΠΣΥ. Ο ΗΦΑ για ένα αντικείμενο φροντίδας θα μπορούσε να είναι γνώση φυσικά διάσπαρτη σε πολλαπλά (διακριτά ή διασυνδεδεμένα) κλινικά συστήματα και αποθηκευτικούς χώρους, καθένα από τα οποία θα κρατάει και θα διαχειρίζεται από μόνο του ένα μερικό ΗΦΑ για καθένα από τα πεδία δεδομένων του. Κατά κύριο λόγο, οι ΗΦΑ χρησιμοποιούνται για να υποστηρίξουν τη φροντίδα των ασθενών παρέχοντας σχετικές πληροφορίες για έναν ασθενή όπου και όποτε αυτό είναι αναγκαίο. Επίσης, είναι απαραίτητο συστατικό των διοικητικών λειτουργιών, όπως η τιμολόγηση και η διαχείριση της ποιότητας.

Κριτήριο αξιολόγησης 2

Αναφέρετε κάποιους γνωστούς τύπους μοντέλων και μεταμοντέλων των ΠΣΥ.

Απάντηση

Τα μοντέλα διακρίνονται στους παρακάτω τύπους.

- **Λειτουργικά μοντέλα** τα οποία αναπαριστούν τις επιχειρηματικές λειτουργίες ενός ιδρύματος (ό,τι είναι να γίνει). Σε ένα νοσοκομείο, τα στοιχεία τους είναι οι νοσοκομειακές λειτουργίες που υποστηρίζονται από τα υποσυστήματα της εφαρμογής του ΠΣΝ.
- **Τεχνικά μοντέλα** τα οποία περιγράφουν τα εργαλεία επεξεργασίας πληροφοριών. Ως έννοιες, συνήθως προβάλλουν τα φυσικά συστήματα επεξεργασίας δεδομένων (π.χ. συστήματα υπολογιστών, τηλεφώνων, έντυπα, συσκευές τηλεειδοποίησης, αρχεία) και στοιχεία εφαρμογών.
- **Οργανωτικά μοντέλα** τα οποία περιγράφουν την οργάνωση μιας μονάδας ή περιοχής. Για παράδειγμα, μπορεί να χρησιμοποιηθούν για να περιγράψουν την οργανωτική δομή του νοσοκομείου (π.χ. αποτελούμενο από τμήματα εσωτερικών και εξωτερικών μονάδων ασθενείας).

- **Μοντέλα δεδομένων** τα οποία περιγράφουν τα δεδομένα που υποβάλλονται σε επεξεργασία και αποθηκεύονται σε ένα ΠΣ. Έννοιές τους είναι συνήθως οι τύποι οντοτήτων και οι σχέσεις μεταξύ τους.
- **Μοντέλα επιχειρησιακών διαδικασιών** που επικεντρώνονται σε μια δυναμική προβολή της επεξεργασίας των πληροφοριών. Οι έννοιες που χρησιμοποιούνται είναι οι δραστηριότητες καθώς και η λογική και χρονολογική σειρά τους.

Χαρακτηριστικοί τύποι μεταμοντέλων για τα ΠΣΥ είναι:

- **Λειτουργικά μεταμοντέλα**, εστιάζοντας σε λειτουργίες που υποστηρίζονται από το ΠΣ.
- **Τεχνικά μεταμοντέλα**, τα οποία χρησιμοποιούνται για την κατασκευή μοντέλων που περιγράφουν τα εργαλεία επεξεργασίας πληροφοριών που χρησιμοποιούνται.
- **Οργανωτικά μεταμοντέλα**, τα οποία χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία μοντέλων της οργανωτικής δομής του ΠΣΥ.
- **Μεταμοντέλα δεδομένων**, τα οποία χρησιμοποιούνται για την κατασκευή μοντέλων της δομής των δεδομένων που υποβάλλονται σε επεξεργασία και αποθηκεύονται σε ένα ΠΣΥ.
- **Μεταμοντέλα επιχειρηματικών διαδικασιών**, τα οποία επικεντρώνονται στην περιγραφή του τι γίνεται, με ποια χρονολογική και ποια λογική σειρά.
- **Μεταμοντέλα ΠΣ**, που συνδυάζουν διαφορετικά μεταμοντέλα σε μία ολοκληρωμένη, επιχειρηματικά ευρεία όψη στην επεξεργασία πληροφορίας σε ένα ίδρυμα.

Κριτήριο αξιολόγησης 3

Ποια τα χαρακτηριστικά ταξινόμησης των αρχιτεκτονικών των ΠΣΥ στο λογικό επίπεδο.

Απάντηση

Γενικά, οι αρχιτεκτονικές μορφές στο λογικό επίπεδο των βασιζόμενων σε υπολογιστές συστατικών του ΠΣΥ χαρακτηρίζονται από:

- Τον αριθμό των βάσεων δεδομένων που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση των (ειδικά σχετιζόμενων με τον ασθενή) δεδομένων.
- Τον αριθμό των συνιστωσών της εφαρμογής που χρησιμοποιούνται για την υποστήριξη των νοσοκομειακών λειτουργιών.
- Τον αριθμό των διαφορετικών προϊόντων λογισμικού και αρμοδίων προμηθευτών που χρησιμοποιούνται για την εγκατάσταση των συστατικών της εφαρμογής.
- Τα πρότυπα των τρόπων επικοινωνίας μεταξύ των συστατικών της εφαρμογής.
- Τους τύπους της ενσωμάτωσης η οποία θα μπορούσε να επιτευχθεί.
- Αυτές οι παράμετροι θα πρέπει να εισαχθούν ως σημειολογικές διαστάσεις που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την κατηγοριοποίηση των αρχιτεκτονικών των ΠΣΥ.

Κεφάλαιο 4 – Τηλεϊατρική και Κινητή Υγεία

Σύνοψη

Η τηλεϊατρική είναι η παροχή ιατρικών υπηρεσιών από απόσταση. Βασιζόμενη κυρίως στις τεχνολογικές εξελίξεις των τηλεπικοινωνιών και της πληροφορικής, η τηλεϊατρική έχει ραγδαία εξέλξη τις τελευταίες δεκαετίες, με πλήθος εφαρμογών και προγραμμάτων να ενσωματώνονται στην καθημερινή κλινική πράξη. Ακολουθώντας τις βασικές αρχές και σκοπούς, όπως αυτοί περιγράφηκαν από τους πρωτοπόρους του τομέα, αλλά ταυτόχρονα ενσωματώνοντας τις νέες εξελίξεις σε σχέση με την ιατρική, τόσο σε ιατρικό-τεχνολογικό όσο και σε κοινωνικό-φιλοσοφικό επίπεδο, καθώς επίσης και τις απαιτήσεις που προβάλλει ο σύγχρονος άνθρωπος, η τηλεϊατρική προβάλλει ως το επόμενο στάδιο εξέλιξης, επεκτείνοντας την έννοια της παροχής υπηρεσιών υγείας πέρα από τα στενά κλασσικά όρια. Σε αυτό το πλαίσιο, η κινητή υγεία οριοθετεί τον χώρο εφαρμογής των σύγχρονων κινητών συσκευών (έξυπνων τηλεφώνων, ταμπλετών, έξυπνων ρολογιών αλλά και άλλων συσκευών παρακολούθησης) και των σχετικών με αυτών εφαρμογών, στον τομέα της υγείας.

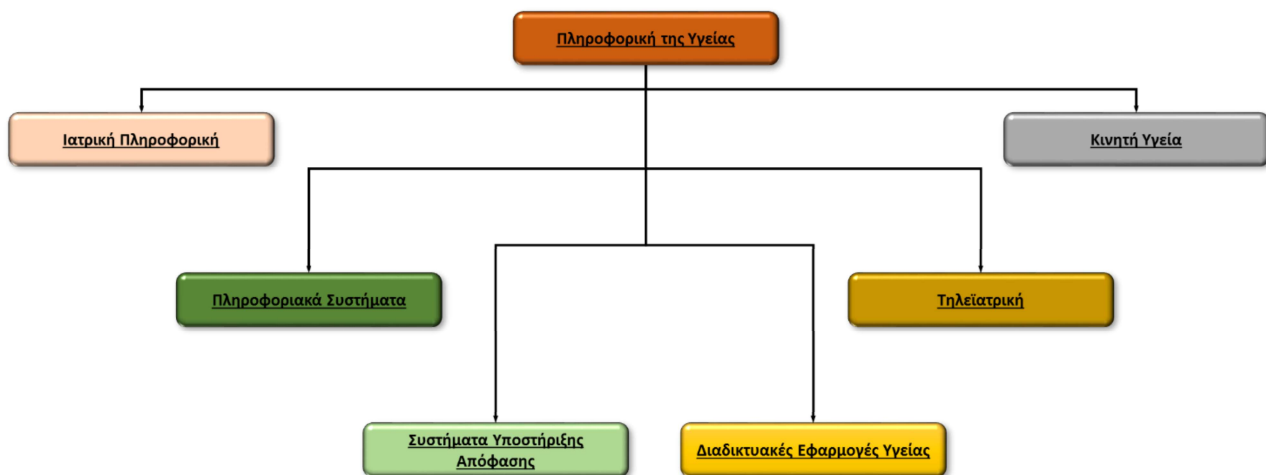
Προαπαιτούμενη γνώση

Δε χρειάζεται κάποια προαπαιτούμενη γνώση.

4.1. Εισαγωγή

Η ιατρική και η ιατρική έρευνα είναι ένας μόνιμα εξελισσόμενος τομέας, ο οποίος πάντα ενσωματώνει τεχνολογικές εξελίξεις. Συνεπώς ήταν αναμενόμενο ότι η ραγδαία εξέλιξη των τηλεπικοινωνιών, και αργότερα της πληροφορικής, τις τελευταίες δεκαετίες θα επηρέαζε και τον, πάντα εξελισσόμενο και στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος, χώρο της υγείας. Η πληροφορική της υγείας (health informatics) είναι το αποτέλεσμα αυτής της σύμπραξης μεταξύ τηλεπικοινωνιών και πληροφοριακών εφαρμογών με την ιατρική και όλων των συναφών με αυτή λειτουργιών. Η έννοια της ηλεκτρονικής υγείας είναι ιδιαίτερα ευρεία και περιλαμβάνει όλες τις εφαρμογές πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών στον χώρο της υγείας, συμπεριλαμβανομένων συνεπώς όλων των υπολοίπων συναφών εννοιών, όπως η ιατρική πληροφορική (health informatics), τα πληροφοριακά συστήματα υγείας (health information systems), ο ηλεκτρονικός ιατρικός φάκελος (electronic patient record) και προφανώς αυτών της τηλευγείας (telehealth) και της τηλεϊατρικής (telemedicine) καθώς και της κινητής υγείας (mhealth).

Η τηλεϊατρική αποτελεί κλάδο της Πληροφορικής της Υγείας, ο οποίος έχει σημειώσει αξιοσημείωτη πρόοδο τα τελευταία χρόνια με την ώθηση που δέχτηκε από την εκρηκτική ανάπτυξη της τεχνολογίας και της πληροφορικής ειδικότερα. Ως ένας κλάδος του τομέα της υγείας συνεχίζει να εξελίσσεται, αφού τα θέματα υγείας βρίσκονται πάντα στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος τόσο της επιστήμης όσο και της κοινωνίας. Όσο οι ρυθμοί της ζωής αλλάζουν και επιταχύνονται και ταυτόχρονα ο τρόπος ζωής εναρμονίζεται με τις τεχνολογικές εξελίξεις τόσο και τομείς, όπως η τηλεϊατρική καταλαμβάνουν ένα μεγαλύτερο τμήμα του τομέα της Υγείας. Ιδιαίτεροι λόγοι, όπως οι δυσμενείς γεωγραφικές ή καιρικές συνθήκες ή και οι ταχέως εναλλασσόμενοι ρυθμοί της ζωής επιβάλλουν την εφαρμογή της τηλεϊατρικής και των συναφών επιστημών στον κλάδο της Υγείας.



Εικόνα 4.1 Πληροφορική της Υγείας.

4.2. Τηλεϊατρική

4.2.1. Ορισμός

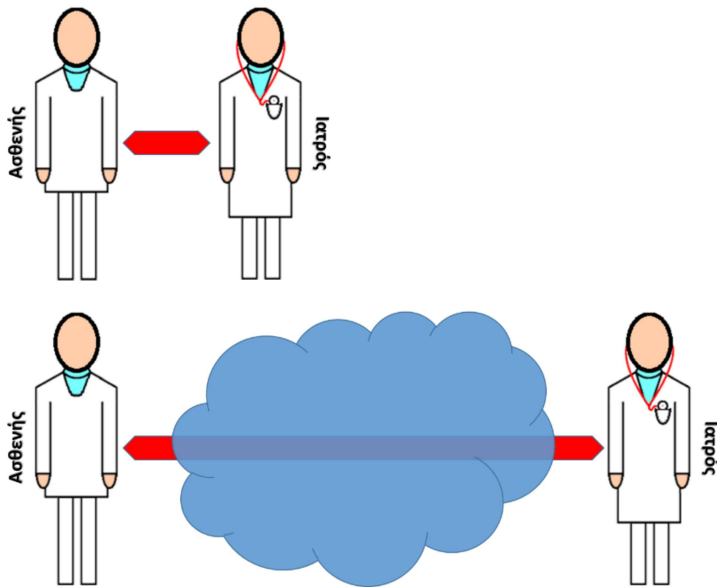
Στη βιβλιογραφία έχουν παρουσιαστεί διάφοροι ορισμοί της τηλεϊατρικής:

- «Τηλεϊατρική είναι η χρήση τεχνολογιών επικοινωνίας και ηλεκτρονικής πληροφόρησης για την παροχή και υποστήριξη της φροντίδας υγείας, όταν η απόσταση χωρίζει τους συμμετέχοντες» (Μπότσης & Χαλκιώτης, 2005).
- «Τηλεϊατρική είναι η παροχή ιατρικών υπηρεσιών σε περιπτώσεις όπου παρεμβάλλεται απόσταση μεταξύ ασθενούς, ιατρού και άλλων εξειδικευμένων πληροφοριών και γνώσεων».

Ίσως ο γνωστότερος και πληρέστερος ορισμός είναι αυτός που έχει δοθεί από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (World Health Organization, 1998):

- «Τηλεϊατρική είναι η παροχή υπηρεσιών από επαγγελματίες υγείας, εκεί όπου η απόσταση είναι ένας κρίσιμος παράγοντας, χρησιμοποιώντας τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνιών για ανταλλαγή πολύτιμων πληροφοριών για τη διάγνωση, θεραπεία, πρόληψη ασθενειών και για τη συνεχή εκπαίδευση των λειτουργών υγείας, καθώς επίσης και για την έρευνα και αξιολόγηση, αλλά και για όλα αυτά που βρίσκονται στο πεδίο ενδιαφέροντος για την αναβάθμιση των υπηρεσιών υγείας της κοινωνίας».

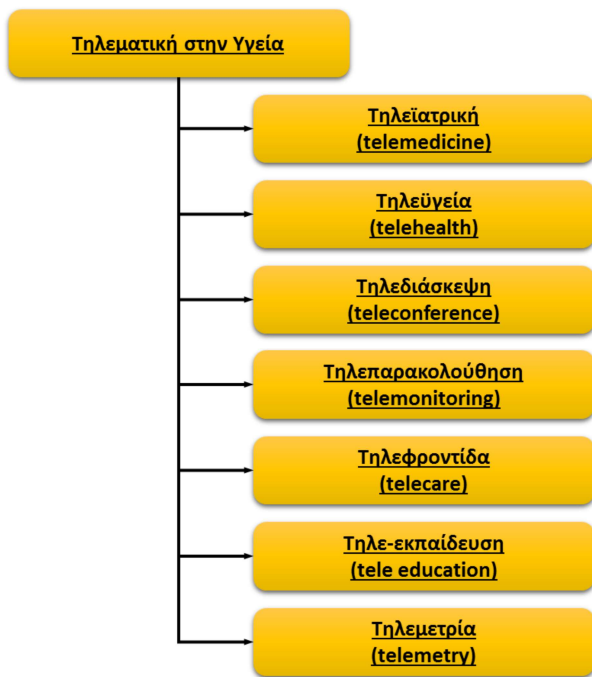
Η βασική έννοια που προσδίδει η λέξη τηλεϊατρική είναι η εφαρμογή ιατρικής από απόσταση, κάτι που προκύπτει και από την ετυμολογία της λέξης, η οποία είναι σύνθετη και αποτελείται από το πρόθεμα «τηλε», που υποδηλώνει δράση εξ αποστάσεως και τη λέξη ιατρική, που αποτελεί το αντικείμενο της δράσης.



Εικόνα 4.2 Σχέση ασθενούς-ιατρού στην ιατρική (επάνω) και στην τηλεϊατρική (κάτω).

Οι εφαρμογές τηλεματικής στην υγεία περιλαμβάνουν:

- τηλεϊατρική (telemedicine), που αφορά στην παροχή διάγνωσης, θεραπείας ή άλλων υπηρεσιών υγείας προς ασθενείς,
- τηλεϋγεία (telehealth), που αφορά στην παροχή υπηρεσιών υγείας και ευεξίας προς υγιή άτομα,
- τηλεδιάσκεψη (teleconference) ιατρικής ομάδας με αντικείμενο κάποιο ιατρικό θέμα ή την διάγνωση κάποιας περίπτωσης,
- τηλε-εκπαίδευση (tele education), όταν αυτή αφορά σε επαγγελματίες του χώρου της υγείας, σε φοιτητές ή στους ίδιους τους ασθενείς,
- τηλεφροντίδα (telecare), που αφορά ασθενείς με χρόνιες παθήσεις,
- τηλεμετρία (telemetry), παρακολούθηση ιατρικών ή βιολογικών δεδομένων σε πραγματικό χρόνο,
- τηλεπαρακολούθηση (telemonitoring), που σχετίζεται με καταγραφή και αποθήκευση ιατρικών ή βιολογικών δεδομένων.



Εικόνα 4.3 Εφαρμογές τηλεματικής στην υγεία.

Μια άλλη διαφοροποίηση που χρησιμοποιείται για το διαχωρισμό της τηλεϊατρικής από την τηλεϋγεία είναι ότι η τηλεϊατρική είναι η παροχή υπηρεσιών ιατρικής από ιατρούς μόνο, ενώ η τηλεϋγεία επεκτείνεται σε όλα τα επίπεδα υγείας, συμπεριλαμβάνοντας το νοσηλευτικό προσωπικό, τη φαρμακευτική αγωγή και κάποιες άλλες ειδικότητες. Παρόλο που με βάση όλα τα παραπάνω, η τηλεϊατρική είναι ένας από τους πολλούς κλάδους εφαρμογών τηλεματικής στην υγεία, ο όρος «τηλεϊατρική» χρησιμοποιείται με μία διευρυμένη έννοια, συμπεριλαμβάνοντας όλους τους υπόλοιπους κλάδους της τηλεματικής στην υγεία ως επιμέρους εφαρμογές της, κάτι που είναι φανερό και σε κάποιους από τους ορισμούς της τηλεϊατρικής που προαναφέρθηκαν.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η τηλεϊατρική δεν είναι ένας νέος κλάδος της ιατρικής, αλλά ένας εναλλακτικός τρόπος εφαρμογής της. Αυτό θα γίνει κατανοητό στη συνέχεια του κεφαλαίου και συγκεκριμένα κατά την παρουσίαση εφαρμογών τηλεϊατρικής. Ένα παράδειγμα είναι αυτό της τηλεοφθαλμολογίας, η οποία συμπεριλαμβάνει τρόπους και τεχνικές εφαρμογής της οφθαλμολογίας από απόσταση και σε καμία περίπτωση δε συνιστά νέο κλάδο ιατρικής.

4.2.2. Ιστορική Εξέλιξη

Η ιδέα της μετάδοσης ιατρικών πληροφοριών και δεδομένων μπορεί να αναχθεί στην αρχαιότητα και στα αντίστοιχα μέσα επικοινωνίας που υπήρχαν (φρυκτωρίες, ηλιογράφοι, κ.α.). Παρ' όλα αυτά, η έννοια της τηλεϊατρικής σχετίζεται με τα σύγχρονα μέσα τηλεπικοινωνίας, με απαρχή τον τηλεγράφο και το τηλέφωνο, έως τα σημερινά δίκτυα κινητής τηλεφωνίας και των δορυφορικών ζεύξεων. Παρόλο που δεν υπάρχει μια συγκεκριμένη ημερομηνία με την οποία να συνδέεται η έναρξη της τηλεϊατρικής (Brown, 1982), είναι γνωστό ότι ο τηλεγράφος είχε χρησιμοποιηθεί κατά τη διάρκεια του Αμερικανικού εμφυλίου πολέμου για να μεταδώσει τις λίστες με τραυματίες και ιατρικές προμήθειες (Zundel, 1996). Όμως, η ανάπτυξη του τηλεφώνου και η επέκταση των τηλεφωνικών δικτύων και αργότερα του ραδιοφώνου, ήταν τα εναύσματα για να στραφεί το ενδιαφέρον των ιατρών και επιστημόνων αλλά και να εξαφθεί η φαντασία των συγγραφέων και οραματιστών προς την κατεύθυνση της τηλεϊατρικής.

Το 1905 ο W. Einthoven ξεκινάει να μεταδίδει ηλεκτροκαρδιογραφήματα (ΗΚΓ) χρησιμοποιώντας τηλεφωνικές γραμμές (Einthoven, 1906). Η πρώτη μετάδοση «τηλεκαρδιογραφήματος» (telecardiogram), όπως ο ίδιος το ονόμασε, πραγματοποιείται στις 22 Μαρτίου 1905. Η καταγραφή είναι από έναν υγιή άνδρα, ενώ στην καταγραφή παρατηρούνται συγκεκριμένα ευρήματα (όπως υψηλές κορυφές R). Η μετάδοση περιοριζόταν

μεταξύ του νοσοκομείου και του εργαστηρίου του, καλύπτοντας μια απόσταση περίπου 1,5 χιλιομέτρου. Παρόλο που πραγματοποιήθηκε περισσότερο από έναν αιώνα πριν, η βασική διάρθρωση του όλου εγχειρήματος, δηλαδή:

1. η επιτόπου καταγραφή ιατρικών δεδομένων (στην προκειμένη περίπτωση του ΗΚΓ),
2. η μετάδοσή τους μέσω κάποιου δικτύου επικοινωνίας,
3. η απομακρυσμένη αξιολόγηση των δεδομένων και
4. η μετάδοση των ευρημάτων-διάγνωσης πίσω στην αρχική τοποθεσία,

καθώς και η βασική ιδέα της μεταφοράς των δεδομένων και όχι του ασθενούς, χρησιμοποιούνται αυτούσια σε όλες τις σύγχρονες τηλεϊατρικές εφαρμογές.

Το 1910 ο S. Brown μεταδίδει καρδιακούς ήχους ακρόασης μέσω τηλεφώνου σε απόσταση 50 μιλίων. Για να το επιτύχει αυτό ανέπτυξε ένα ηλεκτρικό στηθοσκόπιο προσαρμοσμένο σε τηλεφωνικό αναμεταδότη. Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο είναι η χρήση επαναλήπτη και ενισχυτή για την αποφυγή της αλλοίωσης του ήχου. Το 1920 το Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο Gothenburg (Σουηδία) και το Νοσοκομείο Haukeland (Νορβηγία) μεταδίδουν ιατρικές συμβουλές σε πληρώματα πλοίων με χρήση σημάτων Morse, ενώ το ίδιο έργο αναλαμβάνει στην Ιταλία το «Italian International Radio Medicine Center» το 1935.

Όπως και σε πολλές άλλες περιπτώσεις, έτσι και στην περίπτωση της τηλεϊατρικής η φαντασία θα προηγηθεί κατά πολύ της πραγματικότητας, και έτσι τον Απρίλιο του 1924 το εξώφυλλο του περιοδικού «Radio» φιλοξενεί μια φουτουριστική εικόνα ενός ασθενούς να συνομιλεί μέσω ραδιοφώνου με έναν ιατρό, με παράλληλη ζωντανή οπτική σύνδεση, προβλέποντας με εντυπωσιακή ακρίβεια τη σύγχρονη ασύρματη τηλεδιάσκεψη. Η αλληγορία γίνεται ακόμα πιο εντυπωσιακή λαμβάνοντας υπόψη ότι η πρώτη πειραματική τηλεοπτική εκπομπή θα συμβεί τρία χρόνια αργότερα, και συγκεκριμένα το 1927. Η επιστημονική κοινότητα θα αργήσει πολύ να αναφερθεί στην έννοια της τηλεδιάγνωσης, με τις πρώτες αναφορές στη «συμβουλευτική μέσω τηλεόρασης» και στη «διάγνωση μέσω τηλεόρασης» να εμφανίζονται δύομιση δεκαετίες αργότερα, και συγκεκριμένα το 1950 (Gershon-Cohen & Cooley, 1950). Το άρθρο έχει τίτλο «telognosis» που παραπέμπει στη τηλεδιάγνωση και περιγράφει ένα σύστημα μετάδοσης ακτινογραφιών μέσω τηλεφώνου ή ραδιοφώνου με στόχο την αξιολόγηση της ακτινογραφίας από κάποιον ειδικό και την αναμετάδοση των αποτελεσμάτων. Στο άρθρο αναφέρεται ότι το σύστημα χρησιμοποιείται στην καθημερινή ιατρική πρακτική μεταξύ δύο νοσοκομείων, ενός περιφερειακού στο οποίο υπάρχει ακτινογράφος αλλά όχι εξειδικευμένο ιατρικό προσωπικό και ενός κεντρικού νοσοκομείου, ενώ η έναρξη λειτουργίας του τοποθετείται το 1948.

Στα τέλη της ίδιας δεκαετίας τα κλειστά κυκλώματα τηλεόρασης αρχίζουν να χρησιμοποιούνται στην ιατρική. Το 1960 η NASA χρησιμοποιεί τηλεμετρία βιοσημάτων των αστροναυτών μέσω μονόδρομης μικροκυματικής ζεύξης και παράλληλη αμφίδρομη επικοινωνία εικόνας και ήχου. Το 1964 αποκαθίσταται διαδραστική βιντεοσύνδεση ανάμεσα στο Ψυχιατρικό Ινστιτούτο της Νεμπράσκα (Nebraska Psychiatric Institute) στην Όμαχα των ΗΠΑ και στο Κρατικό Νοσοκομείο του Νόρφολκ (Norfolk State Hospital) καλύπτοντας μια απόσταση 180 χιλιομέτρων. Το πρώτο πλήρες σύστημα τηλεϊατρικής εγκαθίσταται το 1967 στη Βοστώνη των ΗΠΑ και συνδέει τον ιατρικό σταθμό του αεροδρομίου της Βοστώνης (Boston's Logan Airport) με το Γενικό Νοσοκομείο της Μασαχουσέτης (Massachusetts General Hospital).

Το 1976 πραγματοποιείται τηλεπαρακολούθηση βιοσημάτων σε ασθενή στο Βόρειο Οντάριο μέσω του Καναδικού δορυφόρου Hermes. Στις επόμενες δεκαετίες η ανάπτυξη των εφαρμογών τηλεϊατρικής προοδεύει με επιταχυνόμενο ρυθμό. Δεκάδες συστήματα τηλεϊατρικής αναπτύσσονται σε διάφορα σημεία του πλανήτη, ενώ και σε επιστημονικό επίπεδο υπάρχει μία ραγδαία αύξηση των άρθρων που παρουσιάζονται στην παγκόσμια βιβλιογραφία.

Η ιδέα της τηλεδιάγνωσης έχει παρουσιαστεί στην Ελλάδα από το 1946, με σχετική ανακοίνωση στην Ακαδημία Αθηνών του ιατρού-χειρουργού Σκευοφύλακα Ζερβού. Η αρχική εφεύρεση ονομάστηκε «Τηλεξέτασις» και με τη χρήση της ο ιατρός μπορούσε να ακούει τους σφυγμούς ενός ασθενούς από απόσταση. Παρόλο που οι ιδέες είναι σύγχρονες ή και προϋπήρχαν των παγκόσμιων εξελίξεων, η πρώτη εφαρμογή τηλεϊατρικής στην Ελλάδα θα ξεκινήσει πολύ αργότερα, και συγκεκριμένα το 1989, με την επιτυχή πειραματική σύζευξη των κέντρων υγείας Σπάτων και Πάρου με το Σισμανόγλειο Γ.Π. Νοσοκομείο Αττικής. Από την

έναρξη του προγράμματος δώδεκα περιφερειακά σημεία (κέντρα υγείας και περιφερειακά ιατρεία) μέχρι το 1992, και συνολικά δέκα εννέα μέχρι το 1994, εντάσσονται στο «Ελληνικό Πρόγραμμα Τηλεϊατρικής» (μεταξύ αυτών τα κέντρα υγείας Μύρινας Λήμνου, Παροικίας Πάρου, Σκοπέλου, Φηρών Θήρας, Σουφλίου, Δικαίων, Εχίνου, Αμυνταίου, Τσοτυλίου, Θεσπρωτικού, Φιλιατών και Γυθείου), το οποίο χρηματοδοτείται από το Υπουργείο Υγείας, Πρόνοιας και Κοινωνικών Ασφαλίσεων.



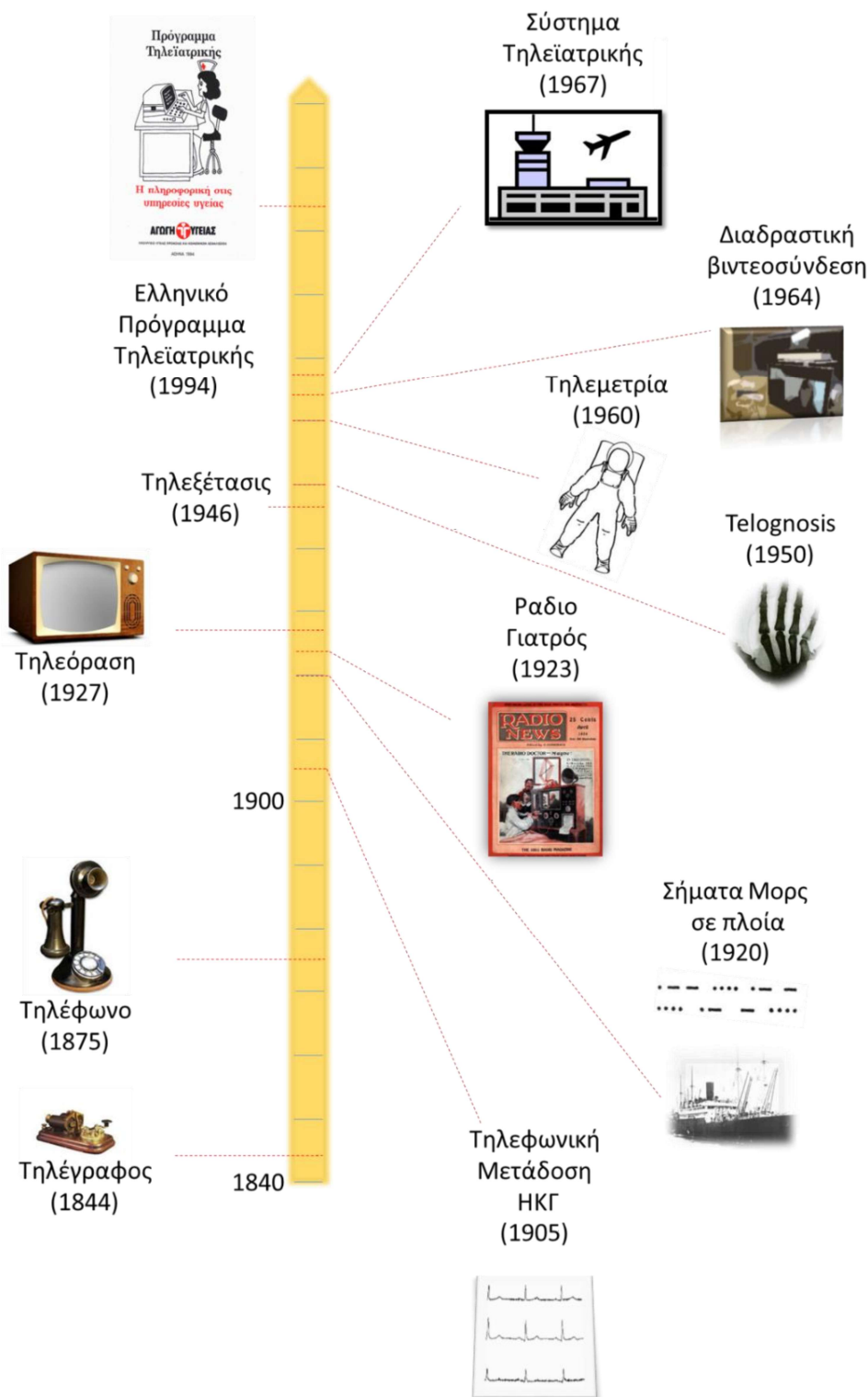
Εικόνα 4.4 Ελληνικό Πρόγραμμα Τηλεϊατρικής (1994).

Το πρόγραμμα εστιάζεται κυρίως στην αποστολή ιατρικών δεδομένων (γενικών πληροφοριών, ΗΚΓ, ακτινογραφιών κ.α.) μέσω τηλεφωνικών γραμμών, από τα απομακρυσμένα Κέντρα Υγείας του προγράμματος προς το Σισμανόγλειο Γενικό Περιφερειακό Νοσοκομείο Αθηνών, όπου οι ειδικευμένοι ιατροί του, σε 24ωρη βάση μελετούν τα δεδομένα και στη συνέχεια συνεργάζονται με τον ιατρό του εκάστοτε Κέντρου Υγείας, που αντιμετωπίζει την κάθε περίπτωση.



Εικόνα 4.5 Δίκτυο Ελληνικού Προγράμματος Τηλεϊατρικής.

Από τον Απρίλιο του 1992 (με την ολοκλήρωση της σύνδεσης 12 Κέντρων Υγείας) μέχρι και τον Δεκέμβριο του 1997, έχουν διεκπεραιωθεί πάνω από 4.500 περιστατικά, οξεία ή χρόνια, τα οποία στην πλειοψηφία τους αφορούσαν: πνευμονολογικά (27%), ορθοπεδικά (21%), καρδιολογικά (17%), παθολογικά (16%), συμβουλευτικό της διατροφής (12%), ουρολογικά (5%) και χειρουργικά (2%).



Εικόνα 4.6 Εξέλιξη της τηλεϊατρικής.

4.2.3. Στόχοι της Τηλεϊατρικής

Όπως προκύπτει και από τον ορισμό, η τηλεϊατρική είναι μια ευρεία έννοια η οποία περιλαμβάνει πλήθος εφαρμογών, ενώ η εξέλιξή της δημιουργεί συνεχώς νέα πεδία. Παρ' όλη όμως την ευρύτητα του όρου και τη δραματική εξέλιξη που υπάρχει στον ένα και πλέον αιώνα ύπαρξής της, οι βασικοί στόχοι της τηλεϊατρικής (Αγγελίδης, 2011) παραμένουν αναλλοίωτοι από την (πιθανά πρώτη) εφαρμογή της από τον Einthoven μέχρι και σήμερα:

- Μεταφορά της πληροφορίας και όχι του ατόμου. Αυτή η βασική ιδέα υπήρξε η απαρχή της έννοιας της τηλεϊατρικής, όταν η ανάπτυξη των τηλεπικοινωνιών έδωσε τη δυνατότητα γρήγορης μεταφοράς δεδομένων σε μεγάλες αποστάσεις. Αυτό, σε συνδυασμό με τη φύση της ιατρικής διάγνωσης, όπου σε πολλές περιπτώσεις ο ιατρός αποφασίζει κυρίως με βάση τα δεδομένα των εξετάσεων και συνεπώς η ανάγκη της φυσικής παρουσίας του ασθενούς είναι περιορισμένη, αποτέλεσαν το γόνιμο έδαφος πάνω στο οποίο αναπτύχθηκε η ιδέα της τηλεϊατρικής.
- Αυξημένη δυνατότητα πρόσβασης σε ιατρικές υπηρεσίες. Επεκτείνοντας την αρχική ιδέα, η μεταφορά των δεδομένων δίνει τη δυνατότητα στο άτομο να έχει πρόσβαση σε ιατρικές υπηρεσίες που υπό κανονικές συνθήκες (δηλαδή χωρίς την τηλεϊατρική) θα ήταν διαθέσιμες, λόγω απόστασης ή άλλων παραγόντων.
- Αυξημένη ποιότητα των ιατρικών υπηρεσιών. Επεκτείνοντας και πάλι την αρχική ιδέα, τα ιατρικά δεδομένα μπορούν να έχουν ως τελικό αποδέκτη κάποιον με εξειδίκευση στον συγκεκριμένο τομέα με αποτέλεσμα να τύχουν υψηλής ποιότητας ιατρικής γνωμάτευσης, και κατά συνέπεια το άτομο να έχει αυξημένη ποιότητα ιατρικών υπηρεσιών, που και σε αυτή την περίπτωση δε θα ήταν διαθέσιμες.

Τα παραπάνω αποτελούν τους βασικούς στόχους ανάπτυξης τηλεϊατρικών προγραμμάτων και εφαρμογών. Με την εξέλιξη όμως του τομέα της υγείας έχουν προστεθεί και νέες απαιτήσεις και στόχοι:

- Αξιολόγηση της ποιότητας και έλεγχος του κόστους, το οποίο αποτελεί βασικό ζητούμενο σε όλες τις μορφές υπηρεσιών και συνεπώς και στις υπηρεσίες υγείας.
- Σχεδιασμός των υπηρεσιών υγείας με κέντρο τον ασθενή, μετατρέποντάς τον από αποδέκτη της υπηρεσίας σε βασικό συνεργάτη της όλης προσπάθειας. Έτσι, επιτρέπει στον ασθενή να έχει μεγαλύτερο έλεγχο σε σχέση με την κατάστασή/πάθησή του.
- Μείωση των ασθενών στις μονάδες υγείας των επισκέψεων των μακροχρόνια ασθενών. Ο βασικός στόχος σε αυτή την περίπτωση είναι η αύξηση της αυτονομίας των ασθενών μέσω της κατ' οίκον διάθεσης υπηρεσιών υγείας που είναι κυρίως διαθέσιμες μόνο σε μονάδες υγείας. Επιπλέον στόχος είναι και η μακροπρόθεσμη διαχείριση μακροχρόνια ασθενών.
- Ανάπτυξη προσωποποιημένης φροντίδας, μέσω της εξειδίκευσης της διαδικασίας θεραπείας ή διαχείρισης της ασθένειας με βάση τις επιμέρους ανάγκες και το προσωπικό προφίλ κάθε ασθενούς.
- Εφαρμογή υπηρεσιών υγείας κλειστού-κύκλου (closed-loop), όπου η συνεχής παρακολούθηση και ροή δεδομένων σε σχέση με κάποιον ασθενή επιτρέπει την άμεση αξιολόγησή τους και την έμπρακτη χρήση τους για τροποποίηση/βελτίωση του σχεδίου διαχείρισής του, το οποίο στη συνέχεια εφαρμόζεται και προκύπτουν νέα δεδομένα δημιουργώντας έτσι ένα κλειστό κύκλο.

4.2.4. Παράγοντες Εξέλιξης της Τηλεϊατρικής

Η σύλληψη της ιδέας της τηλεϊατρικής καθώς και η εξέλιξή της σχετίζονται με την ιδέα της παροχής υπηρεσιών υγείας από απόσταση, συνεπώς της αύξησης της δυνατότητας πρόσβασης σε υπηρεσίες υγείας καθώς και της βελτίωσης της ποιότητας των παρεχόμενων ιατρικών υπηρεσιών, σε άτομα που βρίσκονται μακριά από αυτές (World Health Organization, 2010). Οι δύο αυτοί παράγοντες παραμένουν οι βασικότεροι στον σχεδιασμό και

στην εφαρμογή σύγχρονων τηλεϊατρικών εφαρμογών και προγραμμάτων. Παράλληλα με αυτούς όμως, εμφανίζονται και νέοι παράγοντες που συνδράμουν στην ανάπτυξη τηλεϊατρικών εφαρμογών, όπως:

- η δυνατότητα αξιολόγησης & ελέγχου του κόστους των παρεχόμενων υπηρεσιών,
- η ανάπτυξη του ερευνητικού τομέα, τόσο στο ιατρικό όσο και σε μία σειρά από άλλα πεδία που σχετίζονται με την τηλεϊατρική,
- η δημιουργία καινοτομίας και η ανάπτυξη της επιχειρηματικότητας,
- η γήρανση του πληθυσμού.

4.2.3.1. Πρόσβαση στις υπηρεσίες υγείας

Ο βασικός στόχος της τηλεϊατρικής είναι η προσφορά υπηρεσιών υγείας από απόσταση. Στην καθημερινότητα, η πρόσβαση στις υπηρεσίες υγείας δεν είναι το ίδιο εύκολη για όλους: αντικειμενικοί και κοινωνικοί λόγοι, όπως:

- η γεωγραφία,
- η απόσταση από τα μεγάλα αστικά κέντρα,
- οι καιρικές συνθήκες,
- η μέρα και η ώρα,
- το επίπεδο μόρφωσης, και
- η οικονομική κατάσταση,

περιορίζουν τη δυνατότητα των πολιτών για πρόσβαση στις υπηρεσίες υγείας καθώς και τη διαθεσιμότητά τους. Στα παραπάνω έρχονται να προστεθούν ο μεγάλος όγκος ασθενών καθώς και οι πολύωρες αναμονές στα μεγάλα νοσοκομεία. Συνεπώς, όπου εμφανίζεται ένα ή περισσότερα από τα παραπάνω χαρακτηριστικά, δημιουργείται γόνιμο έδαφος για την ανάπτυξη τηλεϊατρικών εφαρμογών, με στόχο την αύξηση της διαθεσιμότητας των υπηρεσιών υγείας καθώς και της δυνατότητας πρόσβασης των πολιτών σε αυτές. Αυτό δεν επιτυγχάνεται εξαιτίας της μικρής ή και καθόλου εφαρμογής της τηλεϊατρικής από τους παραπάνω παράγοντες, καθώς:

- η απόσταση από τα μεγάλα αστικά κέντρα και ο χρόνος (μέρα και η ώρα) δεν επηρεάζουν καθόλου της εφαρμογής τηλεϊατρικής,
- η γεωγραφία και οι καιρικές συνθήκες δεν επηρεάζουν ενσύρματες συνδέσεις (σταθερή τηλεφωνία), μπορούν όμως να περιορίσουν τις ασύρματες επικοινωνίες,
- το επίπεδο μόρφωσης και η οικονομική κατάσταση δεν αποτελούν ανασταλτικούς παράγοντες στη χρήση τηλεϊατρικών εφαρμογών σύνδεσης κέντρων υγείας με μεγάλες μονάδες υγείας, όμως μπορεί να είναι σημαντικός περιοριστικός παράγοντας για εφαρμογές που βασίζονται σε κινητές συσκευές και συνεπώς απαιτούν σύγχρονες κινητές συσκευές και υψηλή εξοικείωση των χρηστών με την τεχνολογία.

4.2.3.2. Βελτίωση των παρεχόμενων ιατρικών υπηρεσιών

Οι παρεχόμενες ιατρικές υπηρεσίες αποσκοπούν σε ένα τελικό κλινικό αποτέλεσμα, το οποίο με τη σειρά του είναι άμεσα συνυφασμένο από τις γνώσεις και την εμπειρία των επαγγελματιών υγείας που εμπλέκονται στην ιατρική διαδικασία. Η ανάπτυξη τηλεϊατρικών εφαρμογών μπορεί να συμβάλει θετικά σε αυτό τον τομέα, καθώς γεφυρώνει την απόσταση που υπάρχει μεταξύ περιφερειακών κέντρων υγείας, στα οποία είναι συχνό φαινόμενο η έλλειψη εξειδικευμένων ιατρών σε πολλές ειδικότητες με αποτέλεσμα τα περιστατικά να αντιμετωπίζονται από κάποιον γενικό ή ανειδίκευτο ιατρό, και των κεντρικών μονάδων υγείας. Η ενσωμάτωση της τηλεϊατρικής δίνει τη δυνατότητα τα δεδομένα του ασθενούς να αποστέλλονται σε κάποια μεγαλύτερη και πληρέστερη μονάδα υγείας, με αποτέλεσμα την εξέτασή τους από έναν εξειδικευμένο ιατρό, και την

αναμετάδοση της απόφασης-διάγνωσης πίσω στην απομακρυσμένη περιοχή. Με αυτό τον τρόπο βελτιώνεται η ποιότητα της διάγνωσης και συνεπώς και του τελικού κλινικού αποτελέσματος.

Πέρα όμως των συστημάτων τηλεϊατρικής που συνδέουν περιφερειακά κέντρα υγείας με μεγάλες μονάδες υγείας, υπηρεσίες τηλεϊατρικής μπορούν να παρέχονται και σε προσωπικό επίπεδο, με τη χρήση ασύρματων δικτύων. Σε αυτή την περίπτωση συνήθως πρόκειται για συστήματα τηλεπαρακολούθησης τα οποία συγκεντρώνουν δεδομένα για τον ασθενή, τα οποία αξιολογούνται είτε αυτόματα, από κάποιο ευφυές πληροφοριακό σύστημα, είτε από κάποιον ιατρό, που έχει πρόσβαση σε αυτά μέσω κάποιου διαδικτυακού πληροφοριακού συστήματος. Κατά αυτό τον τρόπο υπάρχει μια συνεχής εικόνα για την κλινική κατάσταση του ασθενούς και συνεπώς δυνατότητα παρεμβάσεων, είτε άμεσων σε περίπτωση ανάγκης, είτε έμμεσων μέσω τροποποιήσεων και βελτιώσεων στη φαρμακευτική αγωγή, κάτι που συνιστά σημαντική βελτίωση των παρεχόμενων ιατρικών υπηρεσιών.

4.2.3.3. Δυνατότητα αξιολόγησης & ελέγχου του κόστους των παρεχόμενων υπηρεσιών

Οι εφαρμογές τηλεϊατρικής περιλαμβάνουν τη λεπτομερή καταγραφή και αποθήκευση ιατρικών δεδομένων και εικόνων που σχετίζονται με κάθε περιστατικό καθώς και των σχετικών διαγνώσεων-γνωματεύσεων των ειδικών. Αυτή η λεπτομερής ηλεκτρονική καταγραφή επιτρέπει την αξιολόγηση των παρεχόμενων υπηρεσιών καθώς και της σχέσης του κόστους προς την ποιότητα των υπηρεσιών, στοιχεία ιδιαίτερα σημαντικά για τον σχεδιασμό συστημάτων υγείας.

4.2.3.4. Ανάπτυξη του ερευνητικού τομέα

Οι εφαρμογές τηλεϊατρικής περιλαμβάνουν την καταγραφή και αποθήκευση ιατρικών δεδομένων και εικόνων αλλά και (σε πολλές περιπτώσεις) την απομακρυσμένη διάγνωση αυτών. Συνεπώς δημιουργείται ένας μεγάλος όγκος από χαρακτηρισμένα δεδομένα τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ερευνητικούς λόγους, με στόχο την εξέλιξη αυτοματοποιημένων τεχνικών διάγνωσης και συστημάτων υποστήριξης απόφασης. Πέρα όμως της δυνατότητας καταγραφής και ανάλυσης δεδομένων, η ανάπτυξη εφαρμογών τηλεϊατρικής προϋποθέτει και έρευνα σε διάφορους άλλους τομείς, όπως:

- ανάπτυξη αισθητήρων και συσκευών,
- μετάδοση και αποστολή μεγάλου όγκου δεδομένων,
- αποθήκευση και διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων,
- ασφάλεια και ακεραιότητα δεδομένων,
- επεξεργασία σημάτων και εικόνων,
- ανάπτυξη ευφών πληροφορικών συστημάτων,
- ανάπτυξη κινητών και διαδικτυακών υπηρεσιών και εφαρμογών.

4.2.3.5. Αύξηση της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών

Η ποιότητα των υπηρεσιών υγείας είναι συνισταμένη διαφόρων παραγόντων, συμπεριλαμβανομένων:

- Δυνατότητα πρόσβασης/διαθεσιμότητα
- Ποιότητα των παρεχόμενων ιατρικών υπηρεσιών
- Κόστος των παρεχόμενων ιατρικών υπηρεσιών

Η εφαρμογή προγραμμάτων τηλεϊατρικής συμβάλει σημαντικά στην βελτίωση κάποιων παραγόντων (δυνατότητα πρόσβασης/διαθεσιμότητα και ποιότητα των παρεχόμενων ιατρικών υπηρεσιών), ενώ συνεισφέρει θετικά στον έλεγχο και την αξιολόγηση άλλων (κόστος των παρεχόμενων ιατρικών υπηρεσιών), με αποτέλεσμα να αποτελεί έναν σημαντικό παράγοντα για την αύξηση της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών συνολικά.

4.2.3.6. Γήρανση του πληθυσμού

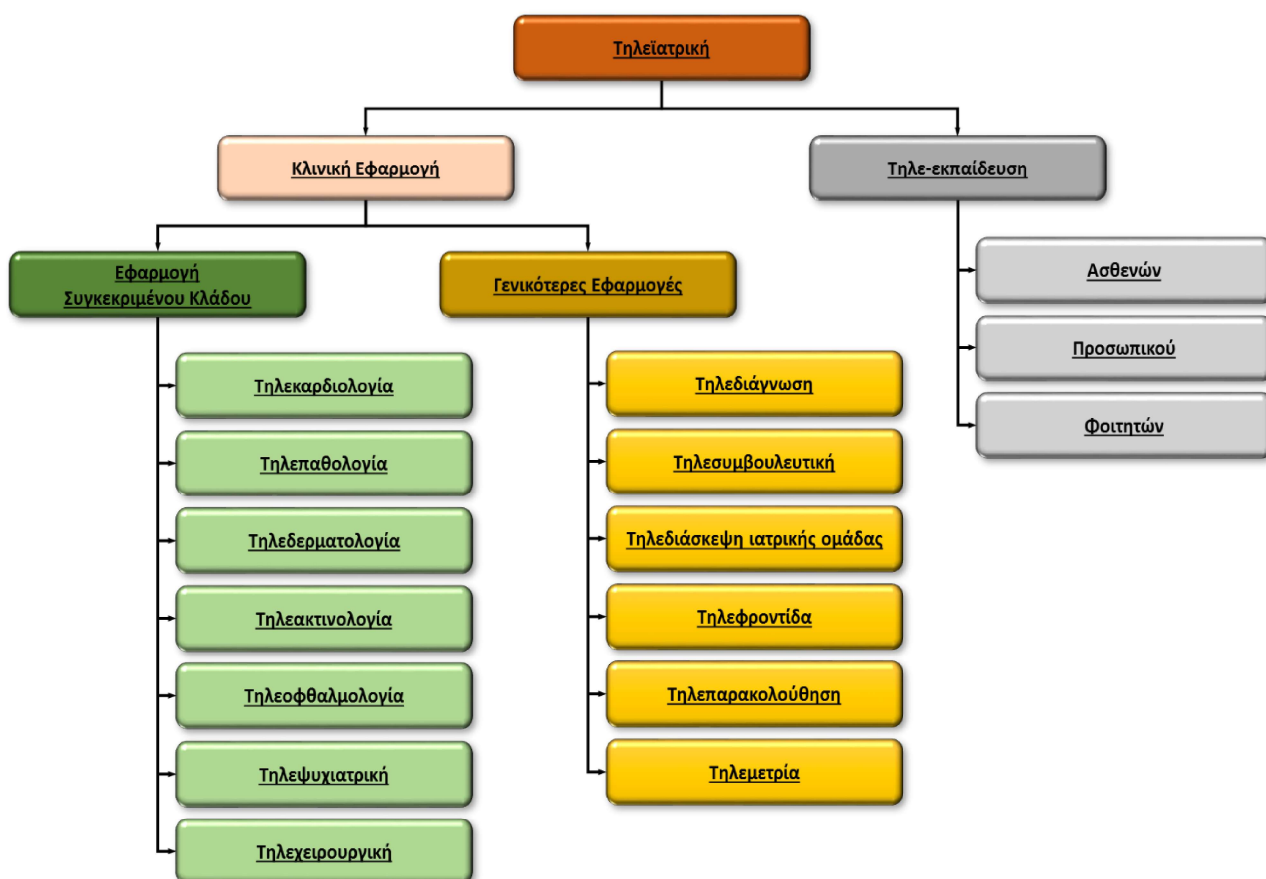
Σε όλες τις ανεπτυγμένες χώρες ο μέσος όρος ηλικίας αυξάνεται συνεχώς, με αποτέλεσμα οι άνθρωποι να ζουν περισσότερο και κατά συνέπεια:

- να είναι περισσότερα τα άτομα που πάσχουν από μία ή περισσότερες χρόνιες ή μακροχρόνιες παθήσεις, και
- να είναι περισσότεροι οι ηλικιωμένοι που δεν παρουσιάζουν κάποια συγκεκριμένη πάθηση, αλλά ανάγκη για επιβοηθητική ιατρική παρακολούθηση.

Τα παραπάνω, σε συνδυασμό με τις νέες απαιτήσεις/στόχους που τίθενται σε σχέση με τις διαδικασίες υγείας (μείωση των ασθενών στις μονάδες υγείας, απομακρυσμένη ή κατ' οίκον διαχείριση ατόμων με χρόνιες παθήσεις, σχεδιασμός των υπηρεσιών υγείας με κέντρο τον ασθενή και ανάπτυξη προσωποποιημένης φροντίδας, εφαρμογή υπηρεσιών υγείας κλειστού-κύκλου) αποτελούν ένα ισχυρότατο παράγοντα ανάπτυξης της τηλεϊατρικής, καθώς το κλασικό μοντέλο υπηρεσιών υγείας δεν μπορεί να ανταποκριθεί στις σύγχρονες ανάγκες.

4.2.4. Εφαρμογές Τηλεϊατρικής

Στην Εικόνα 4.7 παρουσιάζεται μια σύνοψη των εφαρμογών τηλεϊατρικής.



Εικόνα 4.7 Εφαρμογές τηλεϊατρικής.

4.2.4.1. Τηλεκαρδιολογία

Η τηλεκαρδιολογία είναι η πρώτη εφαρμογή τηλεϊατρικής, καθώς η πρώτη ιατρική εξέταση που μεταδόθηκε μέσω τηλεπικοινωνιακών δικτύων (τηλέφωνο) ήταν ένα ΗΚΓ. Όπως προαναφέρθηκε, οι πλέον σύγχρονες εφαρμογές τηλεκαρδιολογίας έχουν ακριβώς τα ίδια χαρακτηριστικά και στόχους με την πρώτη αυτή πειραματική μετάδοση στις αρχές του προηγούμενου αιώνα.

Οι εφαρμογές τηλεκαρδιολογίας έχουν ως κοινό χαρακτηριστικό την καταγραφή και μετάδοση του ΗΚΓ, με διάφορους στόχους:

- Όταν η διαδικασία πραγματοποιείται σε ασθενοφόρο και η μετάδοση είναι προς τη μονάδα υγείας προορισμού, τότε ο στόχος είναι η αρχική επείγουσα αξιολόγηση του ασθενούς για διαλογή και κατάλληλη προετοιμασία της μονάδας προορισμού.
- Προγράμματα τηλεκαρδιολογίας υπάρχουν σε απομακρυσμένες περιοχές ή σημεία δύσκολης πρόσβασης (π.χ. πάνω σε πλοία), όπου δεν υπάρχει ειδικευμένος καρδιολόγος και η μετάδοση των δεδομένων γίνεται προς μια κεντρική μονάδα υγείας με στόχο την αξιολόγηση και διάγνωση του ασθενούς από έναν εξειδικευμένο καρδιολόγο. Στη συνέχεια μεταδίδονται οδηγίες ιατρικής φροντίδας του ασθενούς πίσω στο αρχικό σημείο.
- Τηλεκαρδιολογία εφαρμόζεται σε καρδιοπαθείς, με στόχο τη συλλογή δεδομένων για την καλύτερη και προσωποποιημένη διαχείριση του ασθενούς.

Η τηλεκαρδιολογία είναι μια από τις πλέον διαδεδομένες μορφές τηλεϊατρικής, καθώς απαιτεί ελάχιστο και χαμηλού κόστους εξοπλισμό (έναν ψηφιακό ηλεκτροκαρδιογράφο) ενώ και τα δεδομένα που συλλέγονται (ΗΚΓ) είναι μικρής τάξης μεγέθους, με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η αποστολή τους ακόμα και σε μια χαμηλής ποιότητας ή ταχύτητας τηλεπικοινωνιακή σύνδεση.

4.2.4.2. Εφαρμογές που σχετίζονται με εικόνες

Οι εφαρμογές της τηλεακτινολογίας, τηλεοφθαλμολογίας και τηλεδερματολογίας έχουν ως κοινό χαρακτηριστικό την άμεση εξάρτηση από εικόνες. Σε κάθε περίπτωση μπορεί να υπάρχουν συνοδευτικά κλινικά δεδομένα, αλλά η εικόνα, δηλαδή η ακτινογραφία στην περίπτωση της τηλεακτινολογίας, οι εικόνες της εξέτασης των ματιών στην τηλεοφθαλμολογία και η εικόνα της υπό εξέταση περιοχής του δέρματος στην τηλεδερματολογία, διαδραματίζουν το βασικό ρόλο στη διάγνωση. Οι εφαρμογές έχουν ως κοινή διαδικασία την απόκτηση της εικόνας και στη συνέχεια την αποστολής της μαζί με τα όποια συνοδευτικά δεδομένα.

Μια σημαντική διαφοροποίηση των εφαρμογών που σχετίζονται με εικόνες είναι ο απαραίτητος εξοπλισμός λήψης της εικόνας, αλλά και η ποιότητα και συνεπώς το μέγεθός της. Στην τηλεακτινολογία απαιτείται απόλυτα εξειδικευμένος εξοπλισμός (ψηφιακός ακτινογράφος), ενώ η σχετική εικόνα, δηλαδή η ακτινογραφία, πρέπει να είναι ιδιαίτερα υψηλής ευκρίνειας, συνεπώς απαιτείται δίκτυο υψηλών ταχυτήτων για τη μετάδοσή της. Το ίδιο ισχύει και στην τηλεοφθαλμολογία, με εξειδικευμένο εξοπλισμό και πολλές και μεγάλες σε χώρο αποθήκευσης εικόνες. Αντίθετα, στην τηλεδερματολογία δεν απαιτείται κάποιος εξειδικευμένος εξοπλισμός, καθώς ακόμα και μια κάμερα κινητού τηλεφώνου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απόκτηση της εικόνας, η οποία είναι σχετικά μικρού μεγέθους και μπορεί να αποσταλεί ακόμα και από ένα μέτριας ποιότητας και ταχύτητας δίκτυο τηλεπικοινωνίας.

4.2.4.3. Κατηγοριοποίηση Εφαρμογών

Οι εφαρμογές τηλεϊατρικής καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα στόχων και αναγκών. Μια κατηγοριοποίηση των εφαρμογών είναι ανάλογα με το πεδίο εφαρμογής (Committee on Evaluating Clinical Applications of Telemedicine, 1996) και παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.1.

Πεδίο Εφαρμογής	Ενδεικτικά Παραδείγματα
Διαχείριση ασθενών	Όλες οι κλινικές εφαρμογές (Εικόνα 4.7)
Εκπαίδευση Επαγγελματιών Υγείας	Τηλε-εκπαίδευση προσωπικού και φοιτητών Συνεχιζόμενα προγράμματα ιατρικής εκπαίδευσης
Εκπαίδευση Ασθενών	Τηλε-εκπαίδευση ασθενών Υπηρεσίες άμεσης βοήθειας (on-line) για ασθενείς με χρόνια προβλήματα υγείας
Έρευνα	Όλες οι εφαρμογές τηλεϊατρικής Συνεχή δεδομένα παρακολούθησης ασθενών Ομαδοποίηση δεδομένων από πολλαπλές τοποθεσίες
Δημόσια Υγεία	Τηλεφροντίδα Φροντίδα ευπαθών ομάδων
Διοίκηση Υπηρεσιών Υγείας	Βιντεο-συνεδρίες για τους διαχειριστές υγείας

Πίνακας 4.1 Κατηγοριοποίηση με βάση το πεδίο εφαρμογής.

Μια δεύτερη κατηγοριοποίηση που σχετίζεται κυρίως με το πρώτο πεδίο (διαχείριση ασθενών), δηλαδή με το πεδίο των κλινικών εφαρμογών, παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.2.

Πεδίο Κλινικής Εφαρμογής	Ενδεικτικά Παραδείγματα
Αρχική επείγουσα αξιολόγηση ασθενούς για διαλογή, σταθεροποίηση και μεταφορά	Τηλεκαρδιολογία σε ασθενοφόρο
Επίβλεψη πρωτοβάθμιας φροντίδας (όταν ένας ειδικός δεν είναι διαθέσιμος σε τοπικό επίπεδο)	Τηλεφροντίδα
Μεμονωμένη ή συνεχόμενη παροχή εξειδικευμένης φροντίδας ειδικότητας (όταν ένας ειδικός δεν είναι διαθέσιμος σε τοπικό επίπεδο)	Όλες οι κλινικές εφαρμογές (Εικόνα 4.7)
Διαβούλευση, συμπεριλαμβανομένης και της δεύτερης γνώμης	Τηλεδιάσκεψη ιατρικής ομάδας
Έλεγχος της κατάστασης του ασθενούς στα πλαίσια της συνεχιζόμενης παρακολούθησης ή της διαχείρισης χρόνιων καταστάσεων	Τηλεπαρακολούθηση
Χρήση απομακρυσμένων πληροφοριών υποστήριξης απόφασης για υποστήριξη ή καθοδήγηση της φροντίδας	Όλες οι κλινικές εφαρμογές (Εικόνα 4.7)

Πίνακας 4.2 Κατηγοριοποίηση κλινικών εφαρμογών τηλεϊατρικής.

4.3. Κινητή Υγεία

4.3.1. Ορισμός

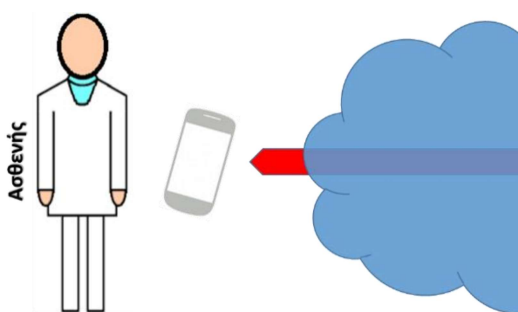
Το Παγκόσμιο Παρατηρητήριο για την ηλεκτρονική υγεία, του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγειονομικής Περίθαλψης, στο έγγραφο «Κινητή υγεία - Νέοι ορίζοντες για την υγεία μέσω κινητών τεχνολογιών» (World Health Organization, 2011) ορίζει την κινητή υγεία ως:

- Η «κινητή» υγεία («mHealth») καλύπτει “την άσκηση της ιατρικής και της δημόσιας υγείας που υποστηρίζεται από κινητές συσκευές, όπως κινητά τηλέφωνα, συσκευές παρακολούθησης ασθενών, προσωπικούς ψηφιακούς βοηθούς (PDA) και άλλες ασύρματες συσκευές”.

Επιπλέον, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή στην Πράσινη Βίβλο για την «κινητή» υγεία (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2014) συμπληρώνει ότι ο όρος «κινητή υγεία»:

- Περιλαμβάνει επίσης «εφαρμογές» («apps») όπως εφαρμογές τρόπου ζωής και ευζωίας που μπορούν να συνδεθούν με ιατρικές συσκευές ή αισθητήρες (π.χ. βραχιόλια ή ρολόγια), καθώς επίσης και συστήματα ατομικής καθοδήγησης, πληροφορίες για την υγεία και υπενθυμίσεις φαρμακοληψίας που παρέχονται μέσω υπηρεσιών σύντομων μηνυμάτων και υπηρεσίες τηλεϊατρικής που παρέχονται ασύρματα.

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω, ο όρος «κινητή υγεία» καλύπτει ένα σύνολο από συσκευές και εφαρμογές σε σχέση με την υγεία, με κοινό χαρακτηριστικό τη χρήση κάποιας κινητής συσκευής στο επίκεντρο της όλης διαδικασίας.



Εικόνα 4.8 Πρόσβαση ασθενούς σε υπηρεσίες υγείας μέσω κινητών συσκευών.

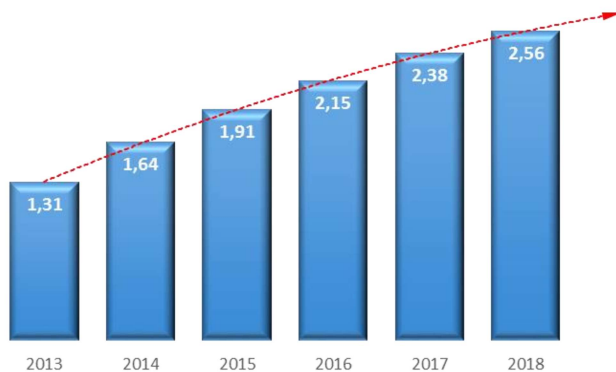
4.3.2. Παράγοντες Εξέλιξης της Κινητής Υγείας

Η κινητή υγεία αποτελεί τομέα της τηλεϊατρικής, συνεπώς όλοι οι βασικοί παράγοντες εξέλιξης της τηλεϊατρικής (παροχή υπηρεσιών υγείας από απόσταση, βελτίωση της ποιότητας των παρεχόμενων ιατρικών υπηρεσιών, δυνατότητα αξιολόγησης, ανάπτυξη του ερευνητικού τομέα κτλ.) συμβάλλουν θετικά και στην εξέλιξη της κινητής υγείας. Οι ιδιαιτερότητες όμως της κινητής υγείας, δημιουργούν και μια σειρά από επιπλέον παράγοντες εξέλιξης, που δίνουν σημαντική ώθηση στην ανάπτυξη του τομέα, όπως:

1. Η ραγδαία εξέλιξη των φορητών συσκευών και η εκρηκτική αύξηση της χρήσης τους στις αναπτυσσόμενες χώρες.
2. Η εξοικείωση τόσο του γενικού πληθυσμού όσο και του προσωπικού των υπηρεσιών υγείας με τις κινητές συσκευές, που δημιουργείται μέσα από τη συνεχή χρήση τους, και συνήθως είναι δεδομένη. Επιπλέον, η εξοικείωση με κινητές συσκευές είναι πλέον μεγαλύτερη από την εξοικείωση με ηλεκτρονικούς υπολογιστές ή με άλλες εξειδικευμένες συσκευές (που πολλές φορές χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές τηλεϊατρικής).

3. Η άμεση πρόσβαση σε τηλεπικοινωνιακά δίκτυα που προσφέρουν αυτές οι συσκευές, καθιστώντας αυτονόητη τη μετάδοση δεδομένων, που είναι κεντρική ιδέα σε όλες τις εφαρμογές τηλεϊατρικής.

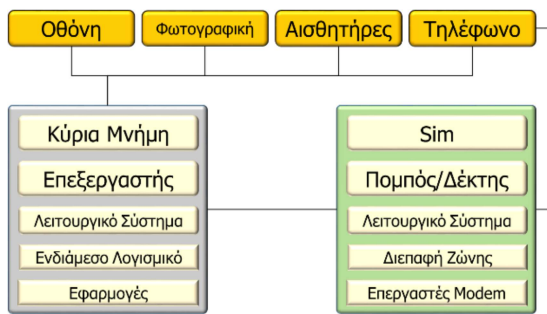
Η διείσδυση της κινητής τηλεφωνίας έχει ξεκινήσει περισσότερες από δύο δεκαετίες, όμως ήταν η εξέλιξη των κινητών συσκευών από «απλά» τηλέφωνα σε «έξυπνες» φορητές συσκευές που επέτρεψε την εξέλιξη των κινητών εφαρμογών, και μεταξύ αυτών και της κινητής ιατρικής. Οι «έξυπνες» φορητές συσκευές, με κύριο εκπρόσωπο τα «έξυπνα» κινητά τηλέφωνα (smart phones), τους υπολογιστές ταμπλέτες (tablet) και τα «έξυπνα» ρολόγια (smart watch), βρίσκονται πλέον παντού, επηρεάζοντας σε σημαντικό βαθμό την καθημερινότητα αλλά και δίνοντας σημαντικές δυνατότητες ανάπτυξης.



Εικόνα 4.9 Χρήστες έξυπνων κινητών συσκευών (σε δισεκατομμύρια).

Μια σύγχρονη φορητή συσκευή αποτελεί ένα ολοκληρωμένο πληροφοριακό σύστημα, ενσωματώνοντας δυνατότητες εισαγωγής, επεξεργασίας και παρουσίασης δεδομένων σε συνδυασμό τις υπολογιστικές ικανότητες για άμεση πρόσβαση σε δίκτυα τηλεπικοινωνιών. Τα βασικά χαρακτηριστικά των «έξυπνων» φορητών συσκευών είναι:

- Μικρό (σχετικά) μέγεθος και βάρος
- Μεγάλη υπολογιστική ισχύ, η οποία τείνει συνεχώς να αυξάνεται
- Ιδιαίτερα αυξημένες δυνατότητες επικοινωνίας, όπως δίκτυα τηλεφωνίας (3G, 4G, 5G), ασύρματα τοπικά δίκτυα (Wi Fi), ασύρματα προσωπικά δίκτυα (Bluetooth), καθώς και δυνατότητες «γεφύρωσης» αυτών (mobile hotspot).
- Πλήθος αισθητήρων
- Αρκετά μεγάλη αυτονομία ενέργειας
- Ευκολία υλοποίησης και διάθεσης εφαρμογών
- Σχετικά χαμηλή τιμή



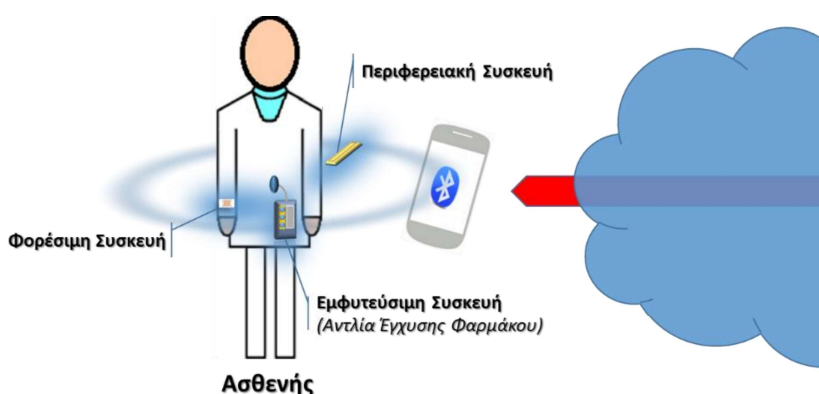
Εικόνα 4.10 Βασική αρχιτεκτονική «έξυπνων» κινητών τηλεφώνων.

Πέρα από την υπολογιστική ισχύ και τις επικοινωνιακές δυνατότητες, οι «έξυπνες» συσκευές ενσωματώνουν όλο και μεγαλύτερο βαθμό από αισθητήρες, οι οποίοι δίνουν τη δυνατότητα συστηματικής καταγραφής και αποθήκευσης δραστηριοτήτων. Οι σημαντικότεροι αισθητήρες που ενσωματώνονται στις σύγχρονες «έξυπνες» συσκευές είναι κυρίως:

- **Οθόνη αφής (touchpad).** Αποτελεί τον βασικότερο αισθητήρα χρήσης των «έξυπνων» κινητών συσκευών.
- **Φωτογραφική μηχανή/βιντεοκάμερα.** Σχεδόν όλες οι φορητές συσκευές διαθέτουν κάμερα, και σε πολλές περιπτώσεις περισσότερες από μία, με δυνατότητα λήψης φωτογραφιών και βίντεο υψηλής ανάλυσης. Με την αύξηση της υπολογιστικής ισχύος των συσκευών, πέρα από τη λήψη, είναι δυνατή πλέον και η ψηφιακή επεξεργασία φωτογραφιών και βίντεο.
- **Μικρόφωνο.** Με το μικρόφωνο είναι δυνατή η καταγραφή ηχητικού σήματος και η περαιτέρω ψηφιακή επεξεργασία του.
- **Αισθητήρας εγγύτητας (proximity sensor).** Ο αισθητήρας εγγύτητας εκπέμπει ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα στην περιοχή του υπέρυθρου και με βάση αυτό υπολογίζει την απόσταση αντικειμένων από τη συσκευή. Βρίσκεται στο μπροστινό μέρος των συσκευών και η πλέον κοινή χρήση του έχει να κάνει με την ενεργοποίηση/απενεργοποίηση της οθόνης.
- **Αισθητήρας παγκόσμιου συστήματος προσδιορισμού θέσης (Global Positioning System – GPS sensor).** Ο αισθητήρας GPS των φορητών συσκευών συγκεντρώνει σήματα από δορυφόρους του παγκόσμιου συστήματος θέσης. Ανιχνεύοντας σήματα από τουλάχιστον 4 δορυφόρους και υπολογίζοντας την απόσταση από αυτούς και τη γεωμετρία των αποστάσεων από το σημείο που βρίσκεται η συσκευή, υπολογίζεται η θέση της.
- **Αισθητήρας φωτεινότητας.** Ο αισθητήρας φωτεινότητας αντιλαμβάνεται το επίπεδο του φωτός και με βάση αυτό προσαρμόζει ρυθμίσεις που σχετίζονται με την οθόνη και την κάμερα.
- **Επιταχυνσιόμετρο (accelerometer).** Το επιταχυνσιόμετρο είναι αισθητήρας που ανιχνεύει τις δυνάμεις που προκαλούνται από επιτάχυνση. Αυτό πραγματοποιείται σε 3 άξονες, δίνοντας τρία διακριτά αποτελέσματα (ένα για κάθε άξονα). Τα επιταχυνσιόμετρα καταγράφουν τόσο δυνάμεις που ασκούνται στατικά (όπως από την επιτάχυνση της βαρύτητας), όσο και δυνάμεις που ασκούνται από τις μεταβολές της ταχύτητας (λόγω κίνησης).
- **Γυροσκόπιο.** Το γυροσκόπιο είναι αισθητήρας που καταγράφει την περιστροφή γύρω από κάθε άξονα. Η καταγραφή πραγματοποιείται σε σχέση με τους 3 άξονες.
- **Βαρόμετρο.** Αισθητήρας μέτρησης της βαρομετρικής (ατμοσφαιρικής) πίεσης, που αποτελεί ίσως το σημαντικότερο μετεωρολογικό στοιχείο.
- **Αισθητήρας δακτυλικού αποτυπώματος.** Ο αισθητήρας δακτυλικού αποτυπώματος έχει τη δυνατότητα κατά την επαφή να σαρώνει το δακτυλικό αποτύπωμα.

- **Αισθητήρας καρδιακών παλμών.** Ο αισθητήρας καρδιακών παλμών έχει τη δυνατότητα να πραγματοποιεί καταγραφή της καρδιακής συχνότητας, όταν έρχεται σε επαφή με το δέρμα (άκρη ενός δακτύλου).

Εκτός όμως από τους ενσωματωμένους αισθητήρες που φέρουν, υπάρχουν και πλήθος άλλες φορέσιμες ή περιφερειακές συσκευές, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την καταγραφή σύνθετων δραστηριοτήτων (π.χ. σύνθετες κινήσεις) ή απόλυτα εξειδικευμένων διαδικασιών (π.χ. συγκεκριμένα ιατρικά τεστ, μέτρηση γλυκόζης στο αίμα), οι οποίες έχουν τη δυνατότητα να συνδέονται με την «έξυπνη» συσκευή, αποστέλλοντας δεδομένα για επεξεργασία, αποθήκευση ή και μετάδοση. Έτσι, οι «έξυπνες» συσκευές, εκτός από αυτοτελείς συσκευές μέτρησης και επεξεργασίας, μπορούν να αποτελέσουν και το κέντρο μεγαλύτερων αρχιτεκτονικών, που ενσωματώνουν πλήθος περιφερειακών συσκευών. Σε αυτή την κατηγορία πλέον παρουσιάζονται και σύνθετες ιατρικές συσκευές, οι οποίες δεν χρησιμοποιούνται απλώς για καταγραφή δεδομένων αλλά διαδραματίζουν ενεργό ρόλο στην κατάσταση της υγείας του ασθενούς, όπως αντλίες έγχυσης φαρμάκου ή συσκευές καρδιακής υποβοήθησης.



Εικόνα 4.11 Αρχιτεκτονική συστημάτων κινητής υγείας, με κέντρο ένα «έξυπνο» κινητό τηλέφωνο.

4.3.3. Εφαρμογές Κινητής Υγείας

Οι εφαρμογές κινητής υγείας είναι λογισμικά προγράμματα για «έξυπνες» συσκευές, που σχετίζονται άμεσα με την υγεία και την ευεξία. Λόγω της ραγδαίας εξέλιξης των «έξυπνων» συσκευών και της εξοικείωσης του πληθυσμού με αυτές, γενικότερα ο κλάδος της ανάπτυξης εφαρμογών για αυτές τις συσκευές έχει γνωρίσει μεγάλη ανάπτυξη, και κατά συνέπεια και η κατηγορία των εφαρμογών κινητής υγείας. Σύμφωνα με την Παγκόσμια Ένωση Παρόχων Κινητής Τηλεφωνίας (GSMA) περισσότερο από το 70% των χρηστών κινητής τηλεφωνίας έχει εγκαταστήσει τουλάχιστον μια εφαρμογή κινητής υγείας, ενώ περισσότερο από το 25% κάνει συστηματική χρήση τουλάχιστον μιας τέτοιας εφαρμογής. Επιπλέον, οι υπηρεσίες κινητής υγείας αναμένεται να φθάσουν σε αξία τα 5,6 δισεκατομμύρια στην Ευρώπη και τα 25 δισεκατομμύρια ευρώ παγκοσμίως μέχρι το 2017. Συνεπώς, υπάρχει ένας τεράστιος αριθμός εφαρμογών κινητής υγείας, οι οποίες παρουσιάζουν ευρύ φάσμα δυνατοτήτων και λειτουργιών, συμπεριλαμβανομένων:

- Παροχή ιατρικής γνώσης και συμβουλών.
- Πληροφόρηση σε σχέση με κάποια πάθηση.
- Υπενθύμιση φαρμακευτικής αγωγής.
- Τήρηση ιατρικού ημερολογίου.
- Παρακολούθηση και καταγραφή ιατρικών δεδομένων του ασθενούς.

Στην τελευταία κατηγορία ανήκουν εφαρμογές που συνήθως λαμβάνουν δεδομένα είτε με απευθείας εισαγωγή από τον ασθενή, είτε από τους αισθητήρες της συσκευής ή/και από άλλες ιατρικές συσκευές ή αισθητήρες, με τους οποίους στη συνέχεια μπορούν να επιτελέσουν διάφορες λειτουργίες, συμπεριλαμβανομένων:

- Προβολή των δεδομένων, άμεσα ή με χρήση κάποιου γραφικού τρόπου αναπαράστασης, με στόχο την άμεση ενημέρωση του ασθενούς.
- Αποθήκευση των δεδομένων με στόχο τη δημιουργία ιστορικού.
- Επεξεργασία των δεδομένων και αξιολόγηση της κατάστασης της υγείας του ασθενούς.
- Ανάλυση των δεδομένων με στόχο την υποβοήθηση για τη λήψη ιατρικών αποφάσεων.
- Αποστολή των δεδομένων σε κάποιο κεντρικό σύστημα τηλεϊατρικής.

4.3.3.1 Κατηγοριοποίηση Εφαρμογών Κινητής Υγείας

Οι εφαρμογές της Κινητής Υγείας μπορούν να κατηγοριοποιηθούν με βάση τις βασικές λειτουργίες τους.

1. **Εφαρμογές Παρακολούθησης Υγείας Ασθενούς (Health Monitoring apps).** Οι εφαρμογές παρακολούθησης υγείας ασθενούς είναι εφαρμογές που συγκεντρώνουν δεδομένα από το περιβάλλον του ασθενούς (είτε αυτόματα μέσω κάποιων αισθητήρων ή συνδεδεμένων περιφερειακών συσκευών, είτε με εισαγωγή από τον ίδιο τον ασθενή) και στη συνέχεια αποστέλλουν τα δεδομένα σε ένα κεντρικό πληροφορικό σύστημα (server) προσβάσιμο από επαγγελματίες υγείας. Έτσι, επιτρέπουν σε ένα γιατρό να παρακολουθεί τα συμπτώματα του ασθενούς από απόσταση. Οι εφαρμογές παρακολούθησης μπορεί να ενσωματώνουν και επιπλέον λειτουργίες επεξεργασίας και αυτόματης αξιολόγησης των δεδομένων, αν και κάτι τέτοιο είναι πιο συνηθισμένο να πραγματοποιείται στο κεντρικό υπολογιστικό σύστημα, το οποίο έχει πολύ μεγαλύτερες δυνατότητες επεξεργασίας.
2. **Εφαρμογές Αξιολόγησης Υγείας Ασθενούς (Health Assessment apps).** Η βασική διαφορά τους με την προηγούμενη κατηγορία είναι ότι παρέχουν άμεσα αυτόματη αξιολόγηση των δεδομένων, χρησιμοποιώντας τεχνικές ψηφιακής επεξεργασίας και τεχνητής νοημοσύνης.
3. **Εφαρμογές Υπενθύμισης (Reminder apps).** Ίσως το πιο απλό είδος ιατρικής εφαρμογής, στο οποίο αρχικά γίνεται εισαγωγή του προγράμματος της φαρμακευτικής αγωγής και στη συνέχεια η εφαρμογή παράγει έγκαιρες χρονικά ειδοποιήσεις προς τον ασθενή σε σχέση με την φαρμακευτική ουσία και την ποσότητα που πρέπει να λάβει. Επιπλέον, μπορεί να ζητάει επιβεβαίωση για τη λήψη κάθε δόσης. Τα δεδομένα καταγράφονται σε ένα ιστορικό, ενώ σε κάποιες εφαρμογές είναι δυνατή η ενημέρωση ιστορικού σε ένα κεντρικό πληροφορικό σύστημα (server), με αποτέλεσμα να είναι διαθέσιμα και σε επαγγελματίες υγείας. Μια επιπλέον δυνατότητα που υπάρχει συνήθως είναι και ο προγραμματισμός ιατρικών ραντεβού. Οι εφαρμογές αυτές, όταν συνδέονται σε ένα κεντρικό πληροφορικό σύστημα, μπορούν να παρέχουν δυναμική μεταβολή των στοιχείων, όπως π.χ. στην περίπτωση ακύρωσης κάποιου ιατρικού ραντεβού από τον ασθενή με αυτόματη ειδοποίηση στον ιατρό, ή την παρέμβαση εκ μέρους του ιατρού στη φαρμακευτική αγωγή και αυτόματη ειδοποίηση του ασθενούς με την νέα αγωγή, χωρίς να απαιτείται άλλη μεταξύ τους επικοινωνία.
4. **Εφαρμογές Υγείας και Ευεξίας (Healthy Life apps).** Σε αυτή την κατηγορία συμπεριλαμβάνονται εφαρμογές υγιεινής διατροφής, διαιτολογίας αλλά και προγραμμάτων γυμναστηρίου. Αποτελούν τις πλέον διαδεδομένες εφαρμογές κινητής υγείας, ενώ απευθύνονται στον τελικό χρήστη.
5. **Εφαρμογές ιατρικών βάσεων δεδομένων (Medical Database apps).** Ουσιαστικά πρόκειται για εφαρμογές που επιτρέπουν την αναζήτηση σε ιατρικές βάσεις δεδομένων, τόσο γενικών γνώσεων όσο και εξειδικευμένες. Απευθύνονται τόσο σε επαγγελματίες υγείας όσο και στον γενικό πληθυσμό.

6. **Εφαρμογές Γενικών Πληροφοριών (General Information apps).** Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται εφαρμογές που αναπτύχθηκαν από ένα συγκεκριμένο φορέα (π.χ. νοσοκομείο), για να παράσχουν γενικές πληροφορίες σχετικά με τις εγκαταστάσεις, την κτηριακή δομή και τις προσφερόμενες υπηρεσίες.
7. **Πύλες Ασθενών (Patient Portals).** Οι πύλες ασθενών είναι εφαρμογές μέσω των οποίων ο ασθενής αποκτάει πρόσβαση στα προσωπικά του ηλεκτρονικά ιατρικά αρχεία και επιτρέπει την ευκολότερη επικοινωνία γιατρού-ασθενούς.
8. **Εφαρμογές Κλινικής Βοήθειας (Clinical assistance apps).** Οι εφαρμογές κλινικής βοήθειας απευθύνονται κυρίως σε ιατρικό προσωπικό. Η βασική τους λειτουργία είναι να επιτρέπουν την πρόσβαση σε ηλεκτρονικούς φακέλους ασθενών ή εργαστηριακά αποτελέσματα κατά τη διάρκεια μιας συνάντησης. Επιπλέον, μπορούν να επιτρέπουν στους γιατρούς να επικοινωνούν και να ανταλλάσσουν πληροφορίες σχετικά με ασθενείς.
9. **Εφαρμογές Συγκεκριμένης Ασθένειας/Πάθησης.** Πρόκειται για εφαρμογές που εστιάζουν σε μια συγκεκριμένη (συνήθως χρόνια) ασθένεια ή κατάσταση και συγκεντρώνουν διαδικασίες και λειτουργίες απόλυτα στοχευμένες σε αυτή, όπως π.χ. καρδιοπάθειες, διαβήτη, επιληψίες, νευροεκφυλιστικές παθήσεις κ.α.

Βιβλιογραφία/Αναφορές

- Αγγελίδης, Π. (2011). Ιατρική Πληροφορική (Τόμος Α'). Εκδόσεις σοφία, Θεσσαλονίκη.
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (2014). ΠΡΑΣΙΝΗ ΒΙΒΛΟΣ για την «κινητή» υγεία ("mHealth"). COM(2014) 219 final, Βρυξέλλες.
- Μπότσης, Τ., Χαλκιώτης, Σ. (2005). Πληροφορική Υγείας. Εκδόσεις Δίαυλος, Αθήνα.
- Brown, J. H. U. (1982). Telecommunications for health care. Boca Raton, FL: CRC.
- Committee on Evaluating Clinical Applications of Telemedicine. (1996). Telemedicine: A Guide to Assessing Telecommunications for Health Care. NATIONAL ACADEMY PRESS.
- Einthoven, W. (1906). Le telecardiogramme. Archives Internationales de Physiologie, 132-164.
- Gershon-Cohen, J., Cooley, A. G. (1950). Telognosis. Radiology, 582-587.
- World Health Organization. (1998). A health telematics policy in support of WHO's Health-For-All strategy for global health development: report of the WHO group consultation on health telematics. 11-16 December, Geneva, 1997.
- World Health Organization. (2010). TELEMEDICINE: Opportunities and developments in Member States. Global Observatory for eHealth.
- World Health Organization. (2011). «Κινητή υγεία - Νέοι ορίζοντες για την υγεία μέσω κινητών τεχνολογιών. Παγκόσμιο Παρατηρητήριο για την ηλεκτρονική υγεία.
- Zundel, M. (1996). Telemedicine: history, applications, and impact on librarianship. Bull Med Libr Assoc, 71-79.

Κριτήρια αξιολόγησης

Κριτήριο αξιολόγησης 1

Αναφέρετε τον ορισμό της τηλεϊατρικής.

Απάντηση/Λύση

Τηλεϊατρική είναι η παροχή υπηρεσιών από επαγγελματίες υγείας, εκεί όπου η απόσταση είναι ένας κρίσιμος παράγοντας, χρησιμοποιώντας τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνιών για ανταλλαγή πολύτιμων πληροφοριών για τη διάγνωση, θεραπεία, πρόληψη ασθενειών και για τη συνεχή εκπαίδευση των λειτουργών υγείας, καθώς επίσης και για την έρευνα και αξιολόγηση, αλλά και για όλα αυτά που βρίσκονται στο πεδίο ενδιαφέροντος για την αναβάθμιση των υπηρεσιών υγείας της κοινωνίας.

Κριτήριο αξιολόγησης 2

Αναφέρετε τις εφαρμογές της τηλεματικής στην υγεία.

Απάντηση/Λύση

Οι εφαρμογές τηλεματικής στην υγεία περιλαμβάνουν:

- τηλεϊατρική (telemedicine), που αφορά στην παροχή διάγνωσης, θεραπείας ή άλλων υπηρεσιών υγείας προς ασθενείς,
- τηλευγεία (telehealth), που αφορά στην παροχή υπηρεσιών υγείας και ευεξίας προς υγιή άτομα,
- τηλεδιάσκεψη (teleconference) ιατρικής ομάδας με αντικείμενο κάποιο ιατρικό θέμα ή τη διάγνωση κάποιας περίπτωσης,
- τηλε-εκπαίδευση (tele education), όταν αυτή αφορά σε επαγγελματίες του χώρου της υγείας, σε φοιτητές ή στους ίδιους τους ασθενείς,
- τηλεφροντίδα (telecare), που αφορά ασθενείς με χρόνιες παθήσεις,
- τηλεμετρία (telemetry), πραγματικού χρόνου παρακολούθηση ιατρικών ή βιολογικών δεδομένων,
- τηλεπαρακολούθηση (telemonitoring), που σχετίζεται με καταγραφή και αποθήκευση ιατρικών ή βιολογικών δεδομένων.

Κριτήριο αξιολόγησης 3

Αναφέρετε τους στόχους της τηλεϊατρικής.

Απάντηση/Λύση

Οι βασικοί στόχοι της τηλεϊατρικής είναι:

- Μεταφορά της πληροφορίας και όχι του ατόμου.
- Αυξημένη δυνατότητα πρόσβασης σε ιατρικές υπηρεσίες.
- Αυξημένη ποιότητα των ιατρικών υπηρεσιών.
- Αξιολόγηση της ποιότητας και έλεγχος του κόστους.
- Σχεδιασμός των υπηρεσιών υγείας με κέντρο τον ασθενή.
- Μείωση των ασθενών στις μονάδες υγείας των επισκέψεων των μακροχρόνια ασθενών.
- Εφαρμογή υπηρεσιών υγείας κλειστού-κύκλου (closed-loop).

Κριτήριο αξιολόγησης 4

Αναφέρετε τους παράγοντες εξέλιξης της τηλεϊατρικής.

Απάντηση/Λύση

Οι βασικοί παράγοντες εξέλιξης της τηλεϊατρικής είναι:

- Πρόσβαση στις υπηρεσίες υγείας
- Βελτίωση των παρεχόμενων ιατρικών υπηρεσιών
- Δυνατότητα αξιολόγησης & ελέγχου του κόστους των παρεχόμενων υπηρεσιών
- Ανάπτυξη του ερευνητικού τομέα
- Αύξηση της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών
- Γήρανση του πληθυσμού

Κριτήριο αξιολόγησης 6

Αναφέρετε τον ορισμό της κινητής υγείας.

Απάντηση/Λύση

Η «κινητή» υγεία («mHealth») καλύπτει «την άσκηση της ιατρικής και της δημόσιας υγείας που υποστηρίζεται από κινητές συσκευές, όπως κινητά τηλέφωνα, συσκευές παρακολούθησης ασθενών, προσωπικούς ψηφιακούς βοηθούς (PDA) και άλλες ασύρματες συσκευές».

Κεφάλαιο 5 – Συστήματα Υποστήριξης Απόφασης στην Ιατρική

Σύνοψη

Τα Κλινικά Συστήματα Υποστήριξης Απόφασης (CDSS) αποτελούν ένα σημαντικό κομμάτι του τομέα των τεχνολογιών διαχείρισης των κλινικών γνώσεων μέσω της ικανότητάς τους να υποστηρίζουν την κλινική διαδικασία και τη χρήση των γνώσεων, από τη διάγνωση και τη θεραπεία μέσω της έρευνας και της μακροχρόνιας φροντίδας. Υπάρχουν τρία βασικά συστατικά που σχηματίζουν ένα CDSS: η γνώση, τα ευφυή φίλτρα και η παρουσίαση. Τα CDSS αποτελούν φλέγον ζήτημα όλα αυτά τα χρόνια, όμως, οι οργανισμοί υγείας δυσκολεύονται να εφαρμόσουν ένα επιτυχημένο CDSS υψηλής ποιότητας. Υπάρχουν πολλαπλών μορφών προβλήματα στην υλοποίηση και εφαρμογή ενός επιτυχημένου CDSS. Η αξία όμως που δίνει ένα CDSS στους κλινικούς γιατρούς, ασθενείς, ιατρικό προσωπικό και οργανισμούς υγείας είναι τεράστια και αποδεδειγμένη. Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται μια πρώτη προσέγγιση των βασικών αρχών σχεδιασμού και υλοποίησης της δομής και των βασικών αξόνων ενός CDSS καθώς και αναφορά σε κάποια παραδείγματα CDSS συστημάτων στην πράξη.

Προαπαιτούμενη γνώση

Το Κεφάλαιο 3 – Πληροφοριακά Συστήματα στην Ιατρική.

5.1. Εισαγωγικά

Τα Κλινικά Συστήματα Υποστήριξης Απόφασης (Clinical Decision Support Systems, CDSS) είναι ηλεκτρονικές εφαρμογές που έχουν σχεδιαστεί για να υποστηρίζουν τους επαγγελματίες στον τομέα της υγείας με τη λήψη κλινικών αποφάσεων που αφορούν συγκεκριμένους ασθενείς (Shortliffe, & Cimino, 2006; Berner, 2007). Με άλλα λόγια, τα CDSS είναι ενεργά συστήματα γνώσης, τα οποία χρησιμοποιούν δύο ή περισσότερα στοιχεία των παραμέτρων του ασθενούς προκειμένου να παράγουν μια ειδική για κάθε περίπτωση συμβουλή/σύσταση (Wyatt & Spiegelhalter, 1991).

Αυτά τα είδη των λογισμικών χρησιμοποιούν σχετικές γνώσεις, κανόνες εντός μιας βάσης γνώσεων αλλά και σχετικά κλινικά δεδομένα και δεδομένα ασθενών για τη βελτίωση της λήψης αποφάσεων σε θέματα όπως η πρόληψη, οξείες και χρόνιες ασθένειες, η διάγνωση, παραπομπές για συγκεκριμένες ιατρικές εξετάσεις και πρακτικά συνταγογράφησης (Pearson et al., 2009). Ένα CDSS συσχετίζει τα δεδομένα που αφορούν τα χαρακτηριστικά των ασθενών με μια αξιόπιστη βάση γνώσεων για να καθοδηγήσει τον κλινικό ιατρό σε συμβουλές, εκτιμήσεις ή συστάσεις για ένα συγκεκριμένο ασθενή. Οι κλινικοί γιατροί, το νοσηλευτικό προσωπικό ή οι ασθενείς μπορούν να εισάγουν με το χέρι τα χαρακτηριστικά των ασθενών στα συστήματα πληροφορικής. Εναλλακτικά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι Ιατρικοί Φάκελοι Ασθενούς (ΗΦΑ) για την ανάκτηση των χαρακτηριστικών του ασθενούς. Αυτά τα είδη των συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων επιτρέπουν στους γιατρούς να εντοπίζουν και να επιλέγουν την πλέον κατάλληλη θεραπεία. Η παρεχόμενη υποστήριξη απόφασης βασίζεται σε διαδικασίες αξιολόγησης μέσω εξελιγμένων αλγορίθμων και τα αποτελέσματά τους χρησιμοποιούνται από βάσεις γνώσης για εξαγωγή ακόμα πιο ενημερωμένων αποφάσεων (Remmlinger, 2002; Garg et al., 2005).

Ανεξάρτητα από την επιλογή του CDSS, πρέπει να δεχτούμε ότι το πεδίο των CDSS προχωρεί με ταχείς και άναρχους ρυθμούς. Υπάρχουν προοπτικές σφαλμάτων, αν τα συστήματα δεν είναι καλά σχεδιασμένα και επαρκώς αξιολογημένα, ωστόσο υπάρχουν και τεράστιες δυνατότητες όσον αφορά στα αποτελέσματα και στην ποιότητα της περίθαλψης των ασθενών αλλά και των αποτελεσμάτων (Delaney et al., 1999; Pearson et al., 2009).

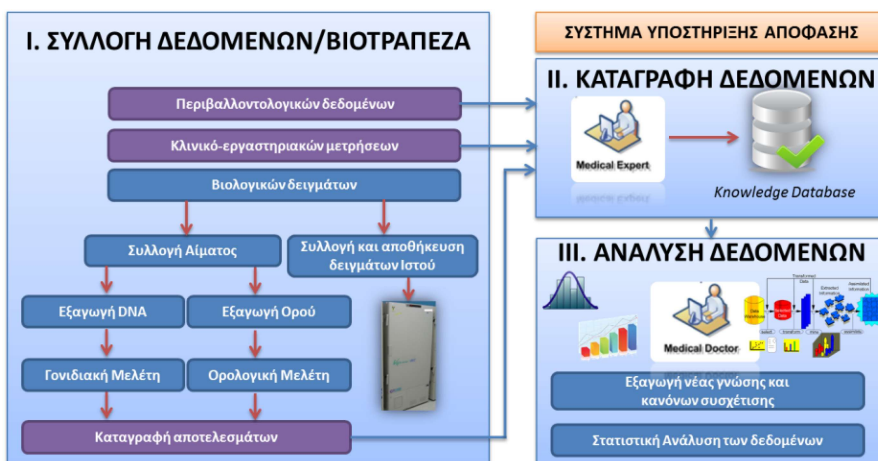
5.2. Διαδικασία κλινικής λήψης απόφασης

Υπάρχουν κάποιες βασικές παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπόψη, κατά τη διαδικασία λήψης απόφασης: α) τα ακριβή στοιχεία, β) η ισχύουσα γνώση, γ) οι κατάλληλες δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων (Shortliffe & Cimino, 2006).

Τα δεδομένα του ασθενούς πρέπει να είναι επαρκή προκειμένου να παραχθεί μια αποδεκτή απόφαση. Το πρόβλημα ανακύπτει, όταν ο γιατρός δέχεται πολύ μεγάλη ειδική και μη ειδική πληροφορία, την οποία ο ίδιος δεν μπορεί να επεξεργαστεί ικανοποιητικά. Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό να εκτιμάται που πρέπει να σταματάει αυτή η ροή πληροφοριών, τότε αυτά τα πρόσθετα στοιχεία μπορεί να επιφέρουν σύγχυση αντί αποσαφήνιση της περίπτωσης του ασθενούς. Για παράδειγμα, το συνηθισμένο σκηνικό για ένα τέτοιο πρόβλημα είναι οι μονάδες εντατικής θεραπείας, όπου οι γιατροί πρέπει να απορροφήσουν μεγάλες ποσότητες δεδομένων από διάφορες οθόνες, να γνωρίζουν την κλινική κατάσταση, το ιστορικό του ασθενούς, εάν είχε χρόνιες ασθένειες, τη φαρμακευτική αγωγή του και ανεπιθύμητες αλληλεπιδράσεις φαρμάκων κ.λπ. Στη συνέχεια, με γνώση όλων των παραπάνω θα πρέπει να πάρουν την κατάλληλη απόφαση σχετικά με το πλάνο θεραπείας. Η ποιότητα των διαθέσιμων δεδομένων είναι εξίσου σημαντική. Τα όργανα μέτρησης και παρακολούθησης πρέπει να καταγράφουν με μεγάλη ακρίβεια και αξιοπιστία, δεδομένου ότι λανθασμένα δεδομένα θα μπορούσαν να έχουν σοβαρές αρνητικές επιπτώσεις στις αποφάσεις περίθαλψης των ασθενών. Η γνώση που χρησιμοποιείται στη διαδικασία λήψης αποφάσεων πρέπει να είναι ακριβής και ενημερωμένη. Είναι μείζονος σημασίας ο κλινικός ιατρός που παίρνει την απόφαση να έχει ένα ευρύ φάσμα ιατρικών γνώσεων και πρόσβαση σε πηγές πληροφοριών, ενώ, όπου είναι δυνατό να αναθεωρεί συνεχώς και να επικυρώνει αυτή τη γνώση. Προκειμένου ο ασθενής να λάβει την κατάλληλη φροντίδα, ο κλινικός γιατρός πρέπει να είναι ενήμερος για τις τελευταίες εξελίξεις και τις κατευθυντήριες εξελίξεις βάσει στοιχείων στον τομέα της συγκεκριμένης περίπτωσης. Είναι στη ευχέρειά του και πρέπει να εφαρμόζει καινοτόμες θεραπείες από ερευνητικές εργασίες. Το CDSS χρειάζεται κατ' αναλογία μια εκτεταμένη, καλά δομημένη, τρέχουσα πηγή γνώσης για να εξυπηρετήσει σωστά τον κλινικό γιατρό.

Πάνω απ' όλα, απαιτούνται καλές δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν τα διαθέσιμα δεδομένα και οι γνώσεις. Οι κλινικοί γιατροί που αποφασίζουν πρέπει να θέτουν κατάλληλους στόχους για κάθε περίπτωση, να ξέρουν τον λόγο για κάθε στόχο και να λαμβάνουν υπόψη τους συμβιβασμούς μεταξύ του κόστους και του όφελους της θεραπείας και διάγνωσης. Ωστόσο, δεν πρέπει να αμελούμε ότι οι ειδικευμένοι κλινικοί γιατροί κρίνουν και αποφασίζουν σε μεγάλο βαθμό με βάση την προσωπική τους εμπειρία.

Με την ενσωμάτωση των δεδομένων συγκεκριμένων ασθενών και τεκμηριωμένων κατευθυντήριων γραμμών η εφαρμοζόμενη βάση γνώσης, το CDSS μπορεί να βελτιώσει την ποιότητα της περίθαλψης με τη βελτίωση της κλινικής διαδικασίας λήψης αποφάσεων. Προκειμένου να δημιουργηθεί εφαρμοστέο CDSS, είναι επιτακτική ανάγκη να υπάρχει μια ευρύτερη βάση κατανόησης της διαδικασίας λήψης ιατρικών αποφάσεων, όπως συμβαίνει στο φυσικό περιβάλλον. Σχεδιάζοντας CDSS χωρίς κατανόηση των γνωστικών διεργασιών που διέπουν την ιατρική λογική και ανάλυση των αποφάσεων, το CDSS γίνεται ίσως εύκαμπτο στο τομέα της αποτελεσματικότητας αλλά πιθανά αποτυχημένο στην πραγματική εφαρμογή στην καθημερινή κλινική ροή εργασίας (Patel et al., 2002). Στην Εικόνα 5.1 φαίνεται η εξαγωγή γνώσης σε ένα κλινικό σύστημα υποστήριξης απόφασης για ασθενείς με Ιδιοπαθή Φλεγμονώδη Πάθηση των Εντέρων (ΙΦΠΕ).



Εικόνα 5.1. Διαδικασία εξαγωγής γνώσης σε ένα ευφύες σύστημα υποστήριξης απόφασης για ασθενείς με ΙΦΠΕ.

5.3. Επίλυση προβλημάτων μέσω CDSS

Η ανάλυση απόφασης είναι μια ποσοτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από ένα σύνολο επιλογών σε μια συγκεκριμένη κλινική κατάσταση και είναι η μεθοδολογία που επιλέγεται συνήθως για την κλινική επίλυση προβλημάτων. Αυτή η διαδικασία είναι συχνά αυτονόητη και γίνεται μέσω προσωπικών εμπειριών και ευριστικών “εσωτερικών” αλγορίθμων που ο κάθε κλινικός έχει αναπτύξει και αποκτήσει με την πάροδο του χρόνου. Η ανάλυση απόφασης, απαιτώντας μια συγκεκριμένη δομή του μοντέλου και αξιολόγηση διαφόρων παραμέτρων, τιμών και πιθανοτικών δεικτών της εξέδου, απαιτεί ρητά τη λήψη και την εξέταση, τη συζήτηση αλλά και την εκ νέου επικύρωση των δεδομένων. Τα μοντέλα απόφασης χρησιμοποιούνται συχνά ως αναλυτικά εργαλεία για την ανάλυση κόστους-αποτελεσματικότητας, δεδομένου ότι η μεθοδολογία αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εύρεση της αναμενόμενης τιμής των προβλεπόμενων αποτελεσμάτων.

Το φάσμα των κλινικών προβλημάτων τα οποία είναι κατάλληλα για εφαρμογές διαδικασιών ανάλυσης απόφασης είναι τεράστιο. Τέτοια προβλήματα επικεντρώνονται σε μια συγκεκριμένη απόφαση, η οποία υπερτερεί για κάποιους συγκεκριμένους λόγους, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι η συγκεκριμένη είναι κατ’ ανάγκη σαφώς ανώτερη. Για παράδειγμα, ένα διαγνωστικό τεστ φέρει κάποιο κίνδυνο, αλλά εξασφαλίζει καταλληλότερη θεραπεία και καλύτερη έκβαση των ασθενών, όταν η θεραπεία κατευθύνεται από τα αποτελέσματα της δοκιμής. Η λήψη αποφάσεων σπάνια είναι μια σαφή διαδικασία - ως εκ τούτου, συνεπάγεται αναπόφευκτα συμβιβασμούς.

Σε γενικές γραμμές, η ανάλυση απόφασης έχει αναπτυχθεί για:

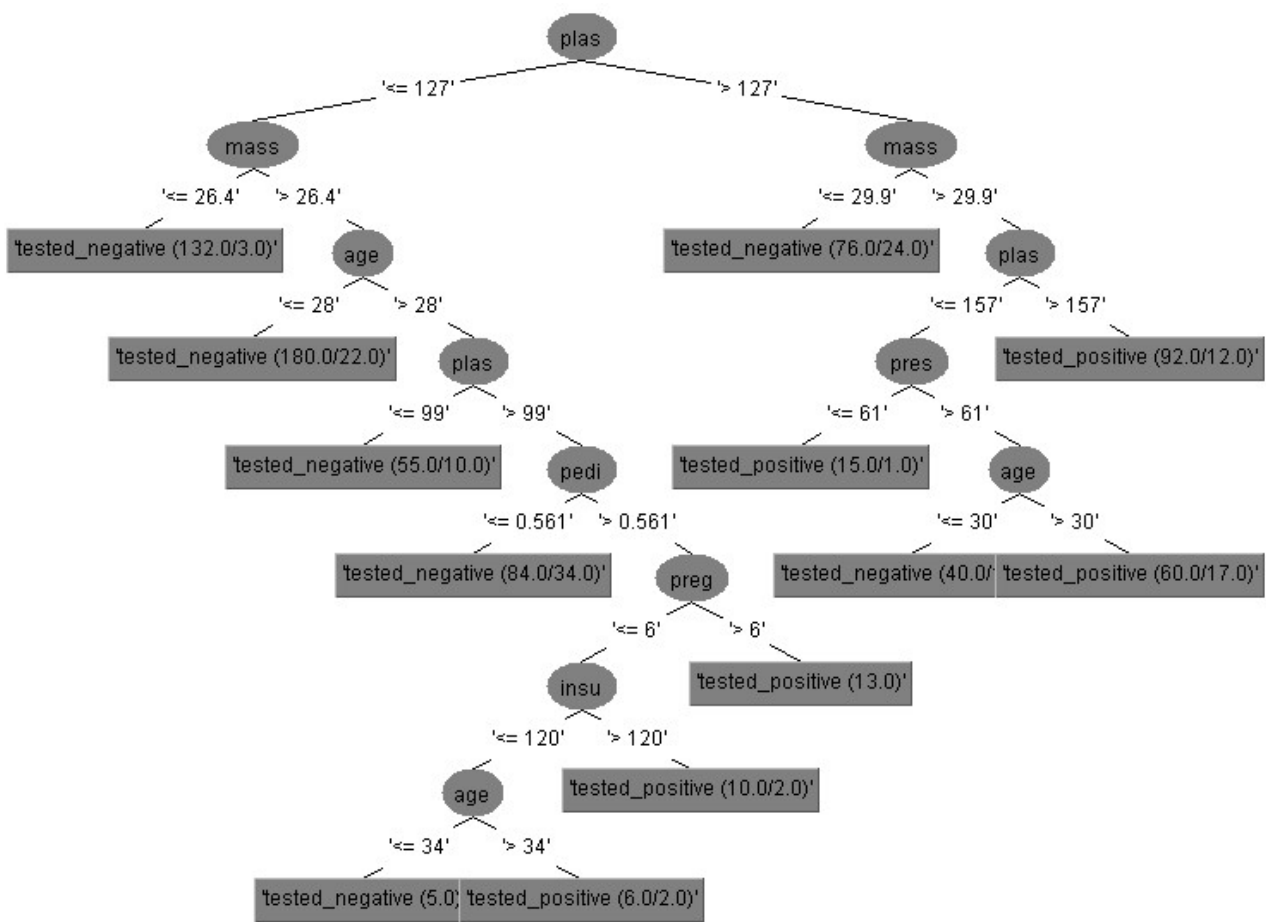
- Υποστήριξη στη λήψη κλινικών αποφάσεων για συγκεκριμένο ασθενή.
- Εκτίμηση βέλτιστων στρατηγικών για κατηγορίες ασθενών με ειδικά κλινικά χαρακτηριστικά σε δεδομένες καταστάσεις.
- Εκτιμήσεις σύνδεσης τόσο των κλινικών όσο και των οικονομικών αποτελεσμάτων (ανάλυση κόστους-αποτελεσματικότητας), προς βοήθεια στη διαμόρφωση θεμάτων που αφορούν την πολιτική για την υγεία.
- Παροχή εκτιμήσεων των αναμενόμενων αποτελεσμάτων σε καταστάσεις που η εφαρμογή κλασικών μεθοδολογιών, όπως τυχαίες δοκιμές, είναι είτε αδύνατη ή ανέφικτη.

Υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα από τη χρήση ανάλυσης απόφασης στη διερεύνηση εναλλακτικών λύσεων που αφορούν ένα μόνο ασθενή. Τοποθετώντας το πρόβλημα σε σαφή, αναλυτικό πλαίσιο, βοηθά τους κλινικούς γιατρούς στην επιβεβαίωση ή όχι των υποθέσεών τους. Η ανάλυση απόφασης μπορεί να ενσωματώσει άμεσα θέματα που αφορούν την ποιότητα ζωής και τον τρόπο που οι συγκεκριμένοι υγειονομικοί παράμετροι επηρεάζουν το αποτέλεσμα. Ένα παράδειγμα μιας τέτοιας ανάλυσης απόφασης είναι συγκρίνοντας τους κινδύνους και τα οφέλη της προφυλακτικής μαστεκτομής (αφαίρεση του μαστού) και ωθηκεκτομής (αφαίρεση των ωθηκών) για ασθενείς με μεταλλάξεις BRCA1 ή BRCA2. Κάποιος πρέπει να συνδυάζει διάφορα είδη δεδομένων – τις εκτιμήσεις των αυξημένων κινδύνων των ωθηκών και του καρκίνου του μαστού για τις γυναίκες με τις μεταλλάξεις, τη γενική συχνότητα εμφάνισης καρκίνου και τελευταίο αλλά όχι λιγότερο σημαντικό, τους κινδύνους που παρουσιάζουν οι χειρουργικές διαδικασίες. Η ανάλυση σε ένα συγκεκριμένο χρονικό σημείο αποδεικνύει, χρησιμοποιώντας τα καλύτερα διαθέσιμα σήμερα στοιχεία, ότι το προσδόκιμο ζωής για τις γυναίκες που φέρουν τέτοιες μεταλλάξεις αυξήθηκε κατά τουλάχιστον 5.3 χρόνια με την προφυλακτική μαστεκτομή και μέχρι 1.7 χρόνια με την προφυλακτική ωθηκεκτομή.

Η ανάπτυξη και κατασκευή μιας ανάλυσης απόφασης ακολουθεί μια λογική σειρά βημάτων (επίλυσης προβλημάτων). Προβλήματα ή σφάλματα σε κάθε βήμα μπορεί να αλλάξουν τα ενδεχόμενα αποτελέσματα. Ως εκ τούτου, η ορθή τήρηση καθενός από αυτά τα βήματα είναι σημαντική τόσο από την άποψη του ερευνητή, που κάνει μια ανάλυση, όσο και ενός κλινικού που προσπαθεί να ερμηνεύσει τα αποτελέσματα. Τα βήματα είναι τα ακόλουθα (Roberts, 2011):

Πλαισίωση της ερώτησης: Η διαδικασία καθορισμού του σκοπού και των ορίων της συγκεκριμένης κλινικής κατάστασης που πρόκειται να αναλυθεί. Με άλλα λόγια, αυτό το στάδιο εμπεριέχει ανάλυση των νέων δεδομένων που υποδηλώνουν πρόβλημα και εντοπισμό του εμφανιζόμενου προβλήματος.

Δομή του κλινικού προβλήματος: Δόμηση του προβλήματος με απλά λόγια σημαίνει κατασκευή ενός μοντέλου απόφασης που αντιπροσωπεύει τις σχετικές συνιστώσες του προβλήματος. Πρέπει λοιπόν να γίνει ένας υποθετικός προσδιορισμός των προβλημάτων και να δημιουργηθεί μια λίστα των εναλλακτικών λύσεων - υποθέσεων. Στο κλινικό περιβάλλον αυτές μπορεί να είναι εν δυνάμει θεραπευτικές επιλογές για τη συνολική διάγνωση. Η μαθηματική αναπαράσταση ενός μοντέλου απόφασης ονομάζεται δέντρο απόφασης και αποτελείται από πολλά διαφορετικά στοιχεία (Εικ. 5.2). Τα στοιχεία που συνδυάζονται σε δέντρα εμπεριέχουν ένα σύνολο λεπτομερειών που ορίζονται αυθαίρετα. Υπάρχει μια μόνιμη ένταση ανάμεσα στην αύξηση του επιπέδου λεπτομέρειας ώστε να είναι κλινικά όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστική σε σχέση με τη σκοπιμότητα της κατασκευής μοντέλων, στην επικύρωση και στην παρουσίαση. Όσο μεγαλύτερη είναι η επιθυμητή λεπτομέρεια, τόσο πιο δύσκολο για το μοντέλο να συνθέσει, να επικυρώσει και να παρουσιάσει. Ωστόσο, όσο λιγότερο λεπτομερής είναι η ανάλυση και μεγαλύτερος ο αριθμός των απλοποιημένων υποθέσεων, τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα η ανάλυση να στερείται κλινικά σημαντικών στοιχείων.



Εικόνα 5.2. Παράδειγμα δέντρου απόφασης εξαγόμενο από δεδομένα διαβητικών ασθενών.

Υπολογισμός των σχετικών πιθανοτήτων: Όταν έχει δομηθεί ένα δέντρο απόφασης, πρέπει να προσδιοριστούν οι αριθμητικές τιμές των διαφόρων πιθανοτήτων. Υπάρχουν πολλές πηγές δεδομένων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να κάνουν αυτούς τους προσδιορισμούς. Παρά το γεγονός ότι υπάρχει μια γενικά αποδεκτή ιεραρχία στην ποιότητα της μελέτης (τυχαία ελεγχόμενη δοκιμή, μελέτη ομάδας, διαχείριση βάσεων δεδομένων, συστηματικές ανασκοπήσεις), τέτοιες εκτιμήσεις δεν είναι πάντα χρήσιμες στη διαδικασία

ανάλυσης απόφασης, δεδομένου ότι ο συγκεκριμένος τύπος μελέτης μπορεί να μην είναι ευνοϊκός για την εκτίμηση μιας δεδομένης παραμέτρου. Ως παράδειγμα, μία τυχαία ελεγχόμενη δοκιμή είναι μια εξαιρετική πηγή για τη σύγκριση μίας θεραπείας έναντι άλλης, αλλά είναι μια φτωχή πηγή στοιχείων σχετικά με τη συχνότητα μιας συγκεκριμένης ασθένειας. Έτσι, είναι σημαντικό να προσαρμόσουμε τη πηγή δεδομένων στον τύπο των δεδομένων που απαιτούνται.

Ωστόσο, υπάρχει περίπτωση να μην υπάρξουν αρκετά στοιχεία για να εκχωρηθούν σχετικές πιθανότητες στις υποψήφιες λύσεις ή ακόμα για να δομηθεί το κλινικό πρόβλημα και για να βρεθούν κατάλληλες εναλλακτικές λύσεις στο πρώτο στάδιο. Έτσι, η διαδικασία είναι προορισμένη να αναμορφωθεί με ένα νέο έλεγχο προκειμένου να γεμίσει το υπαρκτό «χάσμα γνώσης». Δυνητικά μπορεί να συμβούν πολλές επαναλήψεις αυτού του κύκλου συλλογής δεδομένων και υποθέσεων, έως ότου ο γιατρός λήψης αποφάσεων να έχει αρκετή σαφήνεια ώστε να κινηθεί σε κάποια συγκεκριμένη διαδικασία. Η κλινική ανάλυση απόφασης είναι ως εκ τούτου θεμελιώδης προσθήκη για περαιτέρω έρευνα, συλλογή αποδεικτικών στοιχείων και επαναξιολόγηση του προβλήματος - όλα με σκοπό την εξεύρεση κατάλληλων λύσεων που θα βοηθήσουν την επίλυση της κλινικής κατάστασης. Το CDSS μπορεί να προγραμματιστεί με τέτοιο τρόπο ώστε το ίδιο να κάνει αναδιάταξη για ένα συγκεκριμένο πρόβλημα, αναζήτηση των σχετικών αποδεικτικών στοιχείων ακόμη και δημιουργία νέας γνώσης (Coiera, 2003).

Υπολογισμός των τιμών των αποτελεσμάτων: Διαφορετικές λύσεις σε ένα πρόβλημα οδηγούν σε διαφορετικά αποτελέσματα. Η δομή του προβλήματος ορίζει το ειδικό μέτρο αποτελέσματος που θα χρησιμοποιηθεί. Για παράδειγμα, αν ο θάνατος ήταν ένα πιθανό αποτέλεσμα μίας ή περισσότερων στρατηγικών, το προσδόκιμο ζωής θα ήταν ένα κατάλληλο μέτρο αποτελέσματος. Η πιο σημαντική αρχή για την ταξινόμηση των αποτελεσμάτων είναι ότι αξιολογούνται στις ίδιες μονάδες σε όλες τις διακλαδώσεις. Ένα χρήσιμο χαρακτηριστικό της ανάλυσης απόφασης είναι ότι ένα δεδομένο μοντέλο μπορεί να αξιολογηθεί χρησιμοποιώντας διάφορα μέτρα αποτελέσματος. Ως ένα παράδειγμα, εκτός της διερεύνησης, ο κλινικός ιατρός μπορεί να θέλει να παρακολουθεί την επίδραση των διαφόρων θεραπειών σε σχέση με το βαθμό του εγκεφαλικού επεισοδίου, του εμφράγματος του μυοκαρδίου, της πνευμονικής εμβολής, κ.λπ., σε διάφορες θεραπευτικές επιλογές. Το μοντέλο απόφασης μπορεί να αναλυθεί χρησιμοποιώντας οποιαδήποτε από αυτά τα αποτελέσματα.

Ανάλυση του δέντρου: Ο προτιμώμενος τύπος της ανάλυσης ενός προβλήματος χρησιμοποιεί τη στρατηγική που μεγιστοποιεί την αναμενόμενη τιμή του αποτελέσματος. Για παράδειγμα, εάν το αποτέλεσμα του ενδιαφέροντος ήταν το προσδόκιμο ζωής, το αποτέλεσμα της ανάλυσης απόφασης θα είναι της μορφής: «το μέσο προσδόκιμο ζωής με τη στρατηγική Α είναι 12 χρόνια έναντι 7 χρόνια με τη στρατηγική της Β. Ως εκ τούτου, η στρατηγική Α είναι η καλύτερη στρατηγική». Ένα τέτοιο δέντρο θα μπορούσε να αντιπροσωπεύει την επιλογή μεταξύ δύο θεραπειών, όπου η μία προτιμάται όσον αφορά στο προσδόκιμο ζωής.

Έλεγχος των παραδοχών του μοντέλου: Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των αποφάσεων εξαρτώνται από την ακρίβεια των δεδομένων που χρησιμοποιούνται για να εκτιμήσουν τις πιθανότητες και τα αποτελέσματα. Είναι σπάνια η περίπτωση όπου οι εκτιμήσεις είναι γνωστές με απόλυτη βεβαιότητα. Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των μοντέλων ανάλυσης αποφάσεων είναι η ικανότητά τους να δοκιμάζουν γρήγορα τις υποθέσεις τους, να εισάγουν δεδομένα και να επικυρώνουν την απόφαση του μοντέλου πραγματοποιώντας μια ανάλυση ευαισθησίας. Η απάντηση του μοντέλου μπορεί να συγκριθεί με την “αληθινή” απάντηση για να επικυρώσει τη δομή του υποδείγματος αξιολογώντας ένα δέντρο με τη χρήση παραμέτρων για τις οποίες το αποτέλεσμα είναι γνωστό εκ των προτέρων. Για παράδειγμα, σε μια επιλογή ανάμεσα σε μία πιο αποτελεσματική (αλλά πιο επικίνδυνη) χειρουργική θεραπεία και σε μία λιγότερο αποτελεσματική (αλλά ασφαλέστερη) ιατρική θεραπεία, μια ανάλυση ευαισθησίας που υποθέτει ένα μηδενικό συντελεστή θνησιμότητας για τη χειρουργική επέμβαση θα πρέπει να υποστηρίζει τη χειρουργική θεραπεία (χειρουργημένος βραχιόνιας), αφού δεν υπάρχει κίνδυνος επιδείνωσης της κατάστασης.

Ερμηνεία των αποτελεσμάτων: Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων της ανάλυσης απόφασης είναι συχνά η πιο σύνθετη διαδικασία. Είναι η ικανότητα της ανάλυσης απόφασης να διερευνά πως η βέλτιστη στρατηγική σε μια συγκεκριμένη κλινική κατάσταση μεταβάλλεται με μεταβολή των υποθέσεων (και ως εκ τούτου, να εντοπιστούν τομείς για περαιτέρω ανάγκες δεδομένων). Πολλά στοιχεία της ανάλυσης θα πρέπει να εξετάζονται πριν τη χρήση των αποτελεσμάτων για αλλαγή της πρακτικής: α) Ο πληθυσμός των ασθενών θα πρέπει να

ταιριάζει με τις ασθένειες που εξετάζονται από τον κλινικό ιατρό. β) Ο αναγνώστης θα πρέπει να αξιολογεί την αντοχή του αποτελέσματος (ανάλυση ευαισθησίας). Εάν οι αναλύσεις ευαισθησίας δείξουν ότι η βέλτιστη επιλογή εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από μια δεδομένη παράμετρο, πρέπει να αναπτυχθούν ακριβείς μετρήσεις της εκτίμησης της συγκεκριμένης παραμέτρου.

Η αιτιολόγηση σε ιατρικό πλαίσιο περιλαμβάνει την αβεβαιότητα σε υψηλό βαθμό, συνδυαζόμενη με περιορισμό πόρων, κατά συνέπεια, οδηγεί σε αυξημένη χρήση των ευριστικών στρατηγικών. Τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα των ευριστικών είναι ο περιορισμός της έκτασης της σκόπιμης αναζήτησης μέσω συνδυασμού βάσεων δεδομένων και γνώσεων. Με μείωση του πλεονασμού αυτού, οι ευριστικοί έχουν σημαντική πρακτική αξία. Ένα σημαντικό μέρος της γνωστικής προσπάθειας του κλινικού γιατρού βασίζεται στην ευριστική σκέψη, ο λόγος είναι επαγωγικός με προσδιορισμό πιθανότητας για κάθε πιθανή επιλογή. Ωστόσο, η χρήση των ευριστικών εισάγει σημαντική πόλωση (bias) στην ιατρική συλλογιστική, οδηγούμενη συχνά σε εννοιολογικά και διαδικαστικά λάθη. Αυτές περιλαμβάνουν εσφαλμένες αντιλήψεις σχετικά με τους κανόνες που διέπουν τις πιθανότητες αλλά και εσφαλμένη αντίληψη της εκδήλωσης των γενικών κανόνων σε ένα συγκεκριμένο ασθενή στο πλαίσιο φροντίδας, παραμέλησης και ψευδών επικυρώσεων των πρότερων πιθανοτήτων και θεραπευτικών δράσεων. Πάνω απ' όλα, οι γνωστικές αντιλήψεις που επηρεάζουν αναπόφευκτα έναν σχεδιαστή αποφάσεων είναι συχνά το σήμα κατατεθέν της απόφασης αβεβαιότητας (Holyoak, 2005).

Εάν οι σχεδιαστές των CDSS θέλουν να δημιουργήσουν αποτελεσματικά συστήματα, τα οποία να εφαρμοστούν με επιτυχία σε πραγματικές συνθήκες εργασίας, παρέχοντας στους ιατρούς την απαραίτητη υποστήριξη στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων τους, θα πρέπει να ακολουθούν τις αρχές δημιουργίας κλινικών διαδικασιών λήψης αποφάσεων, που περιγράφονται παραπάνω. Η αποτελεσματική και ορθή σχεδίαση CDSS μπορεί να προκαλέσει εκτεταμένες θετικές εξωγενείς επιδράσεις στην υγεία των εργαζομένων και βελτίωση στην κατάληξη των ασθενών, κάτι που επηρεάζει θετικά την ποιότητα της υγειονομικής περίθαλψης.

5.4. Δομή των κλινικών συστημάτων υποστήριξης απόφασης

Τα CDSS διαφέρουν πολύ στο σχεδιασμό τους. Οι βασικές αρχές της δομής και του σχεδιασμού τους έχουν επίσης μεταβληθεί σημαντικά κατά την τελευταία δεκαετία. Υπάρχουν διάφορα χαρακτηριστικά των CDSS που σχετίζονται ή έχουν άμεση επίδραση στην κλινική αποτελεσματικότητα, όπως είναι η λειτουργικότητα, η πρόληψη των σφαλμάτων, η δυναμική για την αποδοχή στον κλινικό κόσμο, η φορητότητα του συστήματος, η σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας κ.λπ. Είναι, επομένως, σημαντικό να χαρακτηριστεί ένα CDSS κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να κατανοηθεί όσο το δυνατόν καλύτερα η ποικιλομορφία των CDSS. Η γνώση της ταξινόμησης, σε συνδυασμό με τη γενική διαδικασία λήψης κλινικών αποφάσεων που περιγράφηκε παραπάνω, παρουσιάζει ένα ισχυρό σύνολο βασικών στοιχείων που είναι χρήσιμα για σχεδιαστές και αξιολογητές των CDSS.

Εν συνεχεία, γίνεται χαρακτηρισμός των CDSS, συνδυάζοντας διάφορους παραμέτρους προκειμένου να δημιουργηθεί μια ολοκληρωμένη κατάταξη που να ενσωματώνει όλα τα κύρια συστατικά-οντότητες του σχεδιασμού και λειτουργίας των CDSS (Coiera, 2003; Sim, & Berlin, 2003; Shortliffe, & Cimino 2006; Berner, 2007; Greenes, 2007). Σύμφωνα με τους Sim και Berlin το 2003, τα CDSS μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε 5 άξονες, οι οποίοι περιγράφονται παρακάτω.

5.4.1 Άξονες πλαισίου

1. Κλινική ρύθμιση.

- Ρύθμιση εσωτερικών ασθενών
- Ρύθμιση εξωτερικών ασθενών

2. Κλινικό έργο.

- Διαγνωστική υποστήριξη: Με βάση τα στοιχεία του ασθενούς και της γνωστικής βάσης του συστήματος, το CDSS προβλέπει πιθανή διάγνωση. Η διαγνωστική βοήθεια μπορεί να συνδυαστεί

με πολύπλοκα συστήματα ανάκτησης δεδομένων, όπως το ΗΚΓ. Επιδιώκει να προσδιορίσει το 'τι είναι αλήθεια' για έναν συγκεκριμένο ασθενή.

- Κριτική θεραπείας και συμβουλευτικές υπηρεσίες: Αυτή η λειτουργία μπορεί για παράδειγμα να ενσωματώνει την εισαγωγή των παραπομπών των κλινικών ιατρών. Περικλείει ενδεικτικά αξιολόγηση της θεραπείας, αναζήτηση ασυνεπειών, λάθη, παραπομπές για αλληλεπιδράσεις φαρμάκων και εμπόδιση στη συνταγογράφηση αλλεργιογόνων φαρμάκων. Έχει αποδειχθεί ότι η αναγκαιότητα ενός κλινικού να παράσχει μια γνωμάτευση για κάποιο συγκεκριμένο λόγο, αν αυτός ή αυτή δε θέλει να ακολουθήσει τις συστάσεις, αυξάνει σημαντικά την κλινική σημασία του CDSS. Το CDSS μπορεί να χρησιμοποιήσει τα πρωτόκολλα και τις τεκμηριωμένες κατευθυντήριες οδηγίες (guidelines), σε συνδυασμό με τις ενδείξεις του ασθενούς, που αποκτήθηκε από τον ΗΦΑ, για να παράσχει ένα βέλτιστο σχέδιο θεραπείας και να βοηθήσει στην εφαρμογή του σε όλη τη διάρκεια. Αυτά τα είδη των CDSS αντιμετωπίζουν ερωτήματα σχετικά με την αντιμετώπιση ενός ασθενούς και συχνά συνδυάζονται με συστάσεις για περαιτέρω διαγνωστική επεξεργασία (π.χ. σε ποιες εξετάσεις να γίνει παραπομπή, ακτίνες X, CT κλπ). Το εν λόγω λογισμικό μπορεί να δημιουργήσει πρόσθετα ερωτήματα, όπως να παράσχει ακόμη πιο συγκεκριμένες συμβουλές σχετικά με την περαιτέρω θεραπεία και τη διάγνωση.

- Χορήγηση του φαρμάκου ή συνταγογράφηση: Τα CDSS έχουν τη δυνατότητα να μειώσουν τα τοξικά επίπεδα του φαρμάκου, να μειώσουν τα ιατρικά λάθη, να αλλάξουν τη συνταγογράφηση σύμφωνα με τις προτάσεις των οδηγιών (guidelines) και να μειώσουν το χρόνο για την επίτευξη του θεραπευτικού ελέγχου. Εάν συνδεθεί με τον ΗΦΑ, το σύστημα μπορεί να αποτρέψει συνταγογράφηση φαρμάκων που προκαλούν αλλεργικές αντιδράσεις. Τέτοια συστήματα είναι ευρέως αποδεκτά, δεδομένου ότι έχουν ενσωματωθεί ορθά στη ροή εργασίας του ιατρού και παρέχουν αυτοματοποιημένες μορφές παραπομπής-λήψης και ηλεκτρονικής διαβίβασης προς τα φαρμακεία. Η συνολική συνταγογράφηση της θεραπευτικής αγωγής αποτελεί από τα συχνότερα καθήκοντα του ιατρού αλλά και μία από τις συχνότερες κλινικές εργασίες, όπου εφαρμόζονται τα CDSS.

- Επιλογή δοκιμασίας (test).

- Ειδοποιήσεις και υπενθυμίσεις.

Ένα έμπειρο σύστημα που είναι ενσωματωμένο σε μια συσκευή παρακολούθησης ή σε ένα Πληροφοριακό Σύστημα Υγείας (π.χ. Πληροφοριακό Σύστημα Εργαστηρίου, ΗΦΑ) μπορεί να παράσχει ήχο σε πραγματικό χρόνο, οπτικές ή απτικές ειδοποιήσεις μέσω διαφόρων εργαλείων επικοινωνίας (π.χ. e-mail, SMS, τηλεειδοποίηση). Τα συστήματα υπενθύμισης έχουν σχεδιαστεί για να θυμίζουν στον ιατρό κρίσιμα καθήκοντα που πρέπει να γίνουν πριν από ένα συγκεκριμένο γεγονός (π.χ. νηστεία πριν από την ενδοσκόπηση, όχι αντιπηκτικά πριν από εγχείρηση στην κοιλιακή χώρα).

- Ανάκτηση πληροφοριών.

Ανάκτηση σχετικών πληροφοριών μέσω του World Wide Web ή των ολοκληρωμένων βάσεων γνώσης.

- Αναγνώριση εικόνας και ερμηνεία.

Οι κλινικές εικόνες από αξονική τομογραφία (CT), μαγνητική τομογραφία (MRI), αγγειογραφήματα κ.λ.π. μπορούν σήμερα να ερμηνεύονται εν μέρει αυτόματα. Σημαντικό είναι το γεγονός ότι το CDSS μπορεί να λειτουργήσει ως ένα εργαλείο μαζικής ανίχνευσης, καθώς το λογισμικό μπορεί να ανιχνεύσει/προσδιορίσει κρίσιμες εικόνες, οι οποίες απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή από τον κλινικό ιατρό.

- Πρόληψη.

- Εξέταση.

- Έξυπνο εργαστηριακό σύστημα.
- Διαχείριση χρόνιων ασθενειών.

5.4.2 Άξονες γνώσης

Αυτοί οι άξονες ασχολούνται με τις πηγές, την ποιότητα και την προσαρμογή των γνώσεων και των δεδομένων των CDSS.

1. Γνώση κλινικής πηγής.

Μπορεί να προέρχεται από πηγές υψηλής ποιότητας (π.χ. τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες μελέτες, συστηματικές ανασκοπήσεις, εθνικές ή επαγγελματικές οδηγίες της κοινωνίας) και/ή από τη συμμετοχή των κλινικών γιατρών που θα χρησιμοποιήσουν τελικά το σύστημα.

2. Πηγή δεδομένων.

Τα προσωποποιημένα για τον ασθενή δεδομένα μπορούν να ανακτηθούν από την ηλεκτρονικά καταχωρημένη παραπομπή, τα ιατρικά μηχανήματα (π.χ. συσκευή μέτρησης αρτηριακής πίεσης), τον ΗΦΑ ή άλλα αποθηκευμένα δεδομένα. Σε αυτή την περίπτωση τα δεδομένα θα πρέπει να εισάγονται στο σύστημα χρησιμοποιώντας ένα ενδιάμεσο σύστημα καταχώρησης δεδομένων. Το χαρακτηριστικό αυτό επηρεάζει την πιθανότητα υιοθέτησης του CDSS στην πράξη σε μεγάλο βαθμό. Έχειδειχθεί ότι προτιμάται η αυτόματη ηλεκτρονική εισαγωγή δεδομένων στο σύστημα (π.χ. από τον ΗΦΑ).

3. Ενδιάμεση πηγή δεδομένων είναι ο κλινικός ιατρός που εισάγει δεδομένα στην πηγή δεδομένων του συστήματος. Ενδιάμεσοι φορείς θα μπορούσαν επίσης να είναι οι ίδιοι οι ασθενείς.

4. Δεδομένα κωδικοποίησης.

Για διάφορους λόγους (π.χ. χρηματοδότηση, επιδημιολογία) είναι επιθυμητό να χρησιμοποιείται ένα ευρείας χρήσης σχήμα κωδικοποίησης, π.χ. ICD-10, SNOMED. Προφανώς τα δεδομένα θα μπορούν επίσης να είναι σε μορφή απλού κειμένου.

5. Προσαρμογή δεδομένων.

Όσο πιο στοχευμένες συστάσεις παράγει το CDSS ειδικά για τον ασθενή, οι οποίες να είναι προσαρμοσμένες στην ηλικία, το φύλο, τις ταυτόχρονες διαγνώσεις κτλ. τόσο μεγαλύτερη η πιθανότητα αποτελεσματικότητας σε επίπεδο κλινικής σημασίας.

6. Μηχανισμός ενημέρωσης.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η βάση γνώσης θα πρέπει να είναι σύγχρονη και συνεχώς ενημερωμένη. Μπορούμε να χωρίσουμε τα CDSS σε συστήματα που βασίζονται στη γνώση (knowledge based systems) και σε συστήματα που δε βασίζονται στη γνώση (non-knowledge based systems).

Τα βασιζόμενα στη γνώση συστήματα (π.χ τα έξυπνα συστήματα) ως επί το πλείστον αποτελούνται από τρία μέρη: τη βάση γνώσης, το μηχανισμό εξαγωγής συμπερασμάτων και το μηχανισμό επικοινωνίας. Περιέχουν ειδική κλινική γνώση για πολύ συγκεκριμένα γεγονότα και δραστηριότητες και είναι ικανά να ελέγχουν την εισαγωγή δεδομένων από όλες τις πηγές που προαναφέρονται. Τα συστήματα αυτά συνήθως χρησιμοποιούν τη γνώση με τη μορφή κανόνων IF-THEN και πιθανοτικών συσχετίσεων μεταξύ των δεδομένων που έχουν συγκεντρωθεί. Ο επαγωγικός μηχανισμός βρίσκεται στο επίκεντρο της τεχνητής νοημοσύνης, αποτελεί μέρος των συστημάτων που βασίζονται στη γνώση - συνδυάζει και συσχετίζει κανόνες βάσης γνώσεων με τα δεδομένα του ασθενούς. Βασικά ο επαγωγικός μηχανισμός συνδυάζεται με την δεδομένη πληροφορία για σχηματισμό νέων συμπερασμάτων (Wikipedia, 2011).

Τα συστήματα που δε βασίζονται στη γνώση χρησιμοποιούν τις αρχές της μηχανικής μάθησης, με τη μορφή π.χ. νευρωνικών δικτύων ή γενετικών αλγορίθμων, όπου οι υπολογιστές μαθαίνουν από την εμπειρία του παρελθόντος και/ή βρίσκουν πρότυπα σε κλινικά δεδομένα ενός ατόμου-ασθενούς.

5.4.3 Άξονες υποστήριξης απόφασης

Δηλώνοντας μία κατάλληλη διαδικασία λήψης αποφάσεων είναι ίσως η πιο σημαντική διάσταση του CDSS.

1. Μέθοδος συλλογισμού. Μερικές μηχανές συλλογισμού του CDSS είναι:

- *Συστήματα που βασίζονται σε κανόνες (Rule-based systems).* Ένα σύστημα βασισμένο σε κανόνες χρησιμοποιεί διάφορες εξειδικευμένες βάσεις γνώσης σε μορφή εκφράσεων που μπορούν να αξιολογηθούν ως κανόνες IF-THEN (κανόνες παραγωγής). Ένα τέτοιο σύστημα είναι ένα παράδειγμα ευριστικής προσέγγισης, στην οποία παράγονται διακριτές λογικές εκφράσεις με τη μορφή κανόνων παραγωγής προερχόμενοι από την εμπειρία και τις παρατηρήσεις των ανθρώπινων εμπειρογνομόνων. Όλες αυτές στη συνέχεια συνδυάζονται σε μια προσπάθεια να γίνει προσομοίωση και αναπαράσταση των συλλογιστικών διαδικασιών των εμπειρογνομόνων. Αυτή η προσέγγιση χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στην MYCIN (Shortliffe, 1976), με στόχο την επιλογή κατάλληλης αντιμικροβιακής θεραπείας για ασθενή.
- *Νευρωνικά δίκτυα.* Τεχνητό νευρωνικό δίκτυο είναι ένα μη βασιζόμενο στη γνώση προσαρμοστικό CDSS που χρησιμοποιεί τεχνικές μηχανικής μάθησης, με δυνατότητα να μαθαίνει από τις εμπειρίες και να αναγνωρίζει πρότυπα σε κλινικές πληροφορίες.
- *Bayesian δίκτυο.* Ένα τυπικό σύστημα λήψης αποφάσεων που βασίζεται στη γνώση είναι το Bayesian δίκτυο (γνωστό και ως δίκτυο πεποιθήσεων ή δίκτυο πιθανολογικής συνάφειας) που δείχνει πιθανολογικές σχέσεις μεταξύ των συνόλων μεταβλητών - ασθενειών και συμπτωμάτων, με βάση τις υπό όρους πιθανότητες, σύμφωνα με το θεώρημα του Bayes. Πρόκειται για ένα δίκτυο με ρητή απαίτηση οι σχέσεις να είναι αιτιολογημένες. Ένα τέτοιο δίκτυο βοηθά στη διαμόρφωση της εξέλιξης μιας ασθένειας με την πάροδο του χρόνου και την αλληλεπίδραση μεταξύ των ασθενειών. Ένα μεγάλο μειονέκτημα ωστόσο είναι ότι οι ιατρικές γνώσεις μερικές φορές είναι δύσκολο να προσδιορίσουν άμεσα ποια είναι η επίδραση και ποια είναι η αιτία.
- *Συστήματα που βασίζονται σε μοντέλα.* Η τελευταία εξέλιξή τους είναι η προσωποποιημένη μοντελοποίηση του ασθενούς, που θα αναλυθεί στη συνέχεια.
- *Λογική συνθήκη.* Ο λογικός συλλογισμός παίρνει αποφάσεις ανάλογα με την τιμή μιας δεδομένης μεταβλητής. Τα αποτελέσματα μιας διαδικασίας λήψης αποφάσεων είναι διαφορετικά, αν η τιμή είναι εντός ή εκτός των ορίων που έχουν τεθεί.
- *Εξόρυξη δεδομένων και μηχανική μάθηση.* Αυτές οι μέθοδοι βασίζονται σε πιθανοτικές λήψεις αποφάσεων σύμφωνα με τη βάση δεδομένων του συστήματος. Οι ιδανικές βάσεις δεδομένων θα πρέπει να είναι πλήρεις και καλά δομημένες, ώστε να επιτρέπουν την ακριβή ανάκτηση δεδομένων ασθενών παρόμοιων με τον τρέχοντα ασθενή. Χρησιμοποιείται η ανάλυση της ανταπόκρισης των ασθενών σε διάφορες θεραπείες προκειμένου να αποφασιστεί η καλύτερη θεραπεία για τον τρέχοντα ασθενή.
- *Γενετικοί αλγόριθμοι.* Ως μέθοδοι μη βασιζόμενοι στη γνώση, χρησιμοποιούν επαναληπτικές διαδικασίες προς επαναπροσδιορισμό της μορφής της προς εύρεση βέλτιστης λύσης με βάση τα δεδομένα του ασθενούς.

2. Κλινικά επείγουσα κατάσταση

Παροχή υποστήριξης λήψης αποφάσεων για τις αποφάσεις που πρέπει να παρθούν επειγόντως. Το CDSS πρέπει να δίνει προτεραιότητα σε θέματα με σαφή κλινική προτεραιότητα, σύμφωνα με την αρχή “*θεραπεία πρώτα σε αυτό που σκοτώνει πρώτο*”. Αυτό το χαρακτηριστικό οδηγεί σε καλύτερα αποτελέσματα για τους ασθενείς και καλύτερη απόδοση των γιατρών.

3. Σύσταση με σαφήνεια.

Οι χρήστες συνίσταται να ακολουθούν τις συστάσεις του CDSS ρητά το οποίο παρέχει συγκεκριμένη πορεία δράσης.

4. Απαίτηση ανταπόκρισης.

Μπορεί να απαιτείται ο κλινικός να προσκομίζει αιτιολόγηση για τον τρόπο που αυτός/αυτή ανταποκρίθηκε στη σύσταση που παρέχεται από το CDSS. Αυτό θα μπορούσε να γίνει σε μια μορφή αναγνώρισης της σύστασης, με μια δήλωση για ποιες εναλλακτικές ενέργειες έγιναν μαζί με εξήγηση για τη μη συμμόρφωση.

5.4.4 Άξονες παροχής πληροφοριών

Αυτοί οι άξονες ασχολούνται με τη μεταφορά των νέων παραγόμενων πληροφοριών στο χρήστη.

1. Μορφή παράδοσης: Αναφέρεται στη μορφή παράδοσης της πληροφορίας π.χ. στο χαρτί, σε απευθείας σύνδεση (μέσω διαδικτύου ή ενσωματωμένους στον ΗΦΑ), μέσω άλλης τεχνολογίας - τηλέφωνο, συσκευή τηλεϊδιοποίησης, ηλεκτρονικό ταχυδρομείο κ.λπ.

2. Λειτουργία παράδοσης: Οι προτάσεις μπορούν να παραδοθούν, αφού ο δημιουργός της απόφασης δεν τις έχει ή δεν τις έχει ζητήσει (χωρίς τη συγκατάθεση) σε μορφή προειδοποίησης, υπενθύμισης ή αιτήματος βελτιστοποίησης. Στην πρώτη περίπτωση, ο κλινικός γιατρός πρέπει να κάνει μια επιπλέον προσπάθεια, να αναγνωρίσει τότε η συμβουλή θα ήταν χρήσιμη, και μέσω του προγράμματος να εισάγει δεδομένα ζητώντας διαγνωστική ή θεραπευτική αξιολόγηση. Σε αυτή την περίπτωση το πρόγραμμα θεωρείται παθητικό. Τα λεγόμενα “συστήματα ώθησης” που παρέχουν αυτόματα συστάσεις μπορεί να είναι πιο αποτελεσματικά και ουσιαστικά να χρησιμοποιούνται περισσότερο. Έχουν διαδραματίσει ενεργό ρόλο με την παροχή υποστήριξης αποφάσεων ως υποπροϊόντα των δραστηριοτήτων δεδομένων διαχείρισης (π.χ. παρακολούθηση, εποπτεία ΗΦΑ). Το σύστημα λογικής απόφασης είναι κατά κάποιον τρόπο ενσωματωμένο στη βάση δεδομένων του ασθενούς, η οποία εμπεριέχει ήδη δεδομένα από διάφορες πηγές και παρέχει εκ νέου δεδομένα και αποτελέσματα στο σύστημα ανάλυσης απόφασης χωρίς πρόσθετη προσπάθεια του κλινικού ιατρού. Ένα έγκυρο σημείο που εξετάζεται εδώ είναι η καταφυγή της λεγόμενης «κόπωσης συναγερμού», όπου ο γιατρός είναι ενημερωμένος για μικρές αποκλίσεις οι οποίες αναφέρονται με διαφορετικό τρόπο και είναι ευρέως κατανοητές.

3. Ολοκλήρωση δράσης: Είναι επιτακτική ανάγκη, το CDSS να παρέχει τη δυνατότητα στον φορέα λήψης των αποφάσεων να ασκήσει τις προτεινόμενες ενέργειες με ευκολία. Για παράδειγμα, το λογισμικό μπορεί, παρέχοντας ταυτόχρονα προτροπές για θεραπεία-κριτική, να παράσχει επίσης απευθείας συνδέσεις με παραπομπές - φόρμες εισόδου και το τμήμα σχεδιασμού θεραπείας του ΗΦΑ. Η ενέργεια αλλαγής της θεραπείας θα πρέπει να ολοκληρωθεί μέσα σε ένα εύρος από λίγα κλικ, για παράδειγμα, με τον έλεγχο ενός δείκτη. Η ολοκλήρωση της ενέργειας προσθέτει σαφήνεια στην ευρύτερη αποδοχή και τη χρηστικότητα του CDSS.

4. Διαθεσιμότητα επεξήγησης: Είναι μια λειτουργία, όπου το σύστημα παρέχει μια εξήγηση των συστάσεών του, μέσω π.χ. συνδέσεων με τεκμηριωμένα άρθρα, βιβλία ή απευθείας από τη βάση γνώσεων.

5. Άξονες ροής εργασίας: Το CDSS μπορεί να θεωρηθεί ως διαδικασία, ωστόσο, στο επίπεδο φροντίδας είναι πρακτικά μια παρέμβαση της τεχνολογίας. Τα συστήματα που συνεργάζονται με τη ροή εργασίας του ιδρύματος είναι πιθανό να παρουσιάσουν υψηλότερη χρήση και να αποδειχθούν πιο αποτελεσματικά στη βελτιστοποίηση των επιδόσεων του ασκούμενου.

5.4.4 Δείκτες επιτυχίας ενός CDSS

Παρά το γεγονός, ότι τα ηλεκτρονικά CDSS ήταν συνεχώς σε εξέλιξη από το 1970, τα αποτελέσματά τους στην καθημερινή κλινική πρακτική δεν ήταν τόσο ισχυρά όσο αναμενόταν. Τα πιθανά οφέλη από τη χρήση ηλεκτρονικών συστημάτων υποστήριξης λήψης αποφάσεων στην κλινική πρακτική εμπίπτουν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες (Coiera, 2003):

1. Βελτίωση της ασφάλειας των ασθενών (μείωση των φαρμακευτικών σφαλμάτων και των ανεπιθύμητων παρενεργειών, επιδιορθωμένη παραπομπή φαρμάκων και αναλύσεων).
2. Βελτίωση της ποιότητας περίθαλψης (αύξηση του χρόνου διάθεσης των κλινικών γιατρών στη φροντίδα των ασθενών, αυξανόμενη εφαρμογή των κλινικών μονοπατιών και των οδηγιών, επιτάχυνση και

ενθάρρυνση της χρήσης των τελευταίων κλινικών ευρημάτων, βελτιωμένη κλινική τεκμηρίωση και ικανοποίηση των ασθενών).

3. Βελτίωση της αποτελεσματικότητας της υγειονομικής περίθαλψης (μείωση του κόστους μέσω της ταχύτερης διεκπεραίωσης των παραπομπών, μείωση των επικαλυπτόμενων δοκιμών, μείωση ανεπιθύμητων ενεργειών και αλλαγή των προτύπων συνταγογράφησης του φαρμάκου, ευνοώντας φθηνότερα, αλλά εξίσου αποτελεσματικά/ισοδύναμα φάρμακα).

Η ανάπτυξη των CDSS είναι μια δύσκολη διαδικασία, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε αποτυχία παρά τις θεωρητικές γνώσεις που υπάρχουν σχετικά με το θέμα. Η κατανόηση των βαθύτερων αιτιών που οδηγούν είτε στην επιτυχία ή είτε στην αποτυχία, μπορεί να βοηθήσει στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας του CDSS, στην ανάπτυξη και στην εφαρμογή στην καθημερινή πρακτική. Οι αποτυχίες μπορεί να προέλθουν σε διάφορες φάσεις ανάπτυξης και εφαρμογής: αποτυχία στην ολοκλήρωση τεχνικά του κατάλληλου συστήματος, αδυναμία να γίνει αποδεκτό το σύστημα από τους χρήστες και αποτυχία να ενσωματωθεί το σύστημα στο καθημερινό οργανωτικό περιβάλλον του χρήστη (Brender et al., 2006).

Υπάρχει εκτίμηση ότι το 45% των ηλεκτρονικών ΠΣΥ αποτυγχάνουν λόγω της αντίθεσης του χρήστη, έστω και αν τα συστήματα αυτά είναι σε τεχνολογικό επίπεδο πλήρη. Μερικοί λόγοι ενός τόσο υψηλού ποσοστού αποτυχίας μπορεί να προέρχονται από ανεπαρκή ικανότητα του υπολογιστή, μειωμένη επαγγελματική αυτονομία, έλλειψη συνειδητοποίησης των μακροπρόθεσμων οφελών της χρήσης του CDSS και έλλειψη επιθυμίας και διάθεσης για αλλαγή της καθημερινής ροής εργασίας (Zhen, et al., 2005). Υπάρχουν, επίσης, σαφείς ενδείξεις ότι οι υπηρεσίες των CDSS δε χρησιμοποιούνται πάντα, όταν είναι διαθέσιμες, δεδομένου ότι πάρα πολλές ειδοποιήσεις συστημάτων παρακάμπτονται ή αγνοούνται από τους γιατρούς (Moxey et al., 2010).

Παρά τα προβλήματα και τις αποτυχίες που μπορεί να συνοδεύουν τα CDSS, τα συστήματα αυτά έχουν αποδειχθεί ευεργετικά σε πολλούς τομείς: βελτιώνουν την επιλογή του φαρμάκου και τις προτάσεις δοσολογίας, μειώνουν σοβαρά σφάλματα φαρμακευτικής αγωγής, επισημαίνοντας ενδεχόμενες αντιδράσεις του φαρμάκου, φαρμακευτικές αλλεργίες και εντοπισμό επικαλύψεων της θεραπείας, ενισχύουν την παροχή υπηρεσιών προληπτικής φροντίδας και βελτιώνουν τη συμμόρφωση με τα συνιστάμενα πρότυπα φροντίδας.

Μελέτες έδειξαν ότι υπάρχουν κάποια χαρακτηριστικά των CDSS ζωτικής σημασίας για την επιτυχία αυτών των συστημάτων (Kawamoto et al., 2005; Shortliffe, & Cimino, 2006; Pearson et al., 2009; Moxey et al., 2010):

- Το CDSS θα πρέπει να παρέχει υποστήριξη λήψης αποφάσεων αυτόματα ως μέρος της ροής εργασιών των κλινικών γιατρών, δεδομένου ότι τα συστήματα όπου οι κλινικοί γιατροί χρειάζεται να ζητήσουν συμβουλές χειροκίνητα δεν έχουν αποδειχθεί επιτυχή.
- Η υποστήριξη της απόφασης θα πρέπει να παραδοθεί κατά το χρόνο και τον τόπο της διαδικασίας λήψης αποφάσεων. Αν ο κλινικός γιατρός πρέπει να διακόψει την κανονική μορφή της φροντίδας του ασθενούς, να προχωρήσει σε ένα ξεχωριστό σταθμό εργασίας ή να ακολουθήσει πολύπλοκες, χρονοβόρες διαδικασίες εκκίνησης, το πιο πιθανό είναι το σύστημα αυτό να μην γίνει αποδεκτό.
- Τα συστήματα που δόθηκαν ως ενσωματωμένα στοιχεία των συστημάτων διαγραμμάτων ή παραπομπών είχαν σημαντικά περισσότερες πιθανότητες να είναι επιτυχή συγκριτικά με αυτά που παρέχονται ανεξάρτητα. Σε γενικές γραμμές, το συστατικό υποστήριξης λήψης απόφασης θα πρέπει να ενσωματώνεται στο συνολικό σύστημα υπολογιστή που είναι ήδη μέρος της επαγγελματικής ρουτίνας των χρηστών, καθιστώντας έτσι την υποστήριξη των αποφάσεων ένα συστατικό της καθημερινής ρουτίνας εργασίας του επαγγελματία υγείας.
- Έχει διαπιστωθεί ότι τα ηλεκτρονικά συστήματα έχουν πλεονεκτήματα έναντι των συστημάτων με βάση το χαρτί.
- Τα συστήματα πρέπει να παρέχουν συστάσεις και όχι να αναφέρουν απλώς μια εκτίμηση για τον ασθενή. Για παράδειγμα, το σύστημα συνιστά στον ιατρό να συνταγογραφήσει διουρητικά για έναν ασθενή και όχι μόνο ότι έγινε εντοπισμός καρδιολογικών ασταθειών στον ασθενή.

- Το CDSS θα πρέπει να ζητάει από τον γιατρό να καταγράψει ένα λόγο μη ακολουθίας των συμβουλών των συστημάτων (ο κλινικός ιατρός καλείται να δικαιολογήσει την απόφαση με έναν λόγο, π.χ. «άρνηση ασθενή»).
- Δεν υπάρχει ανάγκη για εισαγωγή πρόσθετων κλινικών δεδομένων. Λόγω της προσπάθειας των κλινικών γιατρών που απαιτείται για την εισαγωγή νέων δεδομένων ασθενούς, τείνουν να αποφεύγουν τη διαδικασία αυτή, η οποία είναι απαραίτητη για την υποστήριξη νέων αποφάσεων. Είναι προφανές ότι τα συστήματα θα πρέπει να αποκτούν νέα δεδομένα αυτόματα (π.χ. ανάκτηση δεδομένων από ΗΦΑ).
- Το σύστημα θα πρέπει να είναι εύκολο στην πλοήγηση και τη χρήση.
- Ο χρονισμός και η συχνότητα των συστάσεων έχουν μεγάλη σημασία. Για παράδειγμα, εάν υπάρχουν πάρα πολλά μηνύματα, αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει μόνο σε πλήρη αγνόηση και, κατά συνέπεια, να χαθούν σημαντικές πληροφορίες. Η χρονική στιγμή έχει επίσης μεγάλη σημασία - οι ειδοποιήσεις δε θα πρέπει να εμφανίζονται σε ακατάλληλες στιγμές και να διακόπτουν τη ροή εργασίας.
- Η παρουσίαση των δεδομένων ή πληροφοριών σχετικά με τα CDSS δεν πρέπει να είναι ούτε πολύ πυκνή αλλά ούτε και πολύ μικρή. Οι ερευνητές προτείνουν επίσης τη χρήση φωτεινών εικονιδίων για σημαντικές λειτουργίες ή τη διάταξη των αλληλεπιδράσεων ανάλογα με το επείγον του θέματος.
- Τα αποτελέσματα της υποστήριξης απόφασης θα πρέπει να παρέχονται και στους κλινικούς ιατρούς και στους ασθενείς. Μελέτες έχουν δείξει ευεργετικά αποτελέσματα των δράσεων αυτών, επειδή διεγείρουν τους κλινικούς γιατρούς να συζητήσουν τις επιλογές θεραπείας με τους ασθενείς, και κατά συνέπεια οι τελευταίοι να αισθάνονται ότι συμμετέχουν περισσότερο στην ιατρική θεραπεία τους.
- Η περιοδική αξιολόγηση που αφορά τη συμμόρφωση των ιατρών με το σύστημα λήψης αποφάσεων.

Η σημασία όλων αυτών των χαρακτηριστικών έγκειται στην ευκολία που προσφέρουν στον σχεδιασμό και στην υλοποίηση του CDSS, εάν στηριχθούν στις αρχές που αναφέρθηκαν παραπάνω, καθιστώντας έτσι ευκολότερη και τη χρήση τους. Οι κλινικοί γιατροί θεωρούν επίσης πολύ πρακτική τη δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας των κλινικών αποφάσεων από το CDSS. Από τους ίδιους θεωρήθηκε πολύ χρήσιμη η δυνατότητα ειδοποιήσεων για την ασφάλεια και την αλληλεπίδραση του φαρμάκου. Πάνω απ' όλα οι οργανωτικοί παράγοντες, όπως η διαθεσιμότητα των υπολογιστών στο σημείο της υγειονομικής φροντίδας καθώς και η τεχνική αρτιότητα του υλικού και λογισμικού του CDSS είναι ζωτικής σημασίας για την εφαρμογή (Moxey et al., 2010).

Ο Kawamoto το 2005 πρότεινε ότι η αποτελεσματικότητα των CDSS παραμένει αμετάβλητη κυρίως, όταν οι συστάσεις του συστήματος δηλώνονται πιο έντονα και όταν τα αποδεικτικά στοιχεία που υποστηρίζουν αυτές τις προτάσεις επεκτείνονται και περιλαμβάνουν συγκεκριμένα δεδομένα του ιδρύματος. Ομοίως, η αποτελεσματικότητα και η λειτουργικότητα παραμένει αναλλοίωτη, όταν οι συστάσεις γίνονται πιο συγκεκριμένες. Συνοψίζοντας, κατά την ανάπτυξη των CDSS, υπάρχουν παράγοντες πέρα από το λογισμικό και το περιεχόμενο που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Θεμελιώδη θέματα περιλαμβάνουν τη διαθεσιμότητα και την προσβασιμότητα του υλικού, την επαρκή τεχνική υποστήριξη και εκπαίδευση στη χρήση του συστήματος, το επίπεδο της ολοκλήρωσης του συστήματος στην κλινική ροή εργασίας καθώς και την καταλληλότητα και επικαιρότητα των παρεχόμενων κλινικών μηνυμάτων.

5.4.5 Παραδείγματα CDSS συστημάτων στην πράξη

ATHENA

Το σύστημα υποστήριξης αποφάσεων ATHENA³ αναπτύχθηκε το 2002 ως ένα εργαλείο για την εφαρμογή των οδηγιών για την υπέρταση. Ενσωματώνει συστάσεις ελέγχου της αρτηριακής πίεσης και ζητήματα σχετικά με την κατάλληλη επιλογή της θεραπείας, σύμφωνα με τα τελευταία δεδομένα οδηγιών. Επίσης, μελετά συνοδά νοσήματα του συγκεκριμένου ασθενούς. Το DSS του ATHENA έχει μια εύκολα μεταβαλλόμενη γνωστική βάση που καθορίζει τα κριτήρια επιλεξιμότητας, τη διαστρωμάτωση των κινδύνων, τη ρύθμιση των περιθωρίων της αρτηριακής πίεσης, περιλαμβάνει σχετικές συν-νοσηρές καταστάσεις και κατευθυντήριες γραμμές-συστάσεις, ειδικά για τους ασθενείς με συνοδά νοσήματα. Η βάση γνώσεων περιλαμβάνει επίσης τις προτιμήσεις για ορισμένα φάρμακα εντός ομάδων αντι-υπερτασικών φαρμάκων σύμφωνα με τα τελευταία στοιχεία. Νέα αποδεικτικά στοιχεία είναι τα συνεχώς μεταβαλλόμενα πρωτόκολλα καλύτερης αντιμετώπισης της υπέρτασης. Το ATHENA σχεδιάστηκε έτσι ώστε να είναι προσβάσιμο στους κλινικούς ιατρούς για την προσαρμοζόμενη βάση γνώσης, καθώς και προσαρμοσμένες τοπικές ερμηνείες των οδηγιών σύμφωνα με την τοπική δομή του πληθυσμού και άλλους παράγοντες.

Επίσης, είναι δυνατή η ανεξάρτητη ενσωμάτωση σε μια ποικιλία EMR συστημάτων, και έτσι είναι εναλλάξιμο και προσαρμόσιμο για διάφορα ΠΣΥ. Η αποτελεσματικότητα, η ακρίβεια και η επιτυχία της εφαρμογής έχει ερευνηθεί και αναθεωρηθεί σε πολλές περιπτώσεις (Goldstein et al., 2004; Lai et al., 2004). Τέτοια συστήματα, όπως το ATHENA, μπορούν να βοηθήσουν με την υποστήριξη των εθνικών και παγκόσμιων οργανισμών υγειονομικής περίθαλψης στην αποτελεσματική εφαρμογή και αυστηρότερη ακολουθία των κανόνων σε διάφορους τομείς της ιατρικής.

Το 2006 δημιουργήθηκε το DSS του ATHENA στηριζόμενο σε συγκεκριμένες οδηγίες για διαχείριση της απιοειδούς θεραπείας για χρόνια πόνου (Trafton et al., 2010). Αυτό το σύστημα χρησιμοποιεί την αρχιτεκτονική EON από το Πανεπιστήμιο του Στάνφορντ. Το EON είναι ένα σύστημα βασισμένο στη γνώση που βοηθά τους γιατρούς στην φροντίδα των ασθενών που έλαβαν θεραπεία σύμφωνα με πρωτόκολλα και οδηγίες. Είναι κατασκευασμένο από ένα σύνολο στοιχείων λογισμικού που είναι ενσωματωμένα σε ένα ευρύτερο σύστημα πληροφόρησης για την υγεία, το οποίο χρησιμοποιεί προσωποποιημένα δεδομένα. Αυτά τα στοιχεία λογισμικού σχεδιάστηκαν κατά τέτοιο τρόπο ώστε να είναι συγκεντρωμένα όλα μαζί με διάφορους τρόπους, αναμειγνύμενα για τη δημιουργία διαφορετικών λειτουργιών υποστήριξης απόφασης. Υπάρχουν πολλά στοιχεία που είναι αλληλένδετα:

- Η βάση γνώσης κωδικοποιεί τις περιγραφές των κλινικών πρωτοκόλλων. Είναι μια πηγή δεδομένων βασισμένη στα αποδεικτικά στοιχεία για όλες τις άλλες συνιστώσες του EON λογισμικού.
- Λύτες προβλήματος: Καθορίζουν το σωστό πρωτόκολλο για τον ασθενή, π.χ. λύνουν ένα πρόβλημα τοποθέτησης του ασθενούς στο σωστό θεραπευτικό πρωτόκολλο, χρησιμοποιώντας τη βάση γνώσεων και ενσωματώνοντας τα χαρακτηριστικά του ασθενούς (π.χ. μέτρηση πίεσης του αίματος και συνοδά νοσήματα).
- Το συστατικό επιλεξιμότητας-προσδιορισμού χρησιμοποιεί την ίδια βάση γνώσεων για να ταιριάζει τους παράγοντες σε έναν ασθενή με ένα συγκεκριμένο πρωτόκολλο προκειμένου να διαπιστωθεί αν αυτός/αυτή είναι επιλέξιμος/η για μια τέτοια θεραπεία,
- Ο μεσολαβητής βάσης δεδομένων είναι ένας αγωγός μεταξύ όλων των συστατικών στο EON και της βάσης δεδομένων που αποθηκεύει τις πληροφορίες των ασθενών. Ήδη πιο εξελιγμένοι μεσολαβητές εξάγουν τα σχετικά δεδομένα και κάνουν τις σχετικές συνδέσεις πριν την παρουσίασή τους σε ένα λύτη προβλήματος EON (Nguyen et al., 1997).

³ http://www.openclinical.org/aisp_athena.html

ISABEL

Το ISABEL⁴ είναι ένα διαδικτυακό διαγνωστικό σύστημα υποστήριξης αποφάσεων που δημιουργήθηκε το 2001 από γιατρούς. Προσφέρει διαγνωστική υποστήριξη λήψης απόφασης στο σημείο της φροντίδας. Το σύστημα είναι επιλέξιμο για όλες τις ηλικίες ασθενών, από νεογνά έως υπεργήρους. Η βάση δεδομένων του καλύπτει σημαντικές ειδικότητες όπως: Παθολογία, Χειρουργική, Γυναικολογία & Μαιευτική, Παιδιατρική, Γηριατρική, Ογκολογία, Τοξικολογία και Βιοτρομοκρατία. Το ISABEL παράγει άμεσα κατάλογο των πιθανών διαγνώσεων για ένα δεδομένο σύνολο κλινικών χαρακτηριστικών (συμπτώματα, σημάρια, αποτελέσματα των δοκιμών και ερευνών κλπ), ακολουθούμενο από προτάσεις χορήγησης των κατάλληλων φαρμάκων. Αυτό εκτελείται από τον συνδυασμό (δηλ. τεχνικές ταιριάσματος-προτύπου) ενός συνόλου δεδομένων του ασθενούς με σύνολα δεδομένων, όπως περιγράφονται στην καθιερωμένη ιατρική βιβλιογραφία. Το σύστημα επιτρέπει στους γιατρούς να ακολουθήσουν τις υποθέσεις τους σχετικά με τη διαφορική διάγνωση, ως εκ τούτου περιορίζει τις αναζητήσεις σε συγκεκριμένα συστήματα του σώματος. Το σύστημα διασυνδέεται με τον ΗΦΑ, που του επιτρέπει να εξάγει υπάρχουσες διαγνώσεις και άλλα δεδομένα ειδικά για τον ασθενή. Επιπλέον, περιέχει δυνατότητα να βοηθήσει τους γιατρούς να απαντήσουν στις ερωτήσεις τους με σύγχρονες γνώσεις από βιβλία και περιοδικά.

Το ISABEL χρησιμοποιεί λογισμικό επεξεργασίας φυσικής γλώσσας ως εργαλείο αναζήτησης. Το πρότυπο κλινικών χαρακτηριστικών που εισήχθησαν είναι έννοιο-αντιστοίχισης με συγκεκριμένες βάσεις γνώσης. Στη συνέχεια οι καλύτερες διαγνώσεις επιστρέφονται προς εξέταση. Η τεχνολογία αυτονομίας βασίζεται στη χρήση προηγμένων τεχνικών ταιριάσματος-προτύπου (μη γραμμική προσαρμοστική επεξεργασία ψηφιακού σήματος), στηριζόμενες στις θεωρίες της Bayesian συμπερασματολογίας και των αρχών πληροφορίας του Claude Shannon's. (Autonomy, 2009). Αυτές επιτρέπουν την αναγνώριση των προτύπων που εμφανίζονται συνήθως σε κείμενο, με βάση τη χρήση και τη συχνότητα των λέξεων ή όρων που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένες έννοιες. Με βάση το ταιρίασμα ενός προτύπου σε σχέση με ένα άλλο μέσα σε ένα κομμάτι των πληροφοριών επιτρέπεται στους υπολογιστές να αναγνωρίζουν τότε ένα συγκεκριμένο έγγραφο σε ερώτηση αφορά το θέμα που διερευνάται. Με αυτό τον τρόπο, εξάγει την ψηφιακή ουσία ενός εγγράφου και επιτρέπει να εκτελούνται διάφορες λειτουργίες αυτόματα στο κείμενο.

Το ISABEL έχει αξιολογηθεί εκτεταμένα και έχει αποδειχθεί ότι ενισχύει τις γνωστικές δεξιότητες του γιατρού, και ως εκ τούτου βελτιώνει την ασφάλεια των ασθενών και την ποιότητα της φροντίδας του ασθενούς (Ramnarayan et al., 2004; OpenClinical, 2006).

LISA

Το LISA (Warholak et al., 2011) είναι ένα CDSS που αποτελείται από δύο κύριες συνιστώσες. Η πρώτη είναι μια κεντρική βάση δεδομένων της Oracle, κρατώντας όλες τις πληροφορίες των ασθενών σχετικά με την φαρμακευτική πορεία, τα αιματολογικά και τοξολογικά αποτελέσματα, τις δόσεις που συνταγογραφούνται κ.λπ. Η βάση είναι προσβάσιμη από επαγγελματίες της υγείας σε διάφορους τομείς και περιοχές. Η δεύτερη συνιστώσα αντιπροσωπεύει μια διαδικτυακή μονάδα υποστήριξης αποφάσεων, η οποία χρησιμοποιεί την τεχνολογία ανάπτυξης οδηγιών/κανόνων PROforma για την παροχή συμβουλών σχετικά με τις προσαρμογές της δόσης στη θεραπεία της οξείας παιδικής λεμφοβλαστικής λευχαιμίας. Το LISA ασχολείται κυρίως με την παροχή υποστήριξης της ασθένειας, περίοδο κατά την οποία όλες οι αποφάσεις δοσολογίας του φαρμάκου πρέπει συνεχώς να παρακολουθούνται και να προσαρμόζονται, καθώς οι ανταποκρίσεις σε αυτά τα φάρμακα διαφέρουν σημαντικά από ασθενή σε ασθενή.

Η υποστήριξη απόφασης θεωρείται χρήσιμη σε αυτή την περίοδο, δεδομένου ότι πολλά λάθη δοσολογίας έχουν παρουσιαστεί στην πράξη (Hurt et al., 2003). Προκειμένου να δοθεί στον ασθενή μία κατάλληλη δόση χημειοθεραπειών, το σύστημα χρησιμοποιεί τις δυνατότητες λήψης αποφάσεων της PROforma. Περιέχει επίσης μια επιλογή, η οποία επιτρέπει σε ένα γιατρό να συνταγογραφήσει μια εναλλακτική λύση, που δεν ορίζεται στο

⁴ <http://www.isabelhealthcare.com>

πρωτόκολλο. Η PROforma βασίζει τις συστάσεις προσαρμογής δόσης της σε πέντε κύριες εισόδους δεδομένων που ορίζονται στο πρωτόκολλο: τρέχουσα κατάσταση, τρέχοντα αιμοπετάλια και ο απόλυτος αριθμός των ουδετερόφιλων των αιματολογικών αποτελεσμάτων στις οποίες βασίζεται η απόφαση, ο αριθμός των εβδομάδων που βρίσκεται ο ασθενής στην τρέχουσα κατάσταση και αριθμός των εβδομάδων που ο ασθενής έχει ανεκτή θεραπεία. Σε μελέτες αξιολόγησης του LISA, οι συγγραφείς προβλέπουν ότι η χρήση του LISA θα μπορούσε να οδηγήσει σε μείωση της μη-συμμόρφωσης στο πρωτόκολλο θεραπειών (Bury et al., 2004).

Προσωποποιημένη μοντελοποίηση ασθενούς

Μία από τις πολλά υποσχόμενες νέες έννοιες χρήσιμες στα CDSS είναι η προσωποποιημένη μοντελοποίηση ασθενούς (*Patient-Specific Modeling, PSM*), η οποία χρησιμοποιεί εξατομικευμένα υπολογιστικά μοντέλα της ανθρώπινης παθοφυσιολογίας για να μοντελοποιήσει τη δυναμική μιας ευρείας ποικιλίας ιστών και οργάνων. Θα μπορούσαμε να το σκεφτούμε σαν τη λειτουργικότητα που προσθέτει και επανα-εφευρίσκει τη διαδικασία λήψης κλινικών αποφάσεων. Συγχωνευμένη μέσα στα CDSS έχει ακόμα δυνατότητες βελτίωσης περαιτέρω της διάγνωσης και βελτιστοποίησης της κλινικής θεραπείας με την πρόβλεψη των αποτελεσμάτων των θεραπειών και χειρουργικών επεμβάσεων. Η προσωποποιημένη μοντελοποίηση ασθενούς επιδιώκεται σε καλά χρηματοδοτούμενα έργα, όπως η πρωτοβουλία Εικονικού Φυσιολογικού Ανθρώπου (Viceconti et al., 2007).

Σημαντικό πλεονέκτημα του PSM είναι ότι σε αντίθεση με τις συνήθεις διαγνωστικές πρακτικές, οι οποίες βασίζονται σε κλινικές δοκιμές κατά μέσο όρο, παρέχει προσαρμοσμένη θεραπεία και βελτιστοποιεί την ατομική θεραπεία. Ενώ η εκπαίδευση και η εμπειρία του γιατρού έχει αποδειχθεί το πιο σημαντικό στοιχείο, όταν αποφασίζει για την καλύτερη μεταχείριση του ασθενούς από ένα ευρύ φάσμα επιλογών, αυτή η διαδικασία λήψης αποφάσεων συχνά δε λαμβάνει υπόψη όλα τα στοιχεία που είναι ενδεχομένως διαθέσιμα. Η διαδικασία λήψης αποφάσεων που βασίζεται στα αποτελέσματα των προσομοιώσεων χρησιμοποιεί μοντέλα που προέρχονται από τα προσωποποιημένα δεδομένα των ασθενών, ωστόσο, μερικές φορές ασχολείται με βασικές ανυπολόγιστες φυσικές ιδιότητες των ιστών, π.χ. το ακραίο ιστό στο τοίχωμα του αγγείου ενός διογκωμένου κοιλιακού ανευρύσματος (Doyle et al., 2009). Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων αυτών ενεργοποιούν την απόφαση σχετικά με την αποτελεσματικότητα μιας σειράς πιθανών θεραπειών πριν αυτή εφαρμοστεί, εμποδίζοντας τον ασθενή από τη βίωση αχρείαστης ή αναποτελεσματικής θεραπείας.

Το PSM έχει μελετηθεί και επανεξεταστεί στη μοντελοποίηση των αιμοφόρων αγγείων, των οστών, του εγκεφάλου, των σκελετικών μυών, της καρδιάς και στη μοντελοποίηση της συμπεριφοράς των διαφόρων όγκων (Neal, & Kerckhoffs, 2010).

Υπάρχουν πολλά βασικά στοιχεία, τα οποία είναι κοινά σε όλους τους τομείς της PSM για την υποστήριξη της διαδικασίας λήψης κλινικών αποφάσεων. Τα δεδομένα που λαμβάνονται από το ιατρικό ιστορικό του ασθενούς (ΗΦΑ), π.χ. από μια δοκιμασία γονοτυπικής ιολογίας ή σάρωση αγγειογραφίας. Τα δεδομένα στη συνέχεια χρησιμοποιούνται για την κατασκευή ενός υπολογιστικού μοντέλου, το οποίο χρησιμοποιείται για να εκτελέσει μια σύνθετη ροή των προσομοιώσεων ενός προτεινόμενου πρωτοκόλλου θεραπείας. Για παράδειγμα, μοριακές δυναμικές προσομοιώσεις φαρμάκων που αλληλοεπιδρούν με ένα εύρος ικών πρωτεϊνών παρέχουν αποτελέσματα που στη συνέχεια ερμηνεύονται για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της εν λόγω θεραπείας. Αυτό δίνει στον ιατρό μία δυνατότητα να επιλέξει μια θεραπεία που βασίζεται σε προγενέστερη γνώση του του τρόπου με τον οποίο θα μπορούσε αυτός ο συγκεκριμένος ασθενής να ανταποκριθεί σε αυτή, σε μια μοριακή-φυσιολογική βάση (Sadiq et al., 2008).

Αυτές οι προσωποποιημένες προς συγκεκριμένο ασθενή προσομοιώσεις απαιτούν πρόσβαση στα πλήρη δεδομένα του ασθενούς και την κατάλληλη υποδομή για την εκτέλεση πολύ μεγάλου αριθμού πολύπλοκων και απαιτητικών προσομοιώσεων. Γι' αυτό τον λόγο χρησιμοποιούνται ετερογενείς τεχνολογίες πλέγματος από υπερυπολογιστές που αφορούν, σε πραγματικό χρόνο, τα αποτελέσματα πολλών διαφορετικών καταστάσεων έκτακτης ανάγκης, όπως την ανάπτυξη και τις επιπτώσεις από τους τυφώνες και τους σεισμούς (Manos et al., 2008). Στη βιοϊατρική τεχνολογία, οι υπολογισμοί υψηλής απόδοσης έχουν χρησιμοποιηθεί ως ερευνητική ικανότητα για διερεύνηση των αλληλεπιδράσεων σε πολλούς ιστούς σε σχέση με τις βιομοριακές λειτουργίες και τις παρεμβολές λόγω της νόσου και όλα αυτά σε πραγματικό χρόνο. Τέτοιοι σε πραγματικό χρόνο

υπολογισμοί σε μεγάλη κλίμακα, καλύπτουν τις ανάγκες του κλινικού περιβάλλοντος, καθιστώντας έτσι την “υπερ προσωποποιημένη” κλινική υποστήριξη αποφάσεων με PSM όλο και πιο εφικτή.

Παρά την προσοχή που έχει λάβει το PSM στη σύγχρονη εποχή, η αξιολόγηση της προβλεπτικής ικανότητάς του δεν έχει ακόμη δοκιμαστεί σε μεγάλη κλίμακα και έτσι δεν μπορεί ακόμα να καθιερωθεί ως πρότυπο στην κλινική φροντίδα (Neal, & Kerckhoffs, 2010).

5.4.6 Συμπεράσματα

Είναι σαφές ότι τα συστήματα που υποστηρίζουν τη λήψη κλινικών αποφάσεων των γιατρών, νοσηλευτών και άλλων εργαζομένων της υγείας έχουν τεράστιες δυνατότητες προς όφελος της απόδοσής τους, της παροχής φροντίδας υψηλής ποιότητας, της καλύτερης έκβασης των ασθενών. Γενικά, μπορεί κανείς να λάβει την καλύτερη δυνατή φροντίδα των ασθενών, εάν υπάρχει κάποιος που να έχει εξαιρετική γνώση των ιατρικών θεμάτων για τη συγκεκριμένη περίπτωση. Για παράδειγμα, ένας κλινικός ιατρός με περισσότερες πληροφορίες και γνώσεις έχει μια καλύτερη ευκαιρία για την επίλυση ενός κλινικού προβλήματος με όφελος του ασθενούς, του νοσοκομείου και του ίδιου. Το πρόβλημα είναι ότι στη σημερινή εποχή η παγκόσμια γνώση για ένα θέμα είναι συχνά συντριπτική για ένα γιατρό. Τα CDSS ενσωματώνουν τα προσωποποιημένα δεδομένα ειδικά για τον ασθενή και είναι εφαρμόσιμα, καλά δομημένα και οι υπάρχουσες γνώσεις ή οδηγίες είναι βασισμένες σε αποδείξεις, εξυπηρετώντας έτσι τον κλινικό γιατρό με κλινική βελτίωση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων του / της. Η στήριξη αυτή των βασικών γνωστικών διεργασιών που εμπλέκονται στην ιατρική σκέψη, σε κάποιο βαθμό ανακουφίζει τον κλινικό γιατρό και του παρέχει νέες, καλύτερα διαμορφωμένες και ενδεχομένως ανώτερες μεθόδους προκειμένου να παράσχει καλύτερη θεραπεία της ασθένειας.

Βιβλιογραφία/Αναφορές

- Autonomy, I. (2009). *Autonomy Technology Overview*. I. Autonomy.
- Bassingthwaighte, J. B. (2000). "Strategies for the physiome project." *Ann Biomed Eng* 28(8): 1043-1058.
- Berner, E. S. (2007). *Clinical decision support systems : theory and practice*. New York, Springer.
- Brender, J., E. Ammenwerth, et al. (2006). "Factors influencing success and failure of health informatics systems--a pilot Delphi study." *Methods Inf Med* 45(1): 125-136.
- Bury, J., C. Hurt, et al. (2004). "A quantitative and qualitative evaluation of LISA, a decision support system for chemotherapy dosing in childhood acute lymphoblastic leukaemia." *Stud Health Technol Inform* 107(Pt 1): 197-201.
- Coiera, E. (2003). *Guide to health informatics*. London : New York, NY :, Arnold; Distributed in the USA by Oxford University Press.
- de Dombal, F. T., D. J. Leaper, et al. (1972). "Computer-aided diagnosis of acute abdominal pain." *Br Med J* 2(5804): 9-13.
- Delaney, B. C., D. A. Fitzmaurice, et al. (1999). "Can computerised decision support systems deliver improved quality in primary care?. Interview by Abi Berger." *BMJ* 319(7220): 1281.
- Doyle, B. J., A. Callanan, et al. (2009). "Vessel asymmetry as an additional diagnostic tool in the assessment of abdominal aortic aneurysms." *J Vasc Surg* 49(2): 443-454.
- Garg, A. X., N. K. Adhikari, et al. (2005). "Effects of computerized clinical decision support systems on practitioner performance and patient outcomes: a systematic review." *JAMA* 293(10): 1223-1238.
- General Practice Electronic Decision Support, W. (2000). *Strategic future directions / General Practice Electronic Decision Support Workshop*. Canberra, A.C.T. :, Dept. of Health and Aged Care.
- Goldstein, M. K., R. W. Coleman, et al. (2004). "Translating research into practice: organizational issues in implementing automated decision support for hypertension in three medical centers." *J Am Med Inform Assoc* 11(5): 368-376.
- Gordon, M. (2009). *Manual of Nursing Diagnosis*, 12th ed, Jones and Bartlett, ISBN-13: 978-0763771850, Boston
- Greenes, R. A. (2007). *Clinical decision support : the road ahead*. Amsterdam ; Boston, Elsevier Academic Press.
- Henderson, V., Nite, G. (1997). *Principles and Practice of Nursing*, 6th ed, Collier Macmillan, ISBN-10: 0023535806, New York
- Holyoak, K. (2005). *The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning*, Cambridge University Press.
- Hurt, C., J. Fox, et al. (2003). *Computerised advice on drug dosage decisions in childhood leukaemia: a method and a safety strategy*. 9th Conference on Artificial Intelligence in Medicine in Europe, Protaras, Cyprus, Springer.
- Kawamoto, K., C. A. Houlihan, et al. (2005). "Improving clinical practice using clinical decision support systems: a systematic review of trials to identify features critical to success." *BMJ* 330(7494): 765.
- Lai, S., M. K. Goldstein, et al. (2004). "Insights from Testing the Accuracy of Recommendations from an Automated Decision Support System for Primary Hypertension: ATHENA DSS." *MEDINFO CD*: 1706.
- Lyman, J. A., W. F. Cohn, et al. (2010). "Clinical decision support: progress and opportunities." *J Am Med Inform Assoc* 17(5): 487-492.
- Manos, S., Z. S., et al. (2008). *Life or Death Decision-making: The Medical Case for Largescale, On-demand Grid Computing*. CTWatch Quarterly. 4.

- Miller, R. A., H. E. Pople, et al. (1982). "Internist-I, an Experimental Computer-Based Diagnostic Consultant for General Internal Medicine." *New England Journal of Medicine* 307(8): 468-476.
- Moxey, A., J. Robertson, et al. (2010). "Computerized clinical decision support for prescribing: provision does not guarantee uptake." *J Am Med Inform Assoc* 17(1): 25-33.
- National Electronic Decision Support, T. (2003). *Electronic decision support for Australia's health sector : report to Health Ministers by the National Electronic Decision Support Taskforce*. Canberra :, C'wealth Dept. of Health and Ageing.
- Neal, M. L. and R. Kerckhoffs (2010). "Current progress in patient-specific modeling." *Brief Bioinform* 11(1): 111-126.
- Nguyen, J. H., Y. Shahar, et al. (1997). "A temporal database mediator for protocol-based decision support." *Proc AMIA Annu Fall Symp*: 298-302.
- OpenClinical, C. (2006). "Isabel - OpenClinical, AI Systems in Clinical Practice." From http://www.openclinical.org/aisp_isabel.html.
- Ozbolt, JG., Bakken, S. (2006). Patient-care systems. In: *Biomedical Informatics: Computer Applications in Health Care and Biomedicine*, 3rd ed. Shortliffe, EH., Cimino, JJ. (Eds.), 564-584, Springer, ISBN-13: 978-0387289861, New York
- Patel, V. L., D. R. Kaufman, et al. (2002). "Emerging paradigms of cognition in medical decision-making." *J Biomed Inform* 35(1): 52-75.
- Pearson, S.-A., A. Moxey, et al. (2009). "Do computerised clinical decision support systems for prescribing change practice? A systematic review of the literature (1990-2007)." *BMC Health Services Research* 9(1): 154.
- Potter, PA., Perry, AG. (2002). *Basic Nursing: Essentials for Practice*, 5th ed, Mosby, ISBN-13: 978-0323016629, St Louis
- Pöyhönen, M., Hämäläinen, RP. (2001). On the convergence of multi-attribute weighting methods. *Eur J Oper Res*, 129, (2001) 569 – 585.
- Rajkovič, V., Bohanec, M., Batagelj, V. (1988). Knowledge engineering techniques for utility identification. *Acta Psychol (Amst)*, 68, (1988) 271 – 286.
- Ramnarayan, P., A. Tomlinson, et al. (2004). "A novel diagnostic aid (ISABEL): development and preliminary evaluation of clinical performance." *Stud Health Technol Inform* 107(Pt 2): 1091-1095.
- Remmlinger, E. (2002). Next generation clinical systems: is it time to jump? *Annual Healthcare Information and Management Systems Society's Conference*. Atlanta, USA. Session 49.
- Roberts, M. S. (2011). *Decision analysis. Up to date*. M. D. Aronson. Waltham, MA, Up to date.
- Sadiq, S. K., M. D. Mazzeo, et al. (2008). "Patient-specific simulation as a basis for clinical decision-making." *Philos Transact A Math Phys Eng Sci* 366(1878): 3199-3219.
- Shortliffe, E. H. (1976). *Computer-based medical consultations, MYCIN*. New York, Elsevier.
- Shortliffe, E. H. and J. J. Cimino (2006). *Biomedical informatics : computer applications in health care and biomedicine*. New York, Springer.
- Sim, I. and A. Berlin (2003). "A framework for classifying decision support systems." *AMIA Annu Symp Proc*: 599-603.
- Trafton, J. A., S. B. Martins, et al. (2010). "Designing an automated clinical decision support system to match clinical practice guidelines for opioid therapy for chronic pain." *Implement Sci* 5: 26.
- Turban, E., Aronson, J., Liang, TP. (2004). *Decision Support Systems and Intelligent Systems*, 7th ed, Prentice Hall, ISBN-13: 978-0130461063, New Jersey
- Viceconti, M., G. Clapworthy, et al. (2007). *Seeding the EuroPhysiome: a roadmap to the virtual physiological human. eHealth, STEP: A strategy for the EuroPhysiome*.

- Warholak, T., Hines, L., et al. (2011). Assessment tool for pharmacy drug–drug interaction software. *J Am Pharm Assoc.*, 51, (2011) 418–424.
- Wikipedia, C. (2011). "Inference engine." Retrieved 2 February, 2011, from http://en.wikipedia.org/wiki/Inference_engine.
- Wyatt, J. and D. Spiegelhalter (1991). "Field trials of medical decision-aids: potential problems and solutions." *Proc Annu Symp Comput Appl Med Care*: 3-7.
- Zheng, K., R. Padman, et al. (2005). "Understanding technology adoption in clinical care: clinician adoption behavior of a point-of-care reminder system." *Int J Med Inform* 74(7-8): 535-543.

Κριτήρια αξιολόγησης

Κριτήριο αξιολόγησης 1

Αναφέρετε τους βασικούς δείκτες επιτυχίας ενός Κλινικού Συστήματος Υποστήριξης Απόφασης.

Απάντηση

Οι βασικοί δείκτες επιτυχίας ενός CDSS είναι οι εξής:

1. Η αυτόματη παροχή υποστήριξης της λήψης αποφάσεων
2. Η έγκαιρη παράδοση της απόφασης. Να μη χρειαστεί να διακόψει ο κλινικός γιατρός την κανονική μορφή της φροντίδας του ασθενούς ή να προχωρήσει σε ένα ξεχωριστό σταθμό εργασίας ή να ακολουθήσει πολύπλοκες, χρονοβόρες διαδικασίες εκκίνησης, προκειμένου να πάρει μια σύσταση από το CDSS.
3. Η ενσωμάτωση του CDSS στο συνολικό σύστημα υπολογιστή, ώστε να γίνει συστατικό της καθημερινής ρουτίνας εργασίας του επαγγελματία υγείας.
4. Το σύστημα υποστήριξης να βασίζεται σε ηλεκτρονικά συστήματα και όχι σε χαρτιά.
5. Το CDSS πρέπει να παρέχει συστάσεις και όχι απλή αναφορά μιας εκτίμησης για τον ασθενή.
6. Το CDSS να ζητάει από τον γιατρό δικαιολόγηση της τελικής απόφασης θεραπείας, αιτιολογώντας την άρνηση να ακολουθήσει τις συστάσεις του συστήματος.
7. Η απόκτηση δεδομένων αυτόματα και όχι χειροκίνητα (π.χ. από τον ΗΦΑ).
8. Το σύστημα θα πρέπει να είναι εύκολο στην πλοήγηση και τη χρήση.
9. Ορθός χρονισμός και συχνότητα των συστάσεων.
10. Ορθή παρουσίαση δεδομένων, ούτε πολύ πυκνή αλλά ούτε και πολύ μικρή.
11. Παροχή αποτελεσμάτων και στους κλινικούς ιατρούς και τους ασθενείς.
12. Δυνατότητα περιοδικής αξιολόγησης που αφορά στη συμμόρφωση των ιατρών με το CDSS.

Κριτήριο αξιολόγησης 2

Αναφέρετε πιθανά οφέλη από τη χρήση ηλεκτρονικών συστημάτων υποστήριξης λήψης αποφάσεων στην κλινική πρακτική.

Απάντηση

Τα πιθανά οφέλη από τη χρήση ηλεκτρονικών συστημάτων υποστήριξης της λήψης αποφάσεων στην κλινική πρακτική εμπίπτουν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

1. Βελτίωση της ασφάλειας των ασθενών (μείωση των φαρμακευτικών σφαλμάτων και των ανεπιθύμητων παρενεργειών, επιδιορθωμένη παραπομπή φαρμάκων και αναλύσεων).
2. Βελτίωση της ποιότητας περίθαλψης (αύξηση του χρόνου διάθεσης των κλινικών γιατρών στη φροντίδα των ασθενών, αυξανόμενη εφαρμογή των κλινικών μονοπατιών και των οδηγιών,

επιτάχυνση και ενθάρρυνση της χρήσης των τελευταίων κλινικών ευρημάτων, βελτιωμένη κλινική τεκμηρίωση και ικανοποίηση των ασθενών).

3. Βελτίωση της αποτελεσματικότητας της υγειονομικής περίθαλψης (μείωση του κόστους μέσω της ταχύτερης διεκπεραίωσης των παραπομπών, μείωση των επικαλυπτόμενων δοκιμών, μείωση ανεπιθύμητων ενεργειών και αλλαγή των προτύπων συνταγογράφησης του φαρμάκου, ευνοώντας φθηνότερα, αλλά εξίσου αποτελεσματικά/ισοδύναμα φάρμακα).

Κριτήριο αξιολόγησης 3

Σύμφωνα με τον μηχανισμό ενημέρωσης, τα CDSS χωρίζονται σε συστήματα που βασίζονται στη γνώση (knowledge based systems) και σε συστήματα που δε βασίζονται στη γνώση (non-knowledge based systems). Ποια τα χαρακτηριστικά τους;

Απάντηση

Τα βασιζόμενα στη γνώση συστήματα (π.χ. τα έξυπνα συστήματα) ως επί το πλείστον αποτελούνται από τρία μέρη - τη βάση γνώσης, το μηχανισμό εξαγωγής συμπερασμάτων και το μηχανισμό επικοινωνίας. Περιέχουν ειδική κλινική γνώση για πολύ συγκεκριμένα γεγονότα και δραστηριότητες και είναι ικανά να ελέγχουν την εισαγωγή δεδομένων από όλες τις πηγές που αναφέρονται παραπάνω. Τα συστήματα αυτά συνήθως χρησιμοποιούν τη γνώση με τη μορφή κανόνων IF-THEN και πιθανοτικών συσχετίσεων μεταξύ των δεδομένων που έχουν συγκεντρωθεί. Ο επαγωγικός μηχανισμός βρίσκεται στο επίκεντρο της τεχνητής νοημοσύνης, αποτελεί μέρος των συστημάτων που βασίζονται στη γνώση - συνδυάζει και συσχετίζει κανόνες βάσης γνώσεων με τα δεδομένα του ασθενούς. Βασικά ο επαγωγικός μηχανισμός συνδυάζεται με την δεδομένη πληροφορία για την εξαγωγή νέων συμπερασμάτων.

Αντίθετα τα συστήματα που δε βασίζονται στη γνώση χρησιμοποιούν τις αρχές της μηχανικής μάθησης, με τη μορφή π.χ. νευρωνικών δικτύων ή γενετικών αλγορίθμων, όπου οι υπολογιστές μαθαίνουν από την εμπειρία του παρελθόντος και/ή βρίσκουν πρότυπα σε κλινικά δεδομένα ενός ατόμου-ασθενούς.

Κεφάλαιο 6 – Βιοϊατρικά Σήματα

Σύνοψη

Το κεφάλαιο αυτό στοχεύει στην εξοικείωση του αναγνώστη με τα βιοϊατρικά σήματα, τα οποία αξιοποιούνται σήμερα. Με την ολοκλήρωση του κεφαλαίου αυτού ο αναγνώστης θα είναι σε θέση να γνωρίζει τι είναι βιοϊατρικά σήματα και πως η αξιοποίησή τους μπορεί να συμβάλει στο πεδίο της ιατρικής έρευνας και της κλινικής εφαρμογής. Αναφορά γίνεται στην ιστορική αναδρομή της αξιοποίησης των βιοϊατρικών σημάτων, αλλά και στα εργαλεία που μας παρέχουν για την καταγραφή των σημάτων. Εν συνεχεία περιγράφονται αρκετά από τα πιο σημαντικά βιοϊατρικά σήματα ταξινομημένα σύμφωνα με τις διαστάσεις τους. Οι σύντομες περιγραφές των σημάτων επικεντρώνονται στις φυσικές ιδιότητες που αυτά καταγράφουν αλλά και τον τρόπο με τον οποίο αυτές σχετίζονται με τη φυσιολογία του ανθρώπου. Τέλος, ιδιαίτερη αναφορά γίνεται για κάθε σήμα στις εφαρμογές που έχει σήμερα στην κλινική πράξη.

Προαπαιτούμενη γνώση

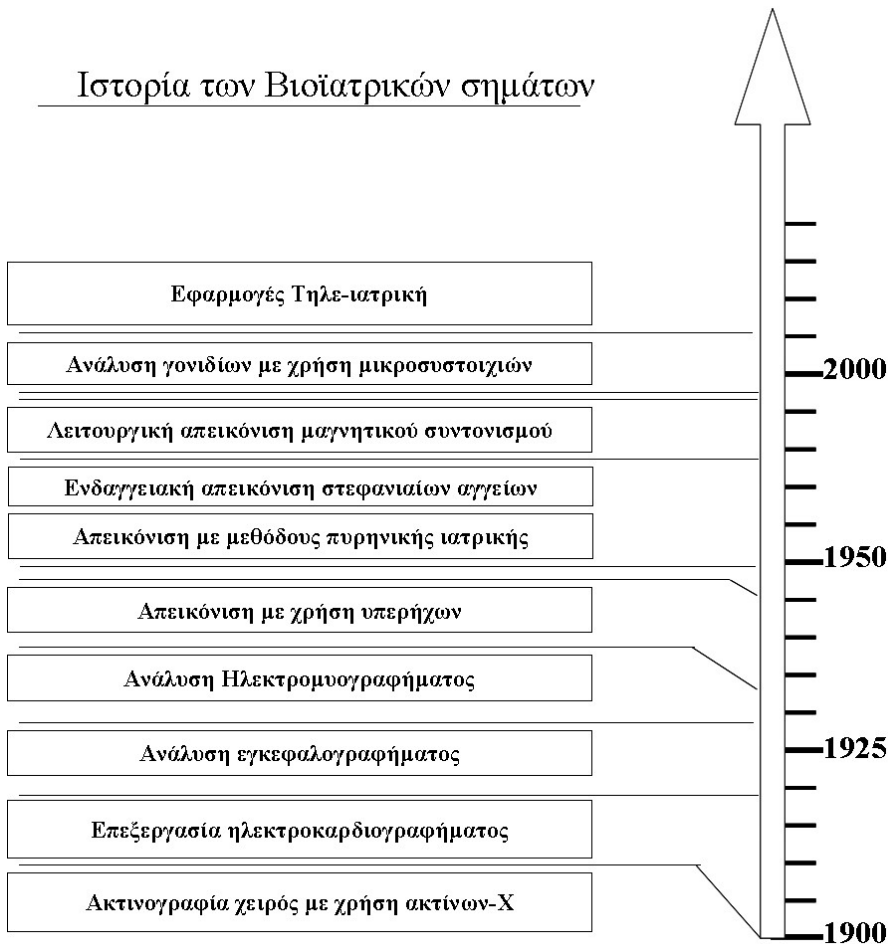
Για την ανάγνωση του παρόντος κεφαλαίου δεν απαιτείται από τον αναγνώστη προηγούμενη γνώση. Πολλά από τα βιοϊατρικά σήματα, τα οποία περιγράφονται, χρησιμοποιούνται σε πολύ μεγάλο βαθμό στην κλινική πράξη και ως εκ τούτου ο αναγνώστης θα τα έχει ακούσει ή μπορεί να έχει παρακολουθήσει την καταγραφή τους. Ίσως η χρήση ιατρικής ορολογίας και η αναφορά σε φυσικά μεγέθη να δυσκολέψουν τον αναγνώστη, ωστόσο κάθε φορά που αναφέρονται δύσκολοι όροι αυτών των επιστημών, επιχειρείται η άμεση αποκρυπτογράφηση τους.

6.1. Ορισμός βιοϊατρικού σήματος

Τα βιοϊατρικά σήματα και η ανάλυσή τους έχουν εισχωρήσει τις τελευταίες δεκαετίες στην επιστήμη της ιατρικής, ως απόρροια της τεχνολογικής ανάπτυξης. Αποτελούν ένα βασικό εργαλείο εκτίμησης της παρούσας κατάστασης του ασθενούς, στους περισσότερους τομείς της ιατρικής, μπορούν δε να παράσχουν πληροφορίες για την εξέλιξη μιας νόσου. Με τον όρο βιοϊατρικό σήμα ορίζουμε τις διακυμάνσεις φυσικών μεγεθών στον χρόνο, οι οποίες συμβαίνουν στα όργανα του ανθρώπινου σώματος. Οι διακυμάνσεις αυτές δύναται να ανιχνευθούν και να καταγραφούν με κατάλληλους αισθητήρες ανάλογα με τη φύση του μεγέθους που μεταβάλλεται. Χάριν κατανόησης μπορούμε να αναφέρουμε ενδεικτικά το ηλεκτροκαρδιογράφημα και του ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, δύο σήματα των οποίων η ανάλυση θα περιγραφεί με μεγάλη λεπτομέρεια. Τα δύο αυτά σήματα καταγράφουν τις μεταβολές των ηλεκτρικών σημάτων που δημιουργούνται από τη λειτουργία των δύο ζωτικών μας οργάνων, της καρδιάς και του εγκεφάλου. Κάθε βιοϊατρικό σήμα παρουσιάζει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, τα οποία από την ιατρική γνώση και εμπειρία μπορούν να χαρακτηριστούν φυσιολογικά, εφόσον παρουσιάζονται στην πλειοψηφία των ανθρώπων που δεν έχουν διαγνωστεί με κάποια παθολογία σχετιζόμενη με το εν λόγω σήμα. Παρεκκλίσεις από τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά ενός βιοϊατρικού σήματος ενδέχεται να σχετίζονται με παθολογικές καταστάσεις και σε συνδυασμό με άλλα ευρήματα και ενδείξεις να οδηγήσουν σε μια ασφαλή διάγνωση και πρόγνωση.

Η ανάγκη της απεικόνισης των εσωτερικών οργάνων του ανθρώπου για διαγνωστικούς σκοπούς, έδωσε το έναυσμα για την καταγραφή των πρώτων βιοϊατρικών σημάτων. Στην αξιοποίηση των πρώτων σημάτων συνέβαλε η πρόοδος των φυσικών επιστημών, που παρείχε τα μέσα για την απεικόνιση των οργάνων με μη επεμβατικό τρόπο. Έτσι ως πρώτη προσπάθεια καταγραφής βιοϊατρικού σήματος μπορεί να λογιστεί η απεικόνιση οργάνων με τη χρήση της τεχνολογίας των ακτίνων X, η γνωστή μας δηλαδή ακτινογραφία. Η πρώτη ακτινογραφία καταγράφεται στα τέλη του 19^{ου} αιώνα (Meggitt, 2008). Τα πρώτα βήματα για την αξιοποίηση μονοδιάστατων βιοϊατρικών σημάτων έγιναν με την καταγραφή και τις πρώτες προσπάθειες ανάλυσης του ηλεκτροκαρδιογραφήματος (Einthoven, Fahr, & de Waart, 1913), και είναι εύλογο, διότι το σήμα της καρδιάς είναι το πιο αισθητό σε έναν οργανισμό, ενώ η καρδιά το πιο ζωτικό του όργανο. Τα πρώτα αποτελέσματα της ανάλυσης του καρδιογραφήματος ώθησαν στην περαιτέρω ανίχνευση και αποκρυπτογράφηση σημάτων που παράγουν οι ζώντες οργανισμοί. Έτσι στα τέλη της δεκαετίας του 1920 με αρχές της δεκαετίας του 1930 παρουσιάστηκαν οι πρώτες ερευνητικές εργασίες καταγραφής και ανάλυσης ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος (Berger, 1929), καθώς επίσης και του ηλεκτρομυογραφήματος (Adrian & Bronk, 1929). Τα μέσα τα οποία απλόχερα προσέφερε η πρόοδος της τεχνολογίας στην ιατρική, έδωσαν το

πλεονέκτημα αρχικά της καταγραφής εικόνας αλλά και βίντεο των ανθρώπινων οργάνων σε πολλές περιπτώσεις, χωρίς να απαιτούνται επεμβατικές μέθοδοι. Τέλος, η εξέλιξη των ασύρματων τηλεπικοινωνιών και το διαδίκτυο έδωσαν τη δυνατότητα της εξ αποστάσεως παρακολούθησης ασθενών σε πραγματικό χρόνο. Μπορεί κανείς να συμπεράνει ότι είναι αξιοθαύμαστο πως σε λιγότερο από έναν αιώνα ερευνητικών προσπαθειών, η ανθρωπότητα έφτασε από την πρώτη καταγραφή βιοσήματος στη συνεχή παρακολούθηση ασθενών με φορέσιμες συσκευές και συστήματα τηλεϊατρικής. Στην Εικόνα 6.1 απεικονίζεται η ιστορική αναδρομή της αξιοποίησης των σημαντικών βιοϊατρικών σημάτων.



Εικόνα 6.1 Ιστορική εξέλιξη της καταγραφής και ανάλυσης βιοϊατρικών σημάτων.

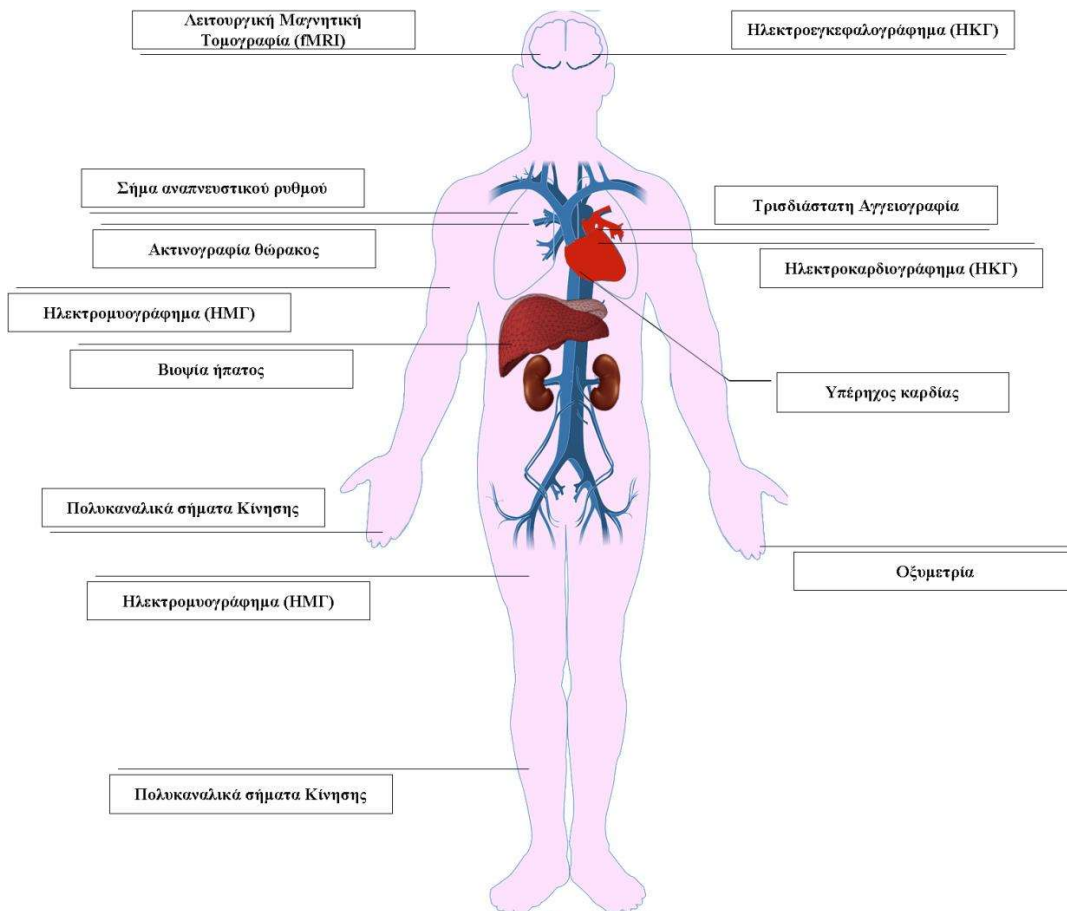
Στην εποχή μας υπάρχει πληθώρα οργάνων και αισθητήρων που χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση και καταγραφή των βιοϊατρικών σημάτων. Συνοπτικά θα αναφερθούμε στα σημαντικότερα τεχνολογικά μέσα που χρησιμοποιούνται στην παρούσα ιατρική στάθμιση με σκοπό την εξαγωγή βιοϊατρικών σημάτων.

- **Ηλεκτρόδια:** Τα ηλεκτρόδια είναι ηλεκτρικοί δυναμικοί αισθητήρες (electrical potential sensor). Υπάρχουν ποικίλα μεγέθη και σχήματα ηλεκτροδίων ανάλογα με το βιοϊατρικό σήμα που στοχεύουν να καταγράψουν ή τις πειραματικές συνθήκες, οι οποίες χρησιμοποιούνται κάθε φορά. Τα ηλεκτρόδια μπορούν να διακριθούν σε επιφανειακά ηλεκτρόδια, βελονοειδή ηλεκτρόδια, σφηνοειδή ηλεκτρόδια, υποσκληρίδια ηλεκτρόδια λωρίδας (subdural strip electrodes) και εν τω βάθει ηλεκτρόδια (depth electrodes). Τα πλέον χρησιμοποιούμενα στην κλινική πράξη είναι τα επιφανειακά, τα οποία προσκολλώνται στο δέρμα με ζελέ, καταγράφοντας το σήμα με μη επεμβατικό τρόπο. Το ηλεκτροκαρδιογράφημα και το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα εμπίπτουν στις βασικές εφαρμογές ηλεκτροδίων.

- **Πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες:** Οι πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες είναι κατασκευασμένοι από πολυκρυσταλλικά υλικά και έχουν την ιδιότητα να παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα όταν τους ασκηθεί μηχανική πίεση. Στον τομέα της υγείας πιεζοηλεκτρικούς αισθητήρες συναντάμε στις συσκευές μέτρησης του αναπνευστικού ρυθμού αλλά και σε συστήματα ανάλυσης κίνησης, όπως για παράδειγμα σε συστήματα ανάλυσης της βάδισης.
- **Επιταχυνσιόμετρα:** Τα επιταχυνσιόμετρα είναι αισθητήρες που ανιχνεύουν δυνάμεις από επιτάχυνση του αντικειμένου. Δύναται να εντοπίσουν είτε τις δυνάμεις που ασκούνται στατικά, όπως για παράδειγμα η δύναμη που ασκείται από την επιτάχυνση της βαρύτητας, είτε δυνάμεις που ασκούνται από τις μεταβολές της ταχύτητας ενός κινητού αντικειμένου. Τα επιταχυνσιόμετρα είναι και αυτά ευρέως διαδεδομένα σε εφαρμογές που μελετούν την κίνηση ασθενών.
- **Γυροσκόπια:** Το γυροσκόπιο είναι το όργανο που μετρά μεταβολές της διεύθυνσης ενός αντικειμένου και είναι βασισμένο στην αρχή της γωνιώδους ορμής. Το όργανο περιέχει ένα σώμα που συνήθως είναι σε σχήμα δίσκου και το οποίο είναι ελεύθερο να περιστραφεί προς μία ή περισσότερες κατευθύνσεις κάθε φορά που το σύστημα αλλάζει τη διεύθυνσή του. Πλέον υπάρχει μεγάλη εξοικείωση με τέτοιου είδους όργανα, διότι αποτελούν μέρος συσκευών που χρησιμοποιούμε στην καθημερινότητά μας, όπως για παράδειγμα τα έξυπνα τηλέφωνα (smart phones).
- **Γωνιόμετρα:** Τα γωνιόμετρα είναι όργανα, τα οποία έχουν την ιδιότητα να μετρούν την γωνία μιας κίνησης. Η χρησιμότητά τους εντοπίζεται στην παρακολούθηση της κίνησης ασθενών και συγκεκριμένα στο εύρος της κίνησής τους. Τα γωνιόμετρα σε συνδυασμό με τα επιταχυνσιόμετρα και τα γυροσκόπια μπορούν να αποτυπώσουν σε πολύ μεγάλο βαθμό τις κινήσεις ενός ασθενούς και με την ανάλυση των σημάτων που παράγουν να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα.
- **Όργανο ελέγχου οξυγόνου αίματος:** Το όργανο ελέγχου οξυγόνου αίματος χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του κορεσμού του οξυγόνου στο αίμα με μη επεμβατικό τρόπο. Η αρχή λειτουργίας του βασίζεται στο γεγονός ότι η απορρόφηση φωτός διαφορετικού μήκους κύματος από την αιμοσφαιρίνη του αίματος διαφοροποιείται και εξαρτάται από το ποσοστό της οξυγόνωσής της. Για την μέτρηση του ποσοστού της οξυγόνωσης λαμβάνεται υπόψη ότι το φως που εκπέμπεται μέσα από τους ιστούς έχει μια παλμική συνιστώσα, λόγω της διαφορετικής ροής αίματος που αλλάζει κατά τη διάρκεια ενός παλμού.
- **Μαγνητικός τομογράφος:** Είναι εύκολα κατανοητό ότι ο εξοπλισμός που απαιτείται για την δισδιάστατη ή τρισδιάστατη απεικόνιση εσωτερικών ανθρώπινων οργάνων και μάλιστα χωρίς επέμβαση είναι πολύ περισσότερο περίπλοκος από τους απλούς αισθητήρες για την καταγραφή των μονοδιάστατων βιοσημάτων. Στους εξοπλισμούς αυτούς συγκαταλέγεται ο Μαγνητικός τομογράφος, ο οποίος αποτελεί μια από τις πιο ακριβείς διατάξεις που χρησιμοποιούνται σε επίπεδο διαγνωστικών μέσων. Σκοπός του είναι η απεικόνιση οργάνων σε τομές με τη μέθοδο του μαγνητικού συντονισμού και αποτελείται από διαφορετικών ειδών πηνία με σκοπό τη δημιουργία μαγνητικών πεδίων για τη διέγερση των ιστών.
- **Υπερηχογράφος:** Η συσκευή αυτή εκμεταλλεύεται τις ιδιότητες που έχουν κάποια κρυσταλλικά υλικά να μετατρέπουν τη μηχανική πίεση που τους ασκείται σε ηλεκτρική ενέργεια. Αυτό είναι το πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο, το οποίο χρησιμοποιείται και για την παραγωγή των υπερήχων αλλά και για την ανίχνευσή τους. Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα αποτελούν τα ηχητικά κύματα που δεν είναι τίποτε άλλο από πυκνώματα και αραιώματα αέρα. Όταν ένας κρύσταλλος αντιλαμβάνεται αυτές τις διακυμάνσεις της πίεσης, παράγει ηλεκτρικά σήματα αντίστοιχα. Επίσης, όταν ασκείται ηλεκτρική ενέργεια στον κρύσταλλο, αυτός υπόκειται σε παραμορφώσεις και δονείται παράγοντας ηχητικά σήματα. Στα παραπάνω φαινόμενα βασίζεται η αρχή λειτουργίας του υπερηχογράφου με τον οποίο διεξάγονται μια σειρά εξετάσεων για την απεικόνιση ανθρώπινων οργάνων.

- **γ-camera:** Η γάμμα camera αποτελεί μια διάταξη για την ανίχνευση των φωτονίων ακτινοβολίας γ. Η εφαρμογή της στην ιατρική έγκειται στην ανάπτυξη των απεικονιστικών μεθόδων της πυρηνικής ιατρικής για τον εντοπισμό όγκων. Σκοπός είναι ο εντοπισμός και η απεικόνιση της ροής των φωτονίων από ραδιοϊσότοπα τα οποία εκπέμπουν ακτινοβολία γ και έχουν ληφθεί από τον ασθενή.
- **Οπτικό Μικροσκόπιο:** Τα οπτικά μικροσκόπια είναι τα μικροσκόπια εκείνα, τα οποία αξιοποιούν το ορατό παράθυρο του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Με μία διάταξη φακών επιτυγχάνεται η μεγέθυνση του αντικειμένου (δείγματα ιστού, κυττάρου κ.ο.κ), ώστε να καθίστανται περισσότερο ευδιάκριτα τα ιατρικά ευρήματα. Τα προς εξέταση δείγματα είναι συνήθως τοποθετημένα σε γυάλινο υπόστρωμα το οποίο τοποθετείται σε θέση κάτω από την διάταξη των φακών. Πολλά σύγχρονα μικροσκόπια παρέχουν λογισμικό για εύκολη απεικόνιση και αποθήκευση εικόνων σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, καθώς επίσης και ρομποτικές διατάξεις για λεπτομερή κίνηση των δειγμάτων.

Πολλές φορές ο όρος σήμα συγχέεται απλώς με μια ακολουθία από τιμές ενός μεταβλητού μεγέθους, η οποία εύκολα αναπαρίσταται στο πεδίο του χρόνου ως μονοδιάστατο σήμα. Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι ο όρος βιοϊατρικό σήμα δεν περιορίζεται σε μονοδιάστατα σήματα, αλλά αντιπροσωπεύει ένα ευρύ φάσμα σημάτων, μονοδιάστατων και πολυδιάστατων, ανάλογα με τη φύση και τις ανάγκες της ιατρικής επιστήμης. Μονοδιάστατα σήματα, μονοδιάστατα σήματα από πολλαπλούς αισθητήρες ταυτόχρονα, εικόνες που προκύπτουν από διάφορες τεχνολογίες (ακτίνες X, υπέρηχοι, μικροσκόπια κ.ο.κ), βίντεο, τρισδιάστατες τομές οργάνων ή και συνδυασμός κάποιων από τα παραπάνω συνιστούν σε μεγάλο ποσοστό τα πιο χρήσιμα εφόδια των ιατρών που παρέχονται από την τεχνολογία. Θα μπορούσε να αναφέρει κανείς ότι όσο πιο πολυδιάστατο είναι ένα σήμα τόσο καλύτερα αποδίδει την τρέχουσα ιατρική κατάσταση ενός ασθενούς και η αναφορά αυτή δε θα απείχε πολύ από την πραγματικότητα. Στον αντίποδα, πολυδιάστατα σήματα συνήθως απαιτούν και πιο ακριβό ιατρικό εξοπλισμό, αλλά και χρονοβόρες και κοστοβόρες διαδικασίες. Έτσι, ανάλογα με την κρισιμότητα της κατάστασης, ο ιατρός έχει στα χέρια του τα κατάλληλα εργαλεία, ώστε να κρίνει ποια θα χρησιμοποιήσει κατά περίπτωση. Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιάσουμε ένα μεγάλο εύρος βιοϊατρικών σημάτων, τα οποία και θα κατηγοριοποιήσουμε με βάση τη διάστασή τους, ξεκινώντας από τα πιο απλά και καταλήγοντας στα πιο σύνθετα. Στην Εικόνα 6.2 παρουσιάζονται μια σειρά από βιοϊατρικά σήματα που λαμβάνονται από το ανθρώπινο σώμα.



Εικόνα 6.2 Βιοϊατρικά σήματα από το ανθρώπινο σώμα.

6.2. Μονοδιάστατα βιοϊατρικά σήματα

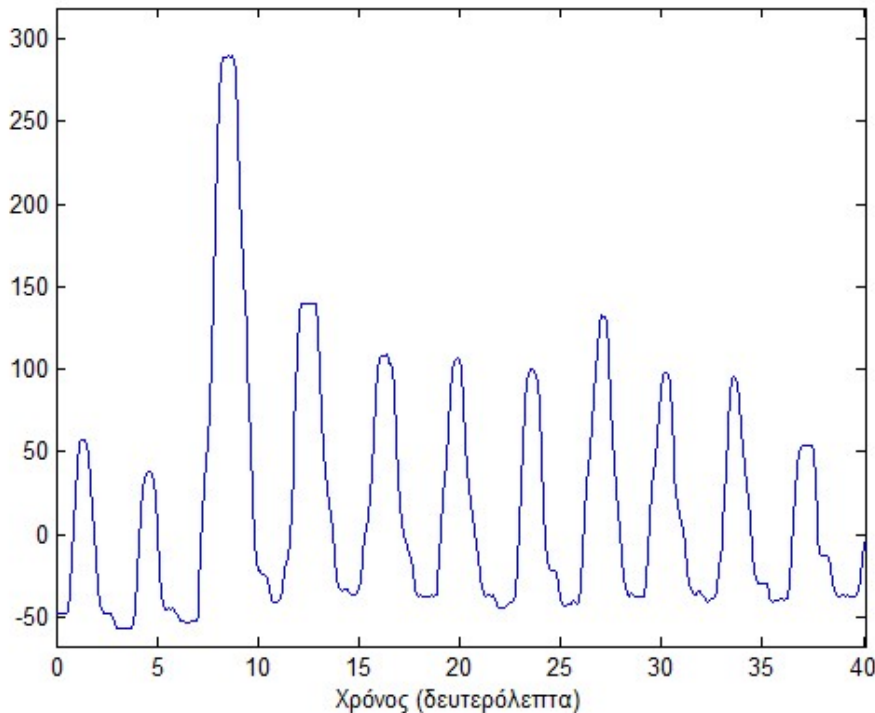
Ως μονοδιάστατα βιοϊατρικά σήματα νοούνται τα σήματα, τα οποία καταγράφουν τις μεταβολές της τιμής μια φυσικής ιδιότητας στην πορεία του χρόνου. Οι φυσικές ιδιότητες που καταγράφονται απορρέουν από τη φυσιολογία του κάθε οργάνου ενώ ανάλογα με την ιδιότητα γίνεται χρήση της κατάλληλης μεθόδου, του κατάλληλου αισθητήρα και εξοπλισμού για την καταγραφή. Για την καταγραφή των μονοδιάστατων σημάτων χρησιμοποιούνται είτε ένας αισθητήρας, οπότε παράγεται ένα μονοκαναλικό σήμα, είτε περισσότεροι από δύο, οπότε και το εξαγόμενο σήμα είναι πολυκαναλικό.

Στην παρούσα ενότητα θα μελετήσουμε τη μέθοδο καταγραφής, τα βασικά χαρακτηριστικά και τις εφαρμογές των μονοκαναλικών σημάτων της αναπνοής και της οξυμετρίας, του ηλεκτροκαρδιογραφήματος, του εγκεφαλογραφήματος, του ηλεκτρομυογραφήματος, καθώς επίσης και των σημάτων που παράγονται από αισθητήρες κίνησης. Τα σήματα αυτά αποτελούν τα κυριότερα μονοδιάστατα βιοϊατρικά σήματα που χρησιμοποιούνται σήμερα στην κλινική πράξη.

6.2.1. Μονοδιάστατα σήματα ενός καναλιού – αναπνοή και οξυμετρία

Τα πιο απλά βιοϊατρικά σήματα αφορούν σε σήματα ενός καναλιού τα οποία κυρίως χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση του ασθενούς σε πραγματικό χρόνο, σε επίπεδο πρωτοβάθμιας υγείας. Τα σήματα αυτά δεν απαιτούν κάποιον εξεζητημένο εξοπλισμό, ούτε κάποια σύνθετη συνδεσμολογία για την καταγραφή τους. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων σημάτων είναι το σήμα της οξυμετρίας ή κορεσμού του οξυγόνου (SpO_2) και του ρυθμού της αναπνοής.

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη ενότητα η καταγραφή του σήματος του ρυθμού της αναπνοής γίνεται με τη χρήση πιεζοηλεκτρικού αισθητήρα, ο οποίος είναι συνήθως σε μορφή ζώνης ή και σε άλλες φορέσιμες μορφές. Ο αισθητήρας τοποθετείται σε σημείο του θώρακα και παράγει ηλεκτρικά σήματα από την πίεση που ασκεί ο θώρακας στον αισθητήρα κατά τη διάρκεια της αναπνοής. Με τον τρόπο αυτό δίδεται μια σαφής εικόνα του ρυθμού της αναπνοής, όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 6.3.



Εικόνα 6.3 Σήμα ρυθμού αναπνοής.

Από την Εικόνα 6.3, προκύπτει ότι το σήμα του ρυθμού της αναπνοής παρουσιάζει περιοδικότητα, που σχετίζεται με την αναπνοή.

Άμεσα σχετιζόμενη με τη μέτρηση του ρυθμού της αναπνοής είναι η οξυμετρία. Η οξυμετρία κάνει χρήση του οργάνου μέτρησης οξυγόνου αίματος με σκοπό να μετρήσει τον κορεσμό του οξυγόνου του αρτηριακού αίματος. Η εφαρμογή του σήματος της οξυμετρίας αφορά σε διάφορα πεδία που μελετούν την ορθή πρόσληψη οξυγόνου από τον οργανισμό, όπως:

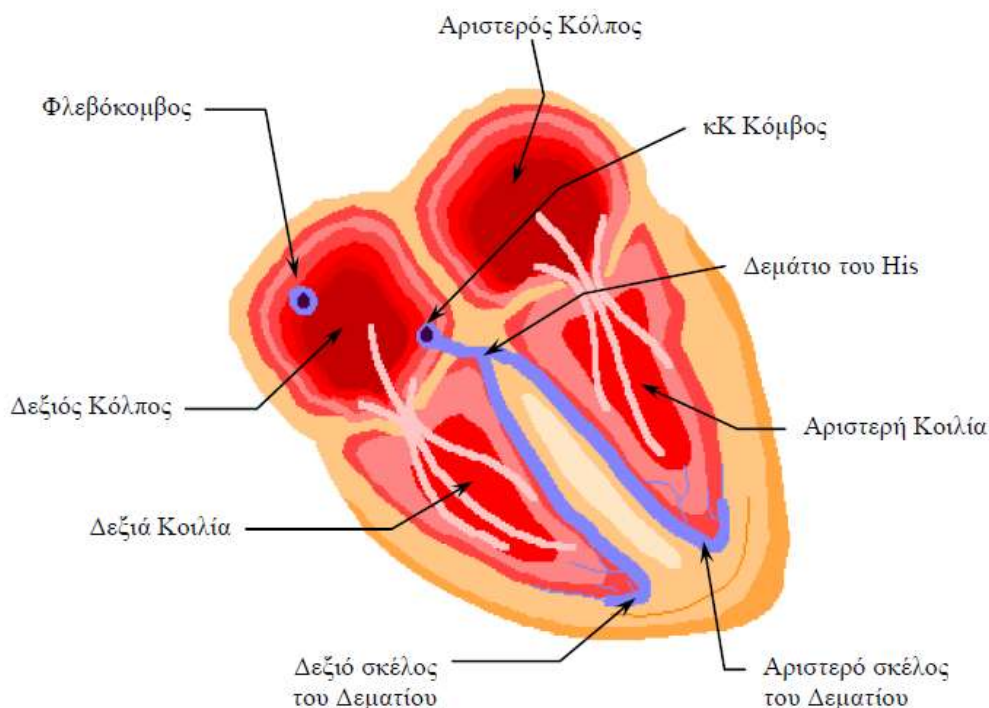
- Η διάγνωση υποξυγοναιμίας ή αναπνευστικής ανεπάρκειας (Chesson, McDowell, Walls, & Bairnsfather, 2001).
- Τα προβλήματα αναπνοής κατά τη διάρκεια του ύπνου, όπως η άπνοια (Alvarez, Hornero, Garcia, del Campo, & Zamarron, 2007). Το πεδίο αυτό αναφέρεται ως πολύ σημαντικό, διότι η έλλειψη οξυγόνωσης κατά τη διάρκεια του ύπνου μπορεί να προκαλέσει από προβλήματα μνήμης έως καρδιολογικά προβλήματα.
- Η ποσοτικοποίηση της οξυγόνωσης του αίματος σε ασθενείς με άσθμα (Cunningham & McMurray, 2006)
- Είναι επιστημονικά διαπιστωμένο (Tripathi, 2004; Ranobe, Yamada, & Nishihara, 2005, Aysin & Aysin, 2006; Saito,) το γεγονός ότι υπάρχει άμεση συσχέτιση του ρυθμού της αναπνοής και του κορεσμού της οξυγόνωσης στο αίμα με τη μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού (Heart Rate Variability).

6.2.2 Ηλεκτροκαρδιογράφημα

Πιο σύνθετα είναι τα πολυκαναλικά σήματα που καταγράφουν ταυτόχρονα με πολλούς αισθητήρες την ηλεκτρική λειτουργία ενός οργάνου. Η καταγραφή των ηλεκτρικών ρευμάτων, των τάσεων και των δυναμικών που δημιουργούνται από την καρδιά ονομάζεται ηλεκτροκαρδιογράφημα (ΗΚΓ) και είναι ένα πολυκαναλικό σήμα. Η καταγραφή γίνεται με την τοποθέτηση ηλεκτροδίων, γνωστών ως απαγωγές, επιφανειακά στη θωρακική περιοχή αλλά και στα άκρα. Το ΗΚΓ δεν αποτελεί μια άμεση καταγραφή της μηχανικής λειτουργίας του οργάνου, αλλά ανιχνεύει τα ηλεκτρικά σήματα που αυτά παράγονται από την λειτουργία της. Η καταγραφή δε της ηλεκτρικής δραστηριότητας δεν είναι καθολική, διότι δεν επιτυγχάνεται για όλα τα δυναμικά που παράγονται από την καρδιακή λειτουργία, αλλά μόνο γι' αυτά τα οποία μπορούν να ανιχνευτούν από τις απαγωγές στα σημεία που είναι τοποθετημένες. Από τα ανωτέρω μπορούν να επισημανθούν οι αδυναμίες του ΗΚΓ ως διαγνωστικό μέσο. Συμπεραίνουμε αφενός το γεγονός ότι το ΗΚΓ δεν μπορεί άμεσα να εντοπίσει κατασκευαστικές ανωμαλίες της καρδιάς, όπως ελλείμματα των διαφραγμάτων ή ανωμαλίες των καρδιακών βαλβίδων. Αφετέρου ότι σίγουρα θα υπάρξουν παραγόμενα δυναμικά, τα οποία δεν μπορούν να ανιχνευτούν. Στα παραπάνω πρέπει να συμπεριληφθεί και το γεγονός ότι η καταγραφή του ΗΚΓ αφορά ηλεκτρικά δυναμικά τα οποία παράγονται από τα κύτταρα του μυοκαρδίου, επομένως η καταγραφή ενός φυσιολογικού ΗΚΓ δε σημαίνει αναγκαστικά, ότι όλα τα καρδιακά μυϊκά κύτταρα λειτουργούν με ορθό τρόπο. Τέλος στο σήμα προστίθεται και θόρυβος από μη καλή εφαρμογή των απαγωγών στο δέρμα και από τη λειτουργία των μυών.

Η διαδικασία της καταγραφής με επιφανειακούς αισθητήρες στηρίζεται στο γεγονός ότι το ανθρώπινο σώμα είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού, με αποτέλεσμα να κατανέμει τα ηλεκτρικά ρεύματα που παράγονται από την καρδιακή λειτουργία στην επιφάνειά του. Έτσι δίδεται η δυνατότητα στις απαγωγές που είναι τοποθετημένες στην επιφάνεια του δέρματος να ανιχνεύουν σήματα, τα οποία έχουν παραχθεί στην περιοχή της καρδιάς. Όσον αφορά στον τρόπο τοποθέτησης των απαγωγών έχει επικρατήσει η χρήση 12 απαγωγών: 6 από τις οποίες τοποθετούνται στη θωρακική περιοχή, ενώ οι υπόλοιπες 6 τοποθετούνται στα άκρα.

Ποια είναι όμως η φυσιολογία της καρδιάς ως οργάνου και πως παράγονται τα ηλεκτρικά σήματα που καταγράφονται από τις απαγωγές; Ως γνωστόν ο ρόλος που επιτελεί η καρδιά είναι η οξυγόνωση όλων των οργάνων του ανθρώπινου σώματος. Η καρδιά λειτουργεί ως μια αντλία, η οποία ωθεί το αίμα στους πνεύμονες με σκοπό να εμπλουτιστεί σε οξυγόνο, και εν συνεχεία πραγματοποιεί την κυκλοφορία του οξυγονωμένου αίματος σε όλα τα σημεία του οργανισμού. Η κυκλοφορία του αίματος επιτυγχάνεται με την συστολή της καρδιάς, την οποία θέτουν σε λειτουργία ηλεκτρικά ρεύματα που διαδίδονται μέσω του καρδιακού μυός. Ο φλεβόκομβος, ο οποίος είναι ένας εξειδικευμένος νευρικός ιστός, οι κόλποι, ο κολποκοιλιακός κόμβος (κΚ κόμβος) και οι κοιλίες (Εικόνα 6.4), είναι τα σημεία της καρδιάς με τη βοήθεια των οποίων συντελείται η παραγωγή και διάδοση των ηλεκτρικών ρευμάτων.



Εικόνα 6.4 Ηλεκτροφυσιολογία της καρδιάς.

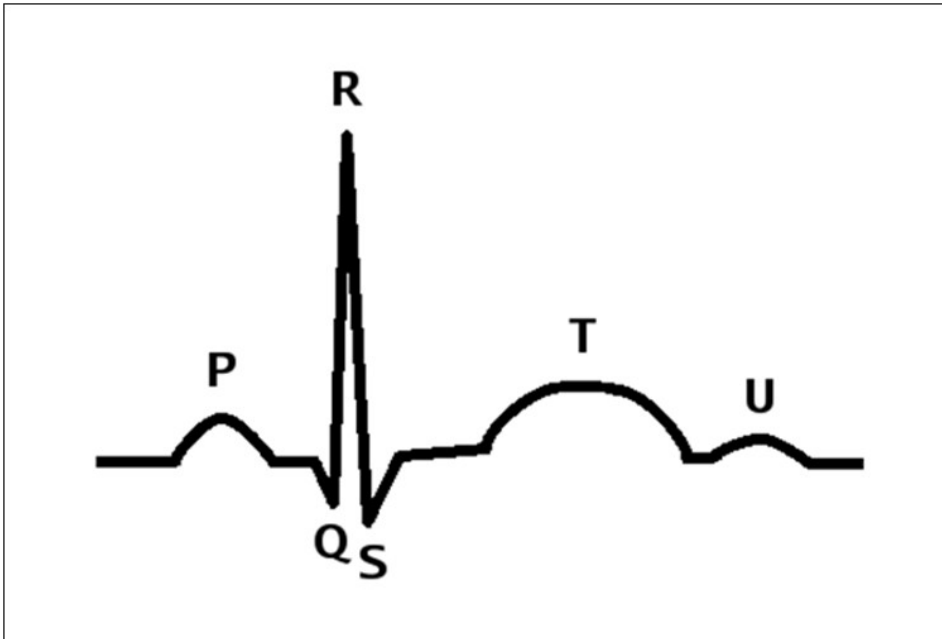
Η ηλεκτρική διέγερση της καρδιάς διενεργείται σε πέντε φάσεις οι οποίες επαναλαμβάνονται διαδοχικά ως εξής:

1. Παράγεται ερέθισμα από τον φλεβόκομβο
2. Διεγείρεται ο δεξιός και ο αριστερός κόλπος.
3. Το ερέθισμα επεκτείνεται δια μέσου του κΚ κόμβου και δεματίου του His
4. Το ερέθισμα επεκτείνεται και από τα δύο σκέλη του δεματίου.
5. Διεγείρονται ο αριστερός και ο δεξιός κοιλιακός μυς

Το ΗΚΓ έχει συγκεκριμένη μορφή, η οποία αποτελείται από κορυφές που παράγονται κατά τη φάση της ηλεκτρικής διέγερσης. Οι κορυφές αυτές ονομάζονται **επάρματα** ή **κύματα**, ενώ αποκλίσεις από τη φυσιολογική τους μορφή ενδέχεται να σχετίζονται με παθολογικές καταστάσεις. Για την κατανόηση της παραγωγής κάθε επάρματος αναφέρεται ότι εκπόλωση είναι η διάδοση των ηλεκτρικών σημάτων μέσω των κόλπων και των κοιλιών, ενώ επαναπόλωση ονομάζεται η επαναφορά των μυϊκών κυττάρων σε κατάσταση ηρεμίας μετά την εκπόλωση. Όταν διεγείρονται και εκπολώνονται οι κόλποι, παράγεται ένα μικρό ηλεκτρικό ρεύμα που καταγράφεται ως **έπαρμα P**, ενώ, όταν διεγείρονται και εκπολώνονται οι κοιλίες, παράγεται ένα σύμπλεγμα **QRS**. Επίσης, η επαναπόλωση των κοιλιών καταγράφεται ως διάστημα **S-T**, **έπαρμα T** και **έπαρμα U**. Η επαναπόλωση των κόλπων συμπεριλαμβάνεται στο σύμπλεγμα **QRS**. Σημειώνεται ότι οι παραπάνω καταγραφές λαμβάνονται, όταν μαζικά καρδιακά κύτταρα δημιουργούν ρεύματα. Η καταγραφή της διέγερσης ενός μόνο κυττάρου δε δύναται να καταγραφεί, διότι είναι ανεπαίσθητη. Συνοψίζοντας, τα βασικά χαρακτηριστικά του ΗΚΓ για έναν κύκλο της ηλεκτρικής διέγερσης καταγράφονται ως εξής:

1. **Έπαρμα P**: το οποίο καταγράφεται κατά την κοιλιακή εκπόλωση
2. **Σύμπλεγμα QRS**: το οποίο καταγράφεται κατά την κοιλιακή εκπόλωση
3. **Τμήμα S-T** και **έπαρμα T**: τα οποία καταγράφονται κατά την κοιλιακή επαναπόλωση
4. **Έπαρμα U**: καταγράφεται πολλές φορές κατά την τελική φάση της κοιλιακής επαναπόλωσης.

Στην παρακάτω Εικόνα 6.5 φαίνεται η τυπική μορφή του ΗΚΓ για ένα κύκλο της ηλεκτρικής δραστηριότητας της καρδιάς.



Εικόνα 6.5 Τυπική μορφή του ΗΚΓ για ένα κύκλο της ηλεκτρικής δραστηριότητας της καρδιάς.

Η ανάλυση του ΗΚΓ διατηρείται πολλές δεκαετίες στο ενδιαφέρον της επιστημονικής έρευνας, καθώς παραμορφώσεις στην τυπική μορφή του ΗΚΓ ενδέχεται να σχετίζονται με διάφορες παθολογικές καταστάσεις. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι η ανάλυση του ΗΚΓ έχει εφαρμοστεί με σκοπό:

- τη μέτρηση της μεταβολής του καρδιακού ρυθμού (Tsiouras & Fotiadis, 2004)
- τη διάγνωση αρρυθμίας (Exarchos et al, 2007)
- τη διάγνωση κοιλιακής μαρμαρυγή (Sahoo, Lu, Tedy, Kim, & Feng, 2011)
- τη διάγνωση στεφανιαίας νόσου (Lewenstein, 2001)

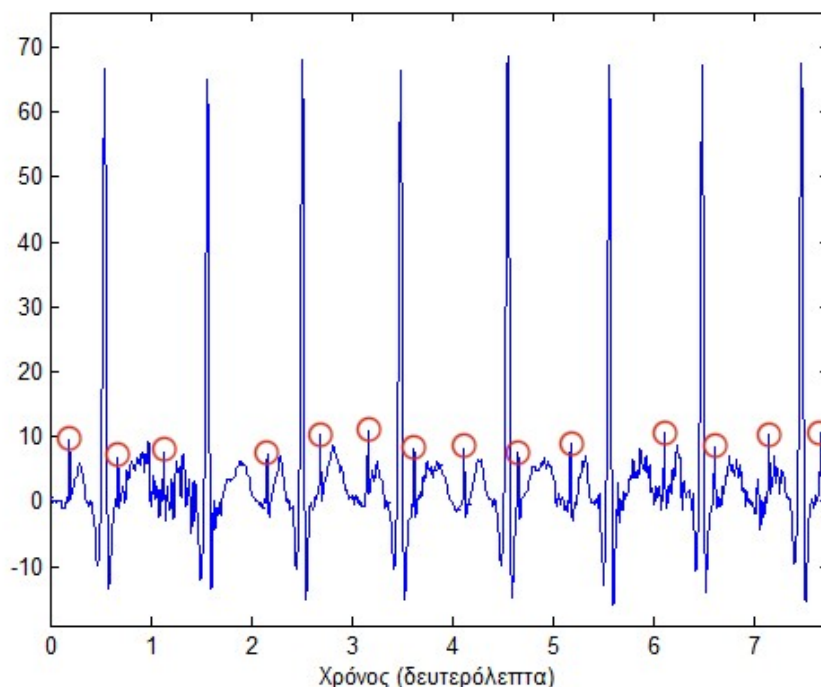
6.2.3 Εμβρυακό Ηλεκτροκαρδιογράφημα

Μια ειδική περίπτωση ηλεκτροκαρδιογραφήματος είναι το εμβρυακό ηλεκτροκαρδιογράφημα (εΗΚΓ), το οποίο λαμβάνεται κατά τη διάρκεια της κύησης και από την 5^η εβδομάδα κύησης και μετά. Η εξέταση αυτή είναι πολύ σημαντική καθώς μπορεί να βοηθήσει στη διάγνωση καρδιακών δυσλειτουργιών του εμβρύου. Οι καρδιακές δυσλειτουργίες αποτελούν μια βασική αιτία θανάτου των εμβρύων αλλά και των βρεφών. Οι καρδιακές δυσλειτουργίες του εμβρύου δημιουργούνται συνήθως στις πρώτες εβδομάδες της κύησης κατά τον σχηματισμό του οργάνου και οι αιτίες ποικίλουν. Οι βασικότερες από αυτές είναι γενετικά σύνδρομα και κληρονομικές ανωμαλίες, αλλά μπορεί να είναι και άλλοι παράγοντες που σχετίζονται με τον τρόπο ζωής και το περιβάλλον της μητέρας (π.χ. κάποια φαρμακευτική θεραπεία που λαμβάνει). Οι πρώτες καταγραφές εΗΚΓ, με σκοπό την ανάλυσή του, πραγματοποιήθηκαν στα τέλη της δεκαετίας του 1960 (Farvet, 1968). Την περίοδο εκείνη οι προσδοκίες για τη νέα μέθοδο ήταν πολύ υψηλές, και πράγματι το εΗΚΓ αποτέλεσε για δεκαετίες ένα βασικό διαγνωστικό μέσο για τον εντοπισμό των δυσλειτουργιών της καρδιάς του εμβρύου. Τα τελευταία χρόνια είναι ευρύτερα διαδεδομένη η μέθοδος του καρδιοτοκογραφήματος, ωστόσο υπάρχουν πρακτικοί λόγοι για τους οποίους εάν υπάρχουν ενδείξεις ότι απαιτείται μεγάλη σε χρονική διάρκεια καταγραφή του εμβρυικού καρδιακού παλμού, το εΗΚΓ να είναι η πιο ενδεδειγμένη λύση.

Οι αρχές που διέπουν τη λειτουργία της καρδιάς, τη φυσιολογία και τελικά την παραγωγή των σημάτων στον ενήλικα, όπως τις περιγράψαμε παραπάνω, είναι οι ίδιες που διέπουν και το εΗΚΓ. Ωστόσο, η φύση του σήματος το οποίο καταγράφεται παρουσιάζει ιδιαίτερες διαφορές σε σχέση με του ενήλικα οι οποίες συνοψίζονται στα εξής:

- Ο καρδιακός παλμός του εμβρύου παρουσιάζει μεγαλύτερο ρυθμό από τους παλμούς των ενηλίκων ατόμων και πλησιάζει περίπου τους 150 παλμούς ανά λεπτό.
- Η καρδιά του εμβρύου παράγει αρκετές φορές ασθενέστερα σήματα σε σχέση με τους παλμούς ενός ενήλικα, γεγονός που καθιστά τις κορυφές των παλμών στο καταγεγραμμένο σήμα με μικρότερο πλάτος και περισσότερο δυσδιάκριτο σε σχέση με τις κορυφές από το ηλεκτροκαρδιογράφημα των ενηλίκων. Είναι εύλογο λοιπόν πολλές φορές το σήμα από τον εμβρυακό καρδιακό παλμό να υπερκαλύπτεται από θόρυβο. Οι πηγές του θορύβου είναι πολλές και ενδεικτικά αναφέρονται σήματα από τους μύες είτε της μητέρας είτε του ίδιου του εμβρύου, σήματα που προέρχονται από την κίνηση του εμβρύου, από την εγκεφαλική λειτουργία του εμβρύου κ.α.
- Ο καρδιακός παλμός της μητέρας πολλές φορές υπερκαλύπτει στην καταγραφή τον καρδιακό παλμό του εμβρύου. Το εΗΚΓ καταγράφεται και αυτό από ηλεκτρόδια επιφανείας και επομένως καταγράφει και τον καρδιακό παλμό της μητέρας, ο οποίος μάλιστα είναι αρκετές φορές πιο ισχυρός. Δεδομένου ότι ο καρδιακός παλμός της μητέρας με τον καρδιακό παλμό του εμβρύου δεν έχουν τον ίδιο ρυθμό, σε πολλά σημεία του σήματος τα δύο σήματα υπερκαλύπτονται και το εμβρυακό σήμα «χάνεται» κάτω από τα επάρματα του μητρικού παλμού.

Στην Εικόνα 6.6 παρουσιάζεται η καταγραφή λίγων δευτερολέπτων ενός εΗΚΓ.



Εικόνα 6.6 Καταγραφή εΗΚΓ.

Οι βασικές εφαρμογές του εΗΚΓ στην κλινική πράξη αφορούν στην ανάλυση του καρδιακού ρυθμού του εμβρύου και των διακυμάνσεών του. Αντιθέτως, το εΗΚΓ δεν έχει εφαρμογή σε παράγοντες οι οποίοι

συνδέονται με τη μορφολογία του. Οι βασικοί λόγοι που δεν αναλύεται η μορφολογία του εΗΚΓ συνοψίζονται στα εξής (Sameni & Clifford, 2010):

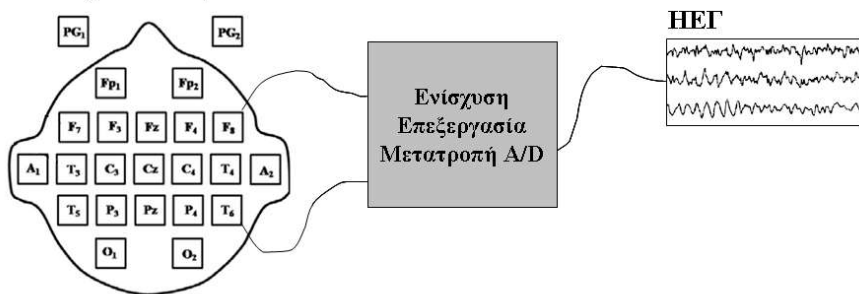
- Οι εκ γενετής κατασκευαστικές δυσλειτουργίες της καρδιάς εντοπίζονται με υπερηχογραφία, διότι πρόκειται για κατασκευαστικές ανωμαλίες και απαιτούνται απεικονιστικές μέθοδοι. Οι μετρήσεις των ηλεκτρικών σημάτων δεν μπορούν να αποτελέσουν αξιόπιστη μέθοδο για τον εντοπισμό κατασκευαστικών ανωμαλιών.
- Τα πιο συνηθισμένα συμπτώματα αρρυθμίας παρουσιάζονται από πρόωρες συστολές οι οποίες είναι ακίνδυνες.
- Αν και οι κατασκευαστικές ανωμαλίες της καρδιάς αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό των εκ γενετής ανωμαλιών τις καρδιάς ωστόσο είναι αρκετά σπάνιες.
- Τα εμβρυικά σήματα έχουν πολύ μικρή διακριτική ικανότητα ώστε να αξιοποιηθούν σε μορφολογικό επίπεδο.

6.2.4 Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα

Ταυτόχρονα με την ανάπτυξη του ηλεκτροκαρδιογραφήματος αναπτύχθηκε και το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (ΗΕΓ). Με την καταγραφή των δύο αυτών σημάτων δόθηκε το έναυσμα για τις πρώτες μετρήσεις βιοϊατρικού σήματος στις οποίες εφαρμόστηκαν ποικίλες τεχνικές επεξεργασίας. Η καταγραφή του ΗΕΓ συνιστά την παρακολούθηση της ηλεκτρικής δραστηριότητας από το τριχωτό της κεφαλής των ανθρώπων και επιτυγχάνεται με τη χρήση ενός συνόλου ηλεκτροδίων. Στη βιβλιογραφία οι πρώτες ερευνητικές εργασίες με καταγραφή και μελέτη του ΗΕΓ παρουσιάστηκαν στα τέλη της δεκαετίας του 1920 (Berger, 1929). Έκτοτε το ΗΕΓ καθιερώθηκε ως κλινικό, διαγνωστικό και ερευνητικό εργαλείο και ακολούθησαν πολλές ερευνητικές ομάδες που ανέπτυξαν μελέτες για αυτό και τον ρόλο του στη φυσιολογία του ανθρώπινου εγκεφάλου. Η περιπλοκότητα και η μικρή διακριτική ικανότητα των ηλεκτρικών σημάτων που καταγράφονται από όλους τους αισθητήρες καθώς επίσης και το μέγεθος των σημάτων, καθιστά εξαιρετικά δύσκολη την εκτίμηση και ποσοτικοποίηση των “κυμάτων” του, και ως εκ τούτου την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων. Από την αρχή είχε διαφανεί ότι η συμβατική κλινική μέθοδος είναι υποκειμενική και ιδιαίζοντας κοπιαστική, καθώς τα αποτελέσματα εξαρτώνται από την αρτιότητα των γνώσεων και την εμπειρία των νευρολόγων. Ως αποτέλεσμα, η ανάγκη για αυτοματισμό της διαδικασίας αλλά και για αντικειμενικότητα των αποτελεσμάτων οδήγησαν άμεσα τους ερευνητές στην ανάπτυξη μεθόδων ποσοτικής ανάλυσης του ΗΕΓ.

Ο ανθρώπινος εγκέφαλος είναι ένα ιδιαίτερα πολύπλοκο σύστημα, το οποίο κυρίως μεταφέρει πληροφορία και την επεξεργάζεται. Το νευρικό σύστημα λειτουργεί διαμέσου των αλληλεπιδράσεων μεταξύ μεγάλων συγκεντρώσεων νευρώνων στο κεντρικό νευρικό σύστημα και το περιφερικό νευρικό σύστημα. Όταν η νευρική δραστηριότητα μεταφέρεται στην επιφάνεια του φλοιού και του κρανίου μπορούμε να την καταγράψουμε ως ΗΕΓ. Οι βασικές δραστηριότητες που καταγράφονται από τα ηλεκτρόδια που τοποθετούνται στο τριχωτό της κεφαλής των ανθρώπων παράγονται από δυναμικά δράσης (action potentials) του φλοιού του εγκεφάλου, αλλά οι περισσότερες παράγονται από διεγερτικά μετασυναπτικά δυναμικά (Excitatory Postsynaptic Potentials, EPSP). Ακόμη και σήμερα βασικές λεπτομέρειες για την παραγωγή του ΗΕΓ δεν έχουν πλήρως κατανοηθεί. Οι ΗΕΓ ρυθμοί που καταγράφονται στο τριχωτό της κεφαλής είναι το αποτέλεσμα της άθροισης πολλών διεγερτικών και ανασταλτικών μετασυναπτικών δυναμικών (EPSPs και IPSPs), τα οποία παράγονται στην πυραμιδική στιβάδα του εγκεφαλικού φλοιού. Στους ανθρώπους, ο θάλαμος του εγκεφάλου θεωρείται ότι είναι η κυριότερη περιοχή παραγωγής των ΗΕΓ δραστηριοτήτων (άλφα και βήτα ρυθμού). Θαλαμικές ταλαντώσεις ενεργοποιούν την εκπυρσοκρότηση των νευρώνων (neuron firing) του φλοιού. Τα επιδερμικά ηλεκτρόδια θα εντοπίσουν ένα μικρό αλλά αισθητό δυναμικό, το οποίο αναπαριστά το άθροισμα των διακυμάνσεων του δυναμικού. Σε κλινικές και πειραματικές συνθήκες, το ΗΕΓ είναι η καταγραφή της διαφοράς δυναμικού μεταξύ δύο ενεργών ηλεκτροδίων (διπολική ΗΕΓ καταγραφή) ή ενός επιδερμικού ενεργού ηλεκτροδίου και του αυτιού ως ηλεκτρόδιο αναφοράς (μονοπολική ΗΕΓ καταγραφή). Τα επιδερμικά ηλεκτρόδια δεν είναι σε θέση να εντοπίσουν αλλαγές πέραν των 6 cm² της επιφάνειας του φλοιού και το αποτελεσματικό βάθος καταγραφής είναι της τάξης των λίγων χιλιοστομέτρων (mm).

Σύστημα Ηλεκτροδίων



Εικόνα 6.7 Σύστημα καταγραφής ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος.

Για την πραγματοποίηση της ποσοτικής ανάλυσης του ΗΕΓ ηλεκτρόδια τοποθετούνται σε συγκεκριμένα σημεία στο τριχωτό της κεφαλής του ανθρώπου, όπως φαίνεται στην Εικόνα 6.7. Κατά τη διάρκεια λήψης των δεδομένων κάθε ηλεκτρόδιο συλλέγει ηλεκτρικά σήματα από το κεντρικό νευρικό σύστημα. Το σύστημα καταγραφής του ΗΕΓ περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

1. τοποθέτηση των ηλεκτροδίων στο τριχωτό της κεφαλής του ανθρώπου και σύνδεση αυτών στον πίνακα συνδεσμολογίας ηλεκτροδίων (head stage box)
2. προεπεξεργασία και ποσοτική ανάλυση του ΗΕΓ
3. καταγραφή και αποθήκευση ΗΕΓ

Τα πρώτα συστήματα καταγραφής ΗΕΓ ήταν πολύ μεγάλα και ογκώδη και μπορούσαν μόνο να χρησιμοποιηθούν σε ΗΕΓ εργαστήρια νοσοκομείων. Με την πρόσφατη ανάπτυξη των ηλεκτρονικών μέσων και τη βοήθεια των σύγχρονων ηλεκτρονικών υπολογιστών (HY) υπάρχουν περισσότερα φορητά και ισχυρά συστήματα για την καταγραφή και την ανάλυση του ΗΕΓ. Τα βασικά μέρη ενός τέτοιου συστήματος θα μπορούσαν να συνοψιστούν στα εξής:

1. **Ηλεκτρόδια:** Τα ηλεκτρόδια είναι το βασικό εργαλείο ώστε να ανιχνευτούν τα ηλεκτρικά σήματα στον φλοιό του εγκεφάλου και να εισαχθούν επίσης ως ηλεκτρικά σήματα στο σύστημα καταγραφής. Το εύρος ζώνης συχνότητας του ΗΕΓ σήματος είναι από 0,5 μέχρι 100 Hz (παρόλο που η πιο ενδιαφέρουσα περιοχή συχνότητας είναι κάτω των 30 Hz) και τυπικά το εύρος του πλάτους του είναι μεταξύ 10-300 μV .
2. **Ενισχυτής:** Τα ηλεκτρικά σήματα που ανιχνεύονται είναι αρκετά ασθενή και για τον λόγο αυτό κρίνεται σκόπιμη η ενίσχυσή τους. Το εύρος συχνότητας του ΗΕΓ απαιτεί ένα ενισχυτή με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά: καλή συμπεριφορά στο θόρυβο, χαμηλή διαρροή ρεύματος (leakage current), υψηλό λόγο αναστολής παρεμβολής (common mode rejection ratio-CMRR), υψηλή εμπέδηση εισόδου (input impedance) και άλλα χαρακτηριστικά τα οποία περιορίζουν τις επιλογές.
3. **Φιλτράρισμα:** Το ΗΕΓ συνήθως δειγματοληπτείται με συχνότητα περίπου στα 250 Hz, η οποία θεωρητικά καλύπτει τη ζώνη μεταξύ 0-125 Hz (στην πράξη ο ρυθμός δειγματοληψίας μπορεί να είναι λίγο υψηλότερος ώστε να πετυχαίνεται υψηλότερη ανάλυση σήματος). Το σύστημα καταγραφής του ΗΕΓ μπορεί να χρειάζεται ένα ειδικό φίλτρο, ώστε να απομακρυνθούν οι ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές από το ηλεκτρικό ρεύμα (50 ή 60Hz).
4. **Αποθήκευση:** Τέλος με σκοπό να είναι ανά πάσα στιγμή διαθέσιμο προς επεξεργασία το σήμα καταγράφεται και αποθηκεύεται. Για να περιοριστεί το μέγεθος του σήματος το αναλογικό ΗΕΓ μετατρέπεται σε ψηφιακό από έναν αναλογοψηφιακό μετατροπέα και αποθηκεύεται σε ψηφιακά μέσα, όπως σκληρούς δίσκους, CD ή DVD. Επίσης, η ψηφιακή αποθήκευση

εξυπηρετεί προκειμένου να γίνει η ποσοτική ανάλυση του ΗΕΓ από τον υπολογιστή και κατ' επέκταση η αρχειοθέτηση και η ανάκτηση.

Οι ιδιότητες του ΗΕΓ χαρακτηρίζονται ως πολύπλοκες, εξαιτίας της πολυπλοκότητας του νευρικού συστήματος. Παραδοσιακά, το αυθόρμητο ΗΕΓ (spontaneous EEG) θεωρείται μία γραμμική στοχαστική διαδικασία με πολλές ομοιότητες με το θόρυβο. Από πλευράς επεξεργασίας σήματος, το ΗΕΓ έχει τις εξής ιδιότητες:

1. *Θορυβώδης και ψευδοστοχαστική διαδικασία:* Το ΗΕΓ κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 10-300 μV , και το οποίο εύκολα επηρεάζεται από ποικίλες μορφές φυσιολογικού και ηλεκτρικού θορύβου. Επίσης, παράσιτα που οφείλονται στην καρδιακή λειτουργία, σε μυϊκές κινήσεις, σε οφθαλμικές κινήσεις και στο ίδιο το σύστημα καταγραφής, μπορεί επίσης να αλλοιώσουν το σήμα. Ακόμη και το ΗΕΓ δείχνει υψηλού βαθμού τυχειότητα και μη-στασιμότητα.
2. *Χρονικά μεταβαλλόμενο και μη-στάσιμο.* Το ΗΕΓ είναι μία μη-στάσιμη διαδικασία, η οποία ποικίλει ανάλογα με τη φυσιολογική κατάσταση. Οι κυματομορφές μπορεί να περιέχουν μια σύνθεση κανονικών ημιτονοειδών κυμάτων, ακανόνιστων αιχμών ή πολυαιχμών, ατράκτων ή πολυατράκτων. Στις περισσότερες παθολογικές καταστάσεις, όπως είναι οι επιληπτικές κρίσεις, το ΗΕΓ επιδεικνύει εμφανή παραδοξότητα ή μη-στασιμότητα. Στην πράξη όμως, το ΗΕΓ μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι μία στάσιμη διαδικασία για πολύ μικρές χρονικές περιόδους (περίπου 3,5 δευτερόλεπτα).
3. *Υψηλή μη-γραμμικότητα:* Παρόλο που τα παραδοσιακά γραμμικά μοντέλα για το ΗΕΓ εξακολουθούν να παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάλυση και διάγνωση του ΗΕΓ, ωστόσο το ΗΕΓ είναι μία μη-γραμμική διαδικασία. Αυτό του είδους η μη-γραμμικότητα είναι επιπλέον εξαρτώμενη από τον χρόνο, την κατάσταση και τη θέση.

Οι εφαρμογές του ΗΕΓ ως κλινικό, διαγνωστικό και ερευνητικό εργαλείο είναι πολλές και αφορούν κυρίως παθολογικές καταστάσεις νευρολογικής φύσεως. Συγκεκριμένα στη βιβλιογραφία έχει καταγραφεί έρευνα που στηρίζεται στο ΗΕΓ και αφορά σε:

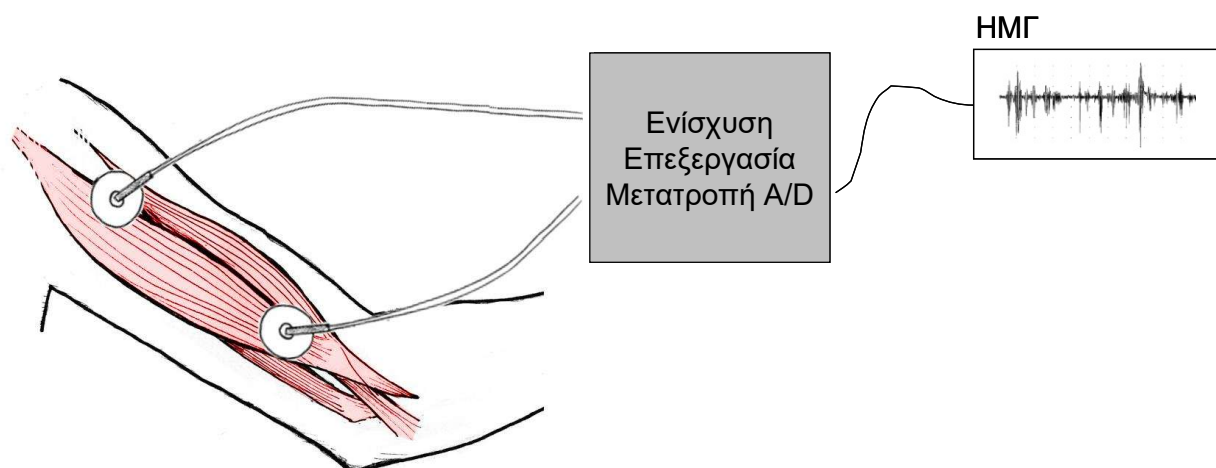
- Διάγνωση νευρολογικών ασθενειών όπως η ασθένεια του Parkinson (Pezard, Jech, & Ruzicka, 2001), το Alzheimer (Kowalski, Gawel, Pfeffer, & Barcikowska, 2001), η επιληψία (Lehnertz, Andrzejak, Arnhold, Kreuz, & Mormann, 2001).
- Εκτίμηση της νευρικής λειτουργίας και ψυχολογικής κατάστασης του ατόμου. Το ΗΕΓ έγινε αποδεκτό ως τρόπος μέτρησης της λειτουργίας του εγκεφάλου. Η ποσοτική ανάλυση του ΗΕΓ βοηθάει στην κατανόηση των ηλεκτροφυσιολογικών και λειτουργικών αλλαγών, οι οποίες σχετίζονται με τη νοητική και φυσιολογική κατάσταση του ατόμου. Η ποσοτική ανάλυση του ΗΕΓ έχει χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη πολλών και διαφορετικών νοητικών καταστάσεων, όπως είναι η χαλάρωση/κατάθλιψη, η προσοχή, το άγχος, η κούραση και ο πόνος, καθώς και φυσιολογικών καταστάσεων, όπως είναι ο ύπνος, η εγρήγορση και η αναισθησία.
- Παρακολούθηση του νευρολογικού τραυματισμού. Ο εντοπισμός και η παρακολούθηση του τραυματισμού του εγκεφάλου αποτελεί ένα σημαντικό τομέα της έρευνας. Ωστόσο, δεν υπάρχουν αποδεκτές πραγματικού-χρόνου (real-time) προσεγγίσεις για αυτό το σκοπό. Η ποσοτική ανάλυση του ΗΕΓ παρέχει μία άμεση και μη επεμβατική προσέγγιση. Τα ΗΕΓ σήματα σε περιπτώσεις όπως του εγκεφαλικού, της υποξίας-ισχαιμίας, του τραύματος και του κόμματος έχουν μελετηθεί εκτενώς.
- Συνδυασμός ΗΕΓ και απεικονιστικών μεθόδων. Το ΗΕΓ σήμα χαρακτηρίζεται από χαμηλή ανάλυση (διακριτική ικανότητα) σε αντίθεση με τις νέες καινοτόμες απεικονιστικές μεθόδους όπως το CT και το MRI οι οποίες παρέχουν υψηλής ανάλυσης εικόνες. Έτσι, ο συνδυασμός του ΗΕΓ με τις απεικονιστικές μεθόδους παρέχουν ταυτόχρονα υψηλή χρονική και χωρική ανάλυση (Baudewig, Bitterman, Paulus, & Frahm, 2001).

6.2.5 Ηλεκτρομυογράφημα

Ταυτόχρονα περίπου με την πρώτη επεξεργασία του ΗΕΓ, παρουσιάστηκαν οι πρώτες εργασίες καταγραφής και ανάλυσης ενός άλλου βιοϊατρικού σήματος, του ηλεκτρομυογραφήματος (ΗΜΓ) (Adrian & Bronk, 1929). Πολλά χρόνια πριν υπήρχε ήδη η πεποίθηση ότι πίσω από την ενέργεια που μπορούν να αποδώσουν οι ανθρώπινοι μύες κρύβονται ενεργά σήματα και δυναμικά. Η αποκρυπτογράφηση των ηλεκτρικών σημάτων θα μπορούσε να δώσει πληροφορίες για τη φυσιολογία συγκεκριμένων μυών, όπως ακριβώς είχε διαπιστωθεί με το ΗΚΓ και το ΗΕΓ. Πράγματι αργότερα αποδείχθηκε ότι για συγκεκριμένους μύς τα ηλεκτρομυογραφικά κύματα αποτελούν σήματα που σχετίζονται με αναγνωρίσιμες μεταβολές στη φυσιολογία των μυών και ότι τυπικές μορφές αυτών μπορούν να αντιστοιχιστούν με παθολογικές καταστάσεις των μυών και των νεύρων που περιέχονται σε αυτούς. Στην ουσία αυτό που καταγράφεται είναι ηλεκτρικά σήματα από τα κύτταρα των νεύρων και των ίδιων των μυών που διεγείρονται από αυτά.

Κάθε μύς περιέχει ομάδες μυϊκών ινών, όπου κάθε ομάδα είναι υπεύθυνη για μια κίνηση που μπορεί να εκτελέσει ο εν λόγω μύς. Κάθε ομάδα ινών, γνωστή στη βιβλιογραφία ως κινητή μονάδα, πυροδοτεί την κίνησή της από ένα μόνο νευρώνα. Η κίνηση που καταγράφεται είναι ουσιαστικά μια συστολή του μυός, καθοδηγούμενη από την κινητή μονάδα. Επίσης, όπως είναι εύκολα κατανοητό, η κίνηση που μπορεί να πραγματοποιήσει ένας μύς καθορίζεται κυρίως από το πλήθος των μυϊκών ινών της μονάδας, τη σύσταση του ίδιου του μυός, και τις ιδιότητες του νευρώνα που διεγείρει την κινητή μονάδα. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα που αναφέρεται στη βιβλιογραφία είναι η σύγκριση μεταξύ του μυός που είναι υπεύθυνος για να ανοιγοκλείνουν τα βλέφαρα, ο οποίος αποτελείται από λιγότερες από 10 μυϊκές ίνες και του εμπρόσθιου μηριαίου μυ που αποτελείται από μερικές χιλιάδες (Martini, 2005).

Τα ηλεκτρικά σήματα που μεταφέρονται μέσω των νευρώνων προκαλούν δυναμικά στις μυϊκές ίνες της κινητής μονάδας, τα οποία ονομάζονται δυναμικά δράσης της κινητικής μονάδας (Motor Unit Action Potential - MUAP) και είναι αυτά τα οποία με τη σειρά τους προκαλούν τη συστολή της κινητής μονάδας. Όσο πιο ισχυρό είναι το σήμα του νευρώνα τόσο περισσότερες μυϊκές ίνες συμμετέχουν στη συστολή του μυός. Τα σωρευμένα δυναμικά δράσεις από όλες τις μυϊκές ίνες όλων των κινητών μονάδων του μυός είναι το μέγεθος που καταγράφει το ΗΜΓ. Η καταγραφή του ΗΜΓ γίνεται όπως ακριβώς και στο ηλεκτροκαρδιογράφημα και το ηλεκτροκαρδιογράφημα με χρήση ηλεκτροδίων που ανιχνεύουν τα ηλεκτρικά σήματα, καταλήγοντας και σε αυτήν την περίπτωση σε ένα πολυκαναλικό μονοδιάστατο σήμα. Τα περισσότερο χρησιμοποιούμενα ηλεκτρόδια είναι τα επιφανειακά, με τα οποία λαμβάνεται το σήμα με μη επεμβατικό τρόπο. Η αρχή λειτουργίας στηρίζεται στο γεγονός ότι το ανθρώπινο σώμα είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού και ως εκ τούτου τα παραγόμενα δυναμικά από τον μυ φτάνουν μέχρι την επιφάνεια του δέρματος, όπου και καταγράφονται. Η διάταξη και το μέγεθος των ηλεκτροδίων ποικίλει ανάλογα με τον προς μελέτη μυ. Η τυπική διάταξη για την καταγραφή του ΗΜΓ εκτός από τα ηλεκτρόδια περιέχει επίσης ενισχυτή, φίλτρα προεπεξεργασίας και αναλογικοψηφιακό μετατροπέα, παραπέμποντας ακριβώς στη διάταξη που παρουσιάσαμε στο ΗΕΓ. Στην Εικόνα 6.8 φαίνεται μια τυπική διάταξη για την καταγραφή του ΗΜΓ.



Εικόνα 6.8 Τυπική διάταξη για την καταγραφή του ΗΜΓ.

Το ΗΜΓ είναι ένα ασθενές σήμα και πολύ επιρρεπές σε προσθήκη θορύβου κατά την καταγραφή του. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο γίνεται χρήση ενισχυτή αλλά και φίλτρων σε μια τυπική διάταξη καταγραφής ΗΜΓ. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι τα δυναμικά που καταγράφονται από τα ηλεκτρόδια είναι της τάξης μεγέθους μερικών mV. Επίσης, κατά την καταγραφή μπορεί να εισαχθεί θόρυβος, ο οποίος να προέρχεται από διάφορους παράγοντες. Για παράδειγμα ενδέχεται ο θόρυβος να προέρχεται από την καταγραφή άλλων βιοσημάτων του οργανισμού, όπως το σήμα της καρδιάς ή ακόμα μπορεί να προέρχεται από τα ίδια τα όργανα καταγραφής. Η χρήση ενισχυτή μπορεί να ισχυροποιήσει το σήμα ενώ με κατάλληλα φίλτρα μπορεί να περιοριστεί ο θόρυβος, ο οποίος λόγω συχνότητας δεν μπορεί να θεωρηθεί ηλεκτρομυογραφικό σήμα. Συνοψίζοντας τα ιατρικά πεδία που εφαρμόζεται το ΗΜΓ μπορούν να αναφερθούν:

1. Η διάγνωση παθολογικών καταστάσεων των μυών και των νευρώνων (Subasi, 2013)
2. Κατά τη διάρκεια φυσικοθεραπείας για την αποκατάσταση τραυματισμών ή άλλων βλαβών των μυών (Crow, 1989).
3. Στη δημιουργία πρόσθετων τεχνικών μελών (Khushaba, Kodagoda, Takruri, & Dissanayake, 2012)
4. Στη μελέτη της αλληλεπίδρασης ανθρώπου-μηχανής (Purushothaman & Ray, 2014)

6.2.6 Πολυκαναλικά σήματα κίνησης

Με την πάροδο των χρόνων, η πρόοδος της τεχνολογίας έδωσε τη δυνατότητα να μελετηθούν με βιοϊατρικά σήματα και κινητικά προβλήματα. Η βασική απαίτηση αυτών των καταγραφών έγκειται στο γεγονός ότι η καταγραφή πρέπει να γίνει εν κινήσει. Το γεγονός αυτό έθετε πολλούς περιορισμούς μέχρι την ανάπτυξη φορητών ανιχνευτών, όπου ο ασθενής μπορεί να έχει επάνω του τη στιγμή που κινείται. Μάλιστα στη βελτίωση αυτών των καταγραφών συνέβαλε και η εξέλιξη των ασύρματων επικοινωνιών αλλά και της μικροηλεκτρονικής. Πλέον για τη μελέτη κινητικών προβλημάτων ο ασθενής φέρει επάνω του ένα σύνολο αισθητήρων σε πολλά σημεία του σώματός του, χωρίς να απαιτούνται πολλαπλές καλωδιώσεις, οι οποίες από μόνες τους ενδεχομένως να δυσχεραίνουν και κατ' επέκταση να αλλοιώνουν την κίνηση του ασθενούς. Οι αισθητήρες μπορούν να είναι είτε τοποθετημένοι απευθείας στο σώμα του ασθενούς ή να είναι ενσωματωμένοι σε κάποια φορέσιμη διάταξη (π.χ. σε ένα γιλέκο, σε μια φόρμα κ.ο.κ) (Crean, McGeouge, & O'Kennedy, 2012).

Για την καταγραφή αξιοποιήσιμων σημάτων από την κίνηση ενός ασθενούς συνήθως επαρκούν τρεις διαφορετικοί αισθητήρες σε διάφορα σημεία του σώματος. Ένας συνδυασμός επιταχυνσιόμετρων, γυροσκοπίων και γωνιόμετρων μπορεί να αξιοποιηθεί, μετρώντας ταυτόχρονα την επιτάχυνση και την μεταβολή της διεύθυνσης των κινήσεων σε διάφορα σημεία του σώματος αλλά και τις γωνίες των κλειδώσεων. Η θέση που θα τοποθετηθούν οι ανιχνευτές κίνησης εξαρτάται αποκλειστικά από το ιατρικό ενδιαφέρον. Για παράδειγμα αν σκοπός είναι να αναλυθεί η βάδιση ενός ασθενούς συνήθως τοποθετούνται τέσσερα επιταχυνσιομέτρα στα κάτω άκρα και ενδεχομένως να μην τοποθετηθούν καθόλου στα άνω άκρα. Στον αντίποδα, αν το ιατρικό ενδιαφέρον εστιάζει στη μελέτη της εξέλιξης μιας νευροεκφυλιστικής ασθένειας, η οποία πλήττει και τα άνω άκρα, όπως η νόσος του Πάρκινσον, τότε σίγουρα θα πρέπει να τοποθετηθούν αρκετοί αισθητήρες και στα άνω άκρα. Τα γωνιόμετρα συνήθως τοποθετούνται σε σημεία του σώματος, στα οποία κατά την κίνηση καταγράφεται μεταβολή στην κλίση τους. Τέτοια σημεία είναι ο αγκώνας του χεριού, τα γόνατα, η μέση κ.ο.κ.

Τα σήματα τα οποία τελικά θα παραχθούν από τους αισθητήρες κίνησης μπορούν να ενταχθούν στα πολυκαναλικά μονοδιάστατα σήματα, δεδομένου ότι καταγράφονται ταυτόχρονα από μια σειρά αισθητήρων. Η φύση των σημάτων είναι και αυτή άμεσα εξαρτώμενη από το ιατρικό πεδίο, και βέβαια από το σημείο του σώματος, στο οποίο είναι τοποθετημένος ο αισθητήρας. Στην καταγραφή ενός επιταχυνσιόμετρου τοποθετημένου στο κάτω άκρο για την ανάλυση της βάδισης, είναι εύλογο ότι θα ληφθεί ένα περιοδικό σήμα, το οποίο θα αντιπροσωπεύει τον κύκλο βάδισης του ασθενούς. Σε ασθένειες νευρολογικής φύσεως όμως υπάρχουν σήματα, τα οποία παρουσιάζουν περιοδικότητα αλλά και άλλα που δεν παρουσιάζουν.

Όπως έχει ήδη αποκαλυφθεί οι δύο βασικές εφαρμογές σημάτων που προέρχονται από αισθητήρες κίνησης αφορούν την παρακολούθηση ασθενών με κινητικά προβλήματα, τα οποία είτε έχουν ορθοπεδική προέλευση είτε προέρχονται από ασθένειες νευρολογικής φύσεως.

- Στα ορθοπεδικά προβλήματα συγκαταλέγονται τα εκ γενετής προβλήματα κίνησης ή προβλήματα τα οποία προήλθαν από τραυματισμό και παρακολουθείται η αποκατάστασή τους. Ιδιαίτερη έμφαση δίδεται στην παρακολούθηση της αποκατάστασης αθλητών. Βασικό εργαλείο είναι η ανάλυση της βάρδισης των ασθενών (Liu, Inoue, & Shibata, 2009). Ειδικά στην περίπτωση της αποκατάστασης ενός τραυματισμού, δύναται να υπάρχουν από πριν τον τραυματισμό σήματα βάρδισης ώστε να χρησιμοποιηθούν ως σήματα αναφοράς.
- Οι νευροεκφυλιστικές ασθένειες τα τελευταία χρόνια βρίσκονται στο επίκεντρο του ιατρικού ενδιαφέροντος. Είναι χρόνιες καταστάσεις οι οποίες χρήζουν συνεχούς παρακολούθησης με σκοπό να εξασφαλίζεται η ποιότητα ζωής του ασθενούς. Δύο χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων ασθενειών οι οποίες πλήττουν την κινησιολογία των ασθενών είναι η νόσος του Πάρκινσον (Tsirouras et al., 2012), και η σκλήρυνση κατά πλάκας (Spain et al., 2012), η οποία συγκαταλέγεται και στα αυτοάνοσα νοσήματα.

6.3. Βιοϊατρική Εικόνα

6.3.1 Βιοϊατρική Εικόνα επιπέδου Γκρι

Στα βιοϊατρικά, όπως προαναφέρθηκε, συγκαταλέγονται και σήματα με μεγαλύτερη διάσταση από τα μονοδιάστατα σήματα τα οποία μελετήθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Για να γίνει κατανοητή η διάκριση αυτή στις διαστάσεις του βιοϊατρικού σήματος μπορεί κάποιος να συγκρίνει τα σήματα που μελετήθηκαν προηγουμένως, τα οποία αφορούν στις μεταβολές ενός βαθμωτού μεγέθους στο χρόνο, με μια βιοϊατρική εικόνα, όπου αποτυπώνεται στο δισδιάστατο επίπεδο η κατάσταση ενός οργάνου του ανθρώπινου σώματος τη δεδομένη χρονική στιγμή. Η απεικόνιση της κατάστασης ενός οργάνου του ανθρώπινου σώματος ήταν εύκολα αντιληπτό ότι μπορεί να προσδώσει πολύ μεγάλη δυναμική στο πεδίο της ιατρικής, κυρίως για διαγνωστικούς σκοπούς. Η μη επεμβατική πρακτική όμως ήταν άρρηκτα συνδεδεμένη με την εξέλιξη άλλων επιστημών και κυρίως της φυσικής. Η πρόοδος της Φυσικής παρείχε τα μέσα για την απεικόνιση της κατάστασης του οργανισμού χωρίς να απαιτείται επέμβαση. Μάλιστα ιατρικές εφαρμογές κατά τις οποίες εξάγονται βιοϊατρικές εικόνες έκαναν την εμφάνισή τους, πριν ακόμα ξεκινήσει η καταγραφή και η επεξεργασία μονοδιάστατων σημάτων.

Σύμφωνα με τις φυσικές μεθόδους που χρησιμοποιούνται από τότε, προσδιορίζονται οι κατηγορίες βιοϊατρικής εικόνας. Έτσι μπορούμε να διακρίνουμε τέσσερις κατηγορίες: την ακτινογραφία (Radiography ή X-rays), την Απεικόνιση Μαγνητικού Συντονισμού ή Μαγνητική Τομογραφία (Magnetic Resonance Imaging – MRI), τον υπέρηχο (ultrasound), και την πυρηνική απεικόνιση (Nuclear imaging). Όλες οι παραπάνω περιπτώσεις βασίζονται στην απόκριση του ανθρώπινου σώματος σε ερεθίσματα, όπως τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα ή τα ηχητικά κύματα. Η διαφορετική σύσταση των ανθρώπινων οργάνων απεικονίζεται σε μια εικόνα επιπέδων του γκρι (grayscale). Κατά τον ίδιο τρόπο μπορούν να εντοπιστούν παθολογικές περιοχές σε ανθρώπινα όργανα από την παραπάνω απεικόνιση. Τις παραπάνω τέσσερις κατηγορίες βιοϊατρικής εικόνας επιπέδων του γκρι θα μελετήσουμε με μεγαλύτερη λεπτομέρεια στο παρόν κεφάλαιο.

6.3.1.1 Ακτινογραφία

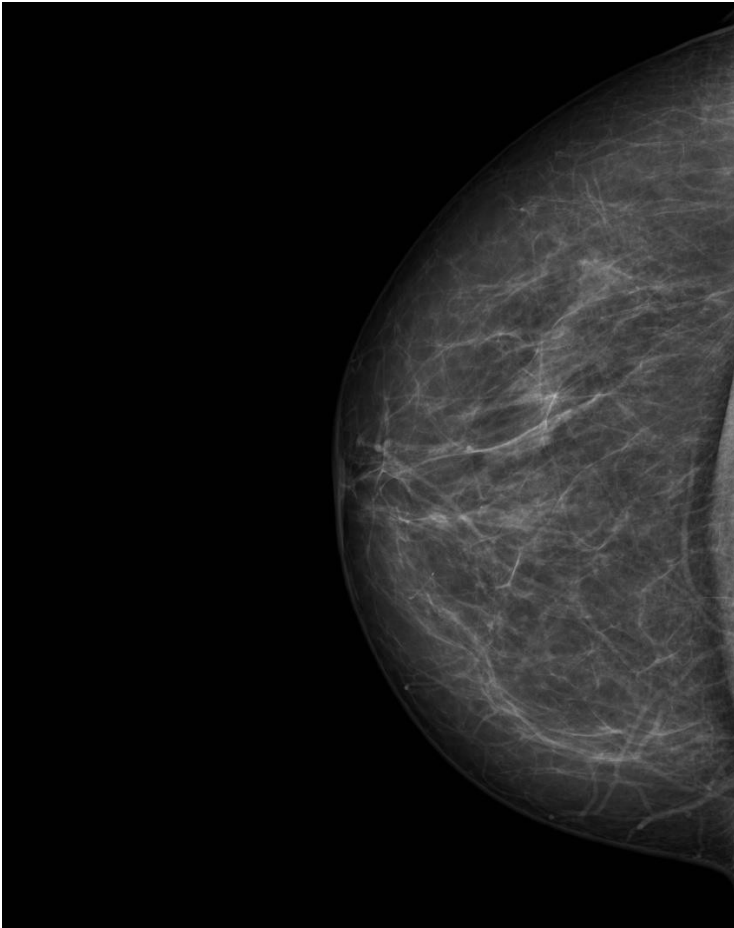
Η ακτινογραφία είναι μια απεικονιστική μέθοδος ρουτίνας, η οποία χρησιμοποιείται σε πολύ μεγάλο βαθμό σήμερα. Η μέθοδος αυτή εκμεταλλεύεται τις ιδιότητες της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και την επίδρασή τους στα όργανα του ανθρώπινου οργανισμού. Η ακτινογραφία κάνει χρήση του παραθύρου των ακτίνων X, οι οποίες διαπερνούν τους μαλακούς ιστούς, ενώ δεν μπορούν να διέλθουν στον ίδιο βαθμό άλλους ιστούς ή τα οστά του ανθρώπου. Έτσι δίδεται η δυνατότητα να αποτυπωθεί σε πέτασμα μια απεικόνιση των οργάνων και των οστών χωρίς να απαιτείται επεμβατική μέθοδος. Για την ανάπτυξη της μεθόδου το έναυσμα έδωσε η

ανακάλυψη των ακτίνων X, την ύπαρξη των οποίων ανακάλυψε ο Βίλχελμ Κόνραντ Ρέντγκεν (Wilhelm Conrad Röntgen) πραγματοποιώντας πειράματα για την ηλεκτρική αγωγιμότητα των αερίων το 1895. Οι ακτίνες X τοποθετούνται στο φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ανάμεσα στις ακτίνες γ και το παράθυρο του ορατού φωτός (εύρος μήκους κύματος 100nm-10pm). Η ακτινοβολία αυτή θεωρείται iontίζουσα και επομένως είναι επιβλαβής για τον ανθρώπινο οργανισμό, όταν αυτός εκτίθεται σε μεγάλες ποσότητες και για μεγάλα χρονικά διαστήματα σε αυτήν. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο δε γίνεται αλόγιστη χρήση εξετάσεων που βασίζονται στην ακτινογραφία, ενώ λαμβάνονται αυστηρά μέτρα προστασίας στους χώρους που διεξάγεται η εξέταση. Η πρώτη εφαρμογή της ακτινογραφίας στην ιατρική καταγράφεται ιστορικά το 1896 (Meggitt, 2008) και αφορά σε ακτινογραφία των δακτύλων των άνω άκρων.

Για τη δημιουργία μιας εικόνας ακτινογραφίας δέσμες ακτίνων X συγκεκριμένου μήκους κύματος παράγονται από πηγή και κατευθύνονται προς το εξέταση σημείο του σώματος. Οι δέσμες προσπίπτουν στο ανθρώπινο σώμα και επιδρούν ανάλογα με τη σύσταση και την πυκνότητα των μερών του σώματος που συναντούν. Συγκεκριμένα οι δέσμες σε μαλακούς ιστούς, αν δεν απορροφούν την ακτινοβολία λόγω της σύστασής τους είναι συνήθως μικρής πυκνότητας και διαφανείς για την ακτινοβολία των ακτίνων X. Στον αντίποδα τα οστά, τα οποία χαρακτηρίζονται από υψηλή πυκνότητα, δεν αφήνουν το μεγαλύτερο μέρος της ακτινοβολίας να διέλθει. Η ακτινοβολία η οποία διαπερνά κατά τόπους το ανθρώπινο σώμα φτάνει πίσω από αυτό, όπου υπάρχει τοποθετημένο ένα φωτογραφικό φιλμ στο οποίο καταγράφεται η ακτινοβολία που φτάνει σε αυτό. Με τη διαδικασία αυτή επάνω στο φωτογραφικό φιλμ αποτυπώνεται η ανομοιογένεια των οργάνων στα οποία προσπίπτει η ακτινοβολία.

Η ακτινογραφία έχει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών στην ιατρική κυρίως για διαγνωστικούς σκοπούς. Οι κυριότερες από αυτές είναι η μαστογραφία για τον εντοπισμό μαζών, οι ακτινογραφίες για τον εντοπισμό παθολογιών σε οποιοδήποτε οστό αλλά και η ακτινογραφία για την κατάσταση των δοντιών. Παρακάτω θα αναφέρουμε τα βασικά χαρακτηριστικά των τριών αυτών περιπτώσεων.

Η μαστογραφία (mammography) αποτελεί τη βασική μη επεμβατική εξέταση για τη διάγνωση του καρκίνου του μαστού. Σύμφωνα με τις αρχές λειτουργίας που αναπτύχθηκαν παραπάνω γίνεται η λήψη ακτινογραφίας του μαστού από ειδικό μηχάνημα που ονομάζεται μαστογράφος. Οι ιστοί που υπάρχουν στον μαστό είτε απορροφούν, είτε ανακλούν, είτε επιτρέπουν τη διέλευση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας ανάλογα με τη σύσταση και την πυκνότητά τους. Στην Εικόνα 6.9 φαίνεται μια ακτινογραφία μαστού.



Εικόνα 6.9 Μαστογραφία με τη μέθοδο απεικόνισης της ακτινογραφίας.

Σε περίπτωση ύπαρξης νεοπλασιών ή μαζών η ακτινοβολία θα απορροφηθεί σε μεγαλύτερο βαθμό και επομένως η θέση των αντικειμένων αυτών θα φανεί στην εικόνα επιπέδων του γκρι που θα παραχθεί. Σε μια μαστογραφία μπορούν να εντοπιστούν αντικείμενα διαμέτρου μέχρι και μισού εκατοστού, γεγονός που καθιστά την εξέταση αυτή μια από τις πιο σημαντικές προληπτικές εξετάσεις για την έγκαιρη διάγνωση νεοπλασιών στον μαστό. Είναι εφικτό δε να εντοπιστούν με κατάλληλη επεξεργασία και μικρές συγκεντρώσεις ασβεστίου (μικροαποτιτανώσεις) οι οποίες συχνά εξελίσσονται σε καρκίνο.

Μια άλλη βασική εφαρμογή της ακτινογραφίας είναι η ακτινογραφία των οστών. Η ακτινογραφία των οστών αποτελεί τη βασική εξέταση για τη διάγνωση τραυματισμών των οστών. Τα οστά λόγω της μεγάλης τους πυκνότητας δεν αφήνουν τις ακτίνες X να διέλθουν και επομένως είναι τα πιο ευδιάκριτα αντικείμενα μια ακτινογραφίας. Η συγκεκριμένη εξέταση διαδραματίζει ιδιαίτερο ρόλο στην παρακολούθηση της αποκατάστασης τραυματισμών αλλά και παθογενών καταστάσεων των οστών (Menga, Dongb, Wena, & Xiec, 2015). Σε αυτή την κατηγορία μπορεί να συμπεριληφθεί και η ακτινογραφία οδόντων (Li, Fevens, Krzyzak, Jin, & Li, 2007).

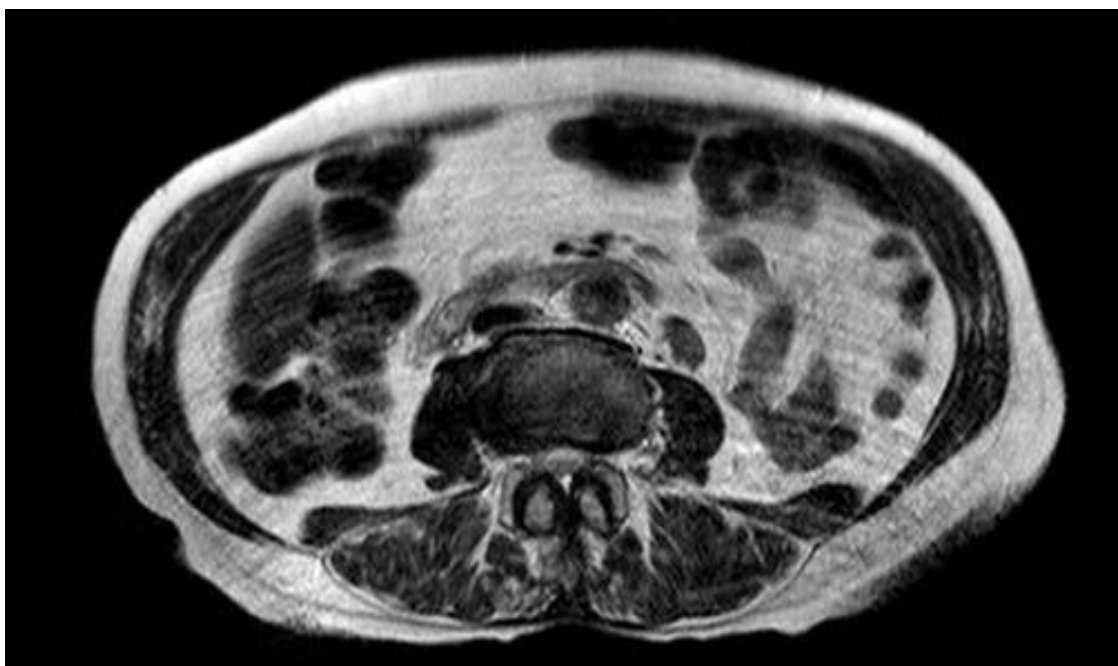
Τέλος, ευρέως διαδεδομένη εξέταση με χρήση ακτίνων X είναι η ακτινογραφία θώρακος. Η ακτινογραφία θώρακος έχει πολλαπλές χρήσεις. Στην περιοχή του στήθους συγκεντρώνονται τα περισσότερα από τα ζωτικά ανθρώπινα όργανα, και ως εκ τούτου η ακτινογραφία θώρακος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διαγνωστικούς σκοπούς σε καθένα από αυτά (Fowles, Brown, Morley, & Jones, 2014). Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση της αποκατάστασης τραυματισμών που αφορούν στην σπονδυλική στήλη ή στα οστά των πλευρών.

6.3.1.2 Απεικόνιση Μαγνητικού Συντονισμού

Η απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού (ΑΜΣ) είναι και αυτή μία μέθοδος απεικόνισης που στηρίζεται σε αρχές της φυσικής. Μια αλληλουχία ανακαλύψεων στις φυσικές επιστήμες συνέβαλαν σ' αυτό, με απαρχή τις ανακαλύψεις του Νικολά Τέσλα περί ηλεκτρομαγνητισμού έως και την ανακάλυψη της κβαντομηχανικής. Οι πρώτες κλινικές εφαρμογές τοποθετούνται χρονικά στα μέσα της δεκαετίας του '70 (Damadian, Minkoff, Goldsmith, Stanford, & Koutcher, 1976), όπου διεφάνη πειραματικά η διαφορετική απόκριση των ιστών σε μαγνητικά ερεθίσματα. Η απεικόνιση αυτής της διαφορετικής αντίδρασης των ιστών παρείχε τη δυνατότητα να γίνει η μέθοδος διαγνωστικό μέσο. Το κυριότερο πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου απεικόνισης έγκειται στο γεγονός ότι δε γίνεται χρήση κάποιας επιβλαβούς ιοντίζουσας ακτινοβολίας, ενώ οι εικόνες που παράγονται παρέχουν πολύ μεγαλύτερη διακριτική ικανότητα. Ωστόσο είναι αρκετά χρονοβόρα σε σχέση με την ακτινογραφία ενώ και ο εξοπλισμός που απαιτείται είναι ιδιαίτερα ακριβός.

Η ΑΜΣ βασίζεται στο φαινόμενο του πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού. Για να γίνει κατανοητό το φαινόμενο μπορεί να φανταστεί κανείς τη μαγνήτιση που φέρουν πυρήνες διαφόρων ατόμων, όπως ακριβώς φέρουν ηλεκτρικό φορτίο. Η μαγνήτιση αυτή προέρχεται αφενός από τον πυρήνα του ατόμου αφετέρου από το σπιν των ηλεκτρονίων γύρω από αυτόν και συνήθως οι δύο αυτές συνιστώσες αλληλοεξουδετερώνονται. Ωστόσο υπάρχουν άτομα, όπως αυτό του υδρογόνου, που η συνιστώσα δεν είναι μηδενική αλλά το άτομο φέρει πράγματι συνολικά μαγνήτιση. Το παραπάνω γεγονός, καθώς επίσης και το γεγονός ότι το ανθρώπινο σώμα αποτελείται σε πολύ μεγάλο ποσοστό από νερό (H_2O), αξιοποιείται από τη μέθοδο της απεικόνισης μαγνητικού συντονισμού. Όταν τα άτομα του υδρογόνου ή άλλων ατόμων βρεθούν μέσα σε ισχυρό μαγνητικό πεδίο, διεγείρονται σε μια μεταπτώτικη κίνηση με συχνότητα που χαρακτηρίζει το άτομο, ενώ όταν το μαγνητικό πεδίο μηδενιστεί, αποδιεγείρονται εκπέμποντας φωτόνια χαρακτηριστικού μήκους κύματος. Έτσι δημιουργώντας παλμούς μαγνητικού πεδίου επιτυγχάνεται η εκπομπή ενός αδύναμου σήματος, γνωστό ως σήμα μαγνητικού συντονισμού, το οποίο εξαρτάται από τη σύσταση του ιστού.

Ανάλογα με τη σύσταση των ιστών που διεγείρονται από τον μαγνητικό τομογράφο, αποδίδονται και διαφορετικές φωτεινότητες σε επίπεδα του γκρι. Το γεγονός αυτό καθιστά εύκολη τη διάκριση των ιστών σε μια εικόνα MRI. Υπάρχουν συγκεκριμένες ακολουθίες μαγνητικών παλμών που δημιουργούνται από το μηχάνημα απεικόνισης, ώστε να προσεγγιστεί η διέγερση του κάθε ιστού. Έτσι πραγματοποιείται η δημιουργία της εικόνας επιπέδων του γκρι, επιτυγχάνοντας μάλιστα να δίδεται κατά το δοκούν έμφαση σε ιστούς ενδιαφέροντος. Στην Εικόνα 6.10 φαίνεται η εικόνα ΑΜΣ κοιλίας.



Εικόνα 6.10 Εικόνα προερχόμενη από τη μέθοδο ΑΜΣ.

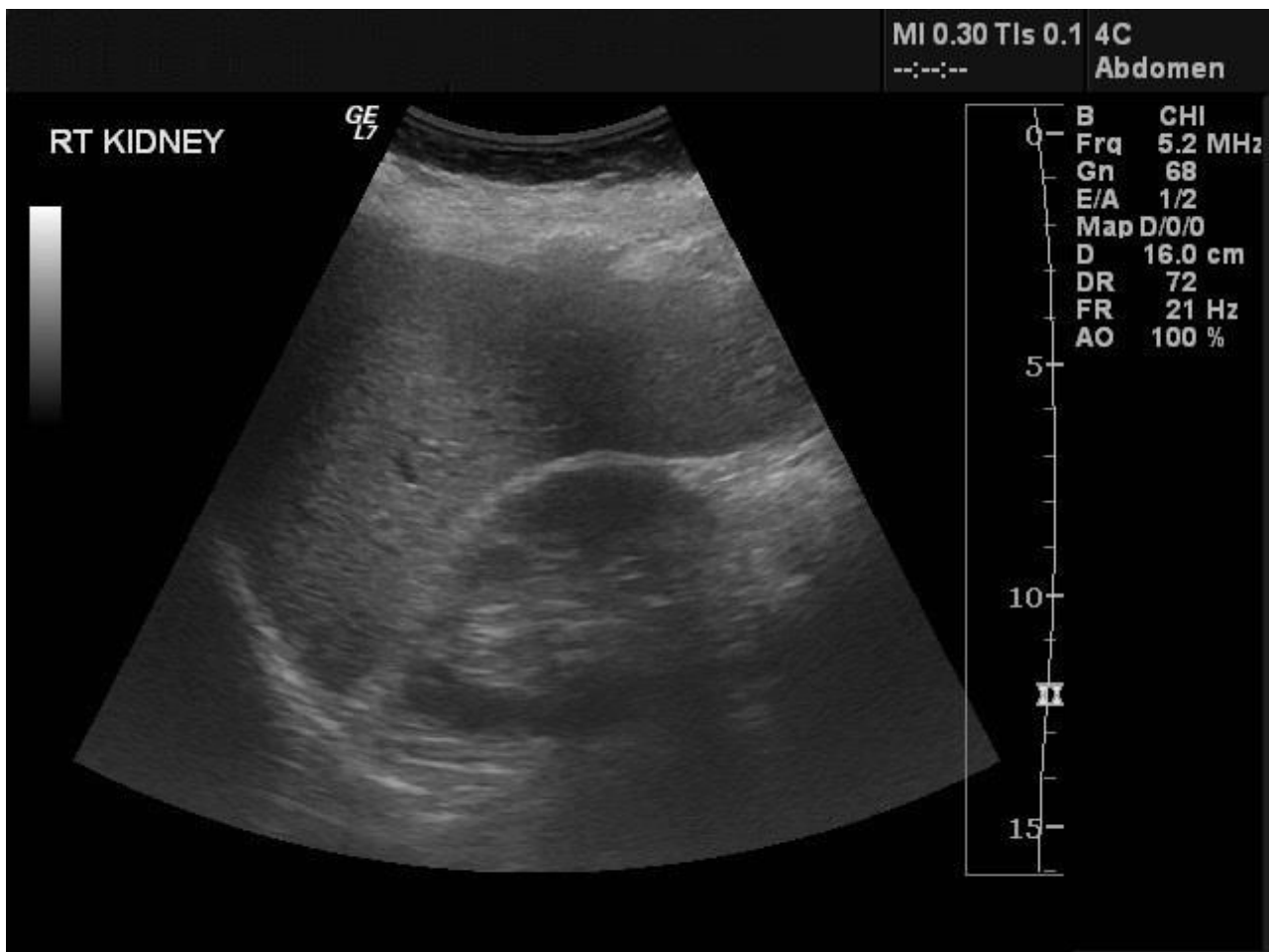
Οι εφαρμογές της ΑΜΣ είναι πολλές στην κλινική πράξη. Ίσως η περισσότερο διαδεδομένη να είναι η ΑΜΣ του εγκεφάλου, και αυτό συμβαίνει διότι ο ανθρώπινος εγκέφαλος είναι ένα ζωτικό όργανο του οποίου η σύσταση διευκολύνει αυτού του είδους την εξέταση, απαιτεί μεγαλύτερη διακριτική ικανότητα ώστε να εντοπίζονται ευρήματα, ενώ ταυτόχρονα πρέπει να αποφεύγεται η έκθεση σε ιοντίζουσες ακτινοβολίες. Ενδεικτικά αναφέρουμε την εφαρμογή της ΑΜΣ του εγκεφάλου για διάγνωση της νόσου Alzheimer (Khedher, Ramirez, Gorriz, Brahim, & Segovia, 2015).

Γενικά, βάση της σύστασής τους και των χαρακτηριστικών τους, οι προς εξέταση ιστοί ταξινομούνται σε σωματικά υγρά (όπως το αίμα ή το εγκεφαλονωτιαίο υγρό), σε ιστούς με βάση το νερό (όπως ο εγκέφαλος, οι μύες, τα έντερα και οι νεφροί) και τέλος σε ιστούς με βάση το λίπος. Με βάση τα παραπάνω διαμορφώνονται οι επιλογές για την ΑΜΣ σε καθένα από τα όργανα αυτά. Ακόμη, άλλες εφαρμογές αφορούν στην ΑΜΣ της σπονδυλικής στήλης (Vrtovec, Likar, & Rernus, 2013), αλλά και στη διάγνωση καρδιολογικών παθολογιών (Schwitter et al., 2013).

6.3.1.3 Υπερηχογραφία

Η υπερηχογραφία, σε αντίθεση με την ακτινογραφία, αξιοποιεί ακουστικά κύματα αντί της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Η μέθοδος αυτή απεικονίζει την χωρική κατανομή των ιστών, εντοπίζοντας ανακλαστικές επιφάνειες από τις δέσμες υπερήχων που προσκρούουν σε αυτές. Ως γνωστόν τα ηχητικά κύματα είναι μηχανικά κύματα, δηλαδή απαιτούν ένα μέσο διάδοσης, ενώ η ταχύτητα των κυμάτων ποικίλει ανάλογα με το μέσο στο οποίο διαδίδονται. Οι υπέρηχοι είναι ηχητικά κύματα με συχνότητα υψηλότερη από αυτή που αντιλαμβάνεται του ανθρώπου (μεγαλύτερη δηλαδή των 20 KHz). Η ανάκλαση, η διάθλαση αλλά και η απορρόφηση των υπερήχων είναι τα φαινόμενα, τα οποία εμπλέκονται για να διαμορφωθεί η τελική εξαγόμενη εικόνα. Οι πρώτες έρευνες για τη χρησιμοποίηση των υπερήχων για διαγνωστικούς σκοπούς πραγματοποιήθηκαν από τις αρχές του 1940 (Gohr & Wedekind, 1940).

Μία υπερηχογραφία μπορεί να ενισχύσει τη διακριτική της ικανότητα εκμεταλλευόμενη το φαινόμενο Doppler. Αυτό μπορεί να συμβεί κυρίως, όταν υπάρχει κίνηση στο αντικείμενο που θέλουμε να απεικονίσουμε. Σύμφωνα με το φαινόμενο Doppler, όταν από μια πηγή εκπέμπεται μια δέσμη υπερήχων προς ένα κινούμενο αντικείμενο, οι υπέρηχοι που λαμβάνονται λόγω ανακλάσεως στο αντικείμενο έχουν διαφορά στη συχνότητα σε σχέση με την αρχική δέσμη που εξέπεμψε η πηγή. Η διαφορά αυτή στη συχνότητα είναι απόρροια της σχετικής ταχύτητας μεταξύ της πηγής και του αντικειμένου, και βέβαια είναι μετρήσιμη. Μετρώντας τη διαφορά της συχνότητάς του αρχικού σήματος σε σχέση με τη συχνότητα του ανακλώμενου μπορούμε να προσδιορίσουμε την κίνηση ενός αντικειμένου. Το φαινόμενο Doppler δεν παρουσιάζεται μόνο στα κύματα των υπερήχων αλλά σε όλα τα κυματικά φαινόμενα συμπεριλαμβανομένης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Για να γίνει κατανοητή η χρησιμότητα του φαινομένου ενδεικτικά αναφέρεται ότι σε αυτό βασίζεται η αρχή λειτουργίας του ραντάρ της τροχαίας για τη μέτρηση της ταχύτητας του αυτοκινήτου που πλησιάζει. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα, κατά το οποίο το φαινόμενο Doppler γίνεται αντιληπτό από τον άνθρωπο είναι το παράδειγμα του ασθενοφόρου. Όταν ένα ασθενοφόρο μας πλησιάζει με τη σειρήνα του σε λειτουργία, διακρίνουμε έναν υψίσυχο ήχο. Την στιγμή που το ασθενοφόρο περνά από δίπλα μας και στη συνέχεια απομακρύνεται από εμάς η σειρήνα είναι εμφανώς λιγότερο υψίσυχη. Κατ' αυτόν τον τρόπο και η υπερηχογραφία έχει τη δυνατότητα να εντοπίζει την κίνηση του αντικειμένου (π.χ. ενός εμβρύου ή της παλμικής κίνησης της καρδιάς). Στην Εικόνα 6.11 παρουσιάζεται μία υπερηχογραφία νεφρού.



Εικόνα 6.11 Υπερηχογραφία νεφρού.

Οι πλέον σημαντικές εφαρμογές της απεικονιστικής μεθόδου της υπερηχογραφίας είναι οι εξής:

- Η υπερηχογραφία της κύησης αποτελεί την πιο διαδεδομένη εφαρμογή της υπερηχογραφίας. Το γεγονός αυτό είναι εύλογο δεδομένου ότι οι εγκυμονούσες είναι η ομάδα υψηλότερου κινδύνου του πληθυσμού για την έκθεση στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Ως εκ τούτου η υπερηχογραφία είναι ενδεδειγμένη επιλογή ως μεθόδου απεικόνισης του εμβρύου. Η εξέταση είναι πλέον μια εξέταση ρουτίνας που αποσκοπεί στη συνεχή παρακολούθηση του εμβρύου. Με την υπερηχογραφία κύησης μπορούν να διαπιστωθούν δυσπλασίες του εμβρύου, καθώς επίσης και η προδιάθεση να αναπτύξουν διάφορες άλλες παθολογικές καταστάσεις (Ho, 2013).
- Μια άλλη εφαρμογή της υπερηχογραφίας αφορά στον έλεγχο των νεφρών (Whittam et al., 2014) και του ουροποιητικού συστήματος. Σε αυτό συμπεριλαμβάνεται ο έλεγχος της ουροδόχου κύστης για ευρήματα, όπως όγκοι αλλά και η εξέταση του προστάτη (Mischi et al., 2015).
- Τέλος πολύ σημαντική είναι η συνεισφορά της υπερηχογραφίας στον προληπτικό έλεγχο των μαστών (Xian, Zhang, & Cheng, 2015). Δεδομένου ότι ο προληπτικός έλεγχος των μαστών απαιτεί ελέγχους ανά τακτά χρονικά διαστήματα είναι σκόπιμο να αποφεύγεται η σωρευτική έκθεση στην ακτινοβολία από τις αλληπάλληλες ακτινογραφίες. Η υπερηχογραφία αποτελεί μια μέθοδο μη επιβλαβής για τον οργανισμό καθώς δε γίνεται χρήση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, ενώ παράλληλα έχει χαμηλό κόστος και άμεσα αποτελέσματα. Με την εξέλιξη μάλιστα της τεχνολογίας η υπερηχογραφία διαρκώς βελτιώνει την αξιοπιστία της ως διαγνωστικό μέσο.

6.3.1.4 Σπινθηρογράφημα

Οι εξετάσεις με απεικονιστικές μεθόδους που βασίζονται στην πυρηνική φυσική είναι γνωστές στο ευρύ κοινό ως σπινθηρογράφημα. Η πυρηνική ιατρική πρωτοεμφανίστηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1950 (Cassen, Curtis, & Libby, 1951) και σχετίζεται με την αξιοποίηση ραδιοϊσοτόπων για την απεικόνιση των εσωτερικών οργάνων του ανθρώπου. Το σπινθηρογράφημα είναι μια εξειδικευμένη εξέταση, η οποία πραγματοποιείται μόνο σε περιπτώσεις που το απαιτούν και αυτό διότι, ο ασθενής εκτίθεται για λίγες ώρες σε ακτινοβολία γάμμα, μια ιδιαίτερα ιοντίζουσα ακτινοβολία. Οι ακτίνες γάμμα μεταφέρουν τόση ενέργεια που είναι ικανές να διασπάσουν πυρήνες ατόμων και επομένως είναι ιδιαίτερα επιβλαβείς, όταν γίνεται έκθεση σε αυτές σε μεγάλες δόσεις και για σχετικά μεγάλα χρονικά διαστήματα.

Η απεικονιστική μέθοδος του σπινθηρογραφήματος αξιοποιεί το γεγονός ότι κάποια ραδιενεργά στοιχεία απορροφώνται επιλεκτικά από τα ανθρώπινα όργανα, με αποτέλεσμα να εκπέμπουν μόνο τα όργανα ιατρικού ενδιαφέροντος. Το ραδιενεργά ισότοπα που χρησιμοποιούνται είναι συνήθως το Τεχνήτιο (Tc-99), το Γάλλιο (Ga-67), το Ιώδιο (I-131) και το Θάλιο (Tl-201). Τα παραπάνω χορηγούνται κατά περίπτωση είτε ενδοφλεβίως, είτε σε μορφή σκευάσματος, παραμένουν στον οργανισμό για λίγες ώρες και μετά αποβάλλονται από τις διάφορες εκκρίσεις του σώματος (ούρα, ιδρώτας, σάλιο, δάκρυα κ.ο.κ). Κατά την παραμονή τους στον οργανισμό τα ραδιοϊσότοπα επιλεκτικά απορροφώνται από το προς εξέταση όργανο, δίνοντας την ευκαιρία της σάρωσης με μια γάμμα camera. Έτσι δημιουργείται η εικόνα του σπινθηρογραφήματος, η οποία έχει μεγάλη διαγνωστική αξία. Όπως εύκολα γίνεται αντιληπτό η μέθοδος απεικόνισης αυτή, συνοδεύεται με μια σειρά από πρωτόκολλα προστασίας, καθώς κάνει χρήση ραδιενεργών υλικών με χρόνους ημισείας ζωής εκατομμυρίων χρόνων. Επομένως, είναι σημαντικό να διασφαλίζεται ότι κατά την αποβολή των ραδιοϊσοτόπων από τον οργανισμό του ασθενούς αυτά δεν παραμένουν σε σημεία που μπορεί να εκτεθούν άλλοι άνθρωποι.

Το σπινθηρογράφημα είναι μια αρκετά εξειδικευμένη απεικονιστική μέθοδος και οι εφαρμογές του πολύ συγκεκριμένες, καθώς περιορίζονται από τις ιδιότητες των ραδιοϊσοτόπων αλλά και των ανθρώπινων οργάνων. Οι βασικότερες εφαρμογές του είναι οι εξής:

- Σπινθηρογράφημα οστών: Στοχεύει στον εντοπισμό μεταστατικής νόσου αλλά και πρωτοπαθών οστικών βλαβών (Webber, 1988). Το ραδιοϊσότοπο που χρησιμοποιείται είναι το Tc-99 το οποίο συγκεντρώνεται στα οστά λίγες ώρες μετά τη χορήγησή του (περίπου 3 ώρες). Η απεικόνιση αφορά όλα τα οστά του σώματος και επομένως απαιτείται η σάρωση ολόκληρου του σώματος με τη γάμμα camera.
- Σπινθηρογράφημα νεφρών: Το σπινθηρογράφημα των νεφρών διακρίνεται σε στατικό και δυναμικό. Κατά το στατικό σπινθηρογράφημα μια σάρωση των νεφρών από τη γάμμα camera επαρκεί ώστε να χρησιμοποιηθεί για τη διάγνωση και την παρακολούθηση της νόσου της πυελονεφρίτιδας. Στο δυναμικό σπινθηρογράφημα λαμβάνονται πολλαπλές εικόνες από τη στιγμή που θα χορηγηθεί το ραδιοϊσότοπο με σκοπό να παρακολουθηθεί η λειτουργία των νεφρών (ο τρόπος για παράδειγμα με τον οποίο αιματώνονται). Και σε αυτή την περίπτωση γίνεται χρήση του ραδιοϊσοτόπου του Τεχνήτιου Tc-99.
- Σπινθηρογράφημα Μυοκαρδίου: Στοχεύει στη διάγνωση της στεφανιαίας νόσου. Κατά την εξέταση ακολουθείται μια συγκεκριμένη διαδικασία καθώς ο ασθενής, πριν του χορηγηθεί το ραδιοϊσότοπο, υπόκειται σε μια σειρά ενεργειών κοπώσεως. Εν συνεχεία του χορηγείται Θάλιο ενδοφλεβίως και ακολουθεί η διαδικασία της σάρωσης του μυοκαρδίου από γάμμα camera (Furuhashi et al., 2014).
- Σπινθηρογράφημα Θυρεοειδούς αδένου: Το σπινθηρογράφημα του θυρεοειδούς αδένου είτε πραγματοποιείται για την απεικόνιση του αδένου, είτε λαμβάνει χώρα μετά από θυρεοειδεκτομή με σκοπό να διαφανεί η πλήρης επιτυχία της. Στην πρώτη περίπτωση χορηγείται στον ασθενή Tc-99 το οποίο συγκεντρώνεται σε μικρό διάστημα στον αδένου, ενώ στη δεύτερη περίπτωση γίνεται χρήση του I-131 (Wang et al., 2008).

6.3.2 Έγχρωμη Βιοϊατρική Εικόνα

Η απεικόνιση των εσωτερικών οργάνων του ανθρώπινου οργανισμού με μη επεμβατικό τρόπο, όπως είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, αξιοποιεί φυσικές μεθόδους και κατά κανόνα δημιουργείται μια εικόνα επιπέδων του γκρι. Ως βιοϊατρικά σήματα ωστόσο μπορούν να θεωρηθούν και εικόνες, οι οποίες έχουν προέλθει από την ανάλυση ιστών, κυττάρων και άλλων βιολογικών υλικών που έχουν ληφθεί κατά τη διάρκεια εξετάσεων ή επεμβάσεων από τον οργανισμό. Ενδεικτικά θα αναφερθούν στο κεφάλαιο αυτό εικόνες οπτικής μικροσκοπίας αλλά και εικόνες που προκύπτουν από την ανάλυση γονιδίων και βιολογικών ακολουθιών. Σκοπός είναι η ανάδειξη του γεγονότος ότι η αναφορά σε βιοϊατρικές εικόνες δεν αφορά μόνο εικόνες επιπέδων του γκρι, αλλά οι διαστάσεις μπορούν να αυξηθούν, εάν εισέλθει και πληροφορία χρώματος. Η έγχρωμη βιοϊατρική εικόνα μπορεί να προκύψει από το γεγονός ότι καλούμαστε εκ του προβλήματος να αναλύσουμε έγχρωμη εικόνα, όπου οι αλλαγές χρώματος είναι συνυφασμένες με ιατρικά ευρήματα. Πολλές φορές μάλιστα δείγματα ιστών υπόκεινται σε παρασκευαστική επεξεργασία με σκοπό να αναδειχθούν ιατρικά ευρήματα με τη χρήση χρώσεων, οι οποίες εν συνεχεία είναι αισθητές επάνω στο δείγμα του ιστού. Αφετέρου έγχρωμη εικόνα μπορεί να προκύψει με τον λεγόμενο ψευδοχρωματισμό. Η σάρωση δειγμάτων για παράδειγμα σε διαφορετικά μήκη κύματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας παράγουν μία εικόνα επιπέδου του γκρι για καθένα μήκος κύματος. Η καθεμιά από αυτές τις εικόνες επιπέδου γκρι μπορούν να αντιστοιχιστούν με ένα χρώμα και τελικά να προκύψει μια έγχρωμη εικόνα πολλών καναλιών. Δύο παραδείγματα έγχρωμης εικόνας θα μελετήσουμε στις επόμενες δύο ενότητες. Το ένα αφορά σε έγχρωμες εικόνες προερχόμενες από οπτικό μικροσκόπιο, ενώ το δεύτερο αφορά την ψευδοχρωματισμένη εικόνα δύο καναλιών από τη σάρωση βιολογικών ακολουθιών DNA σε μικροσυστοιχίες.

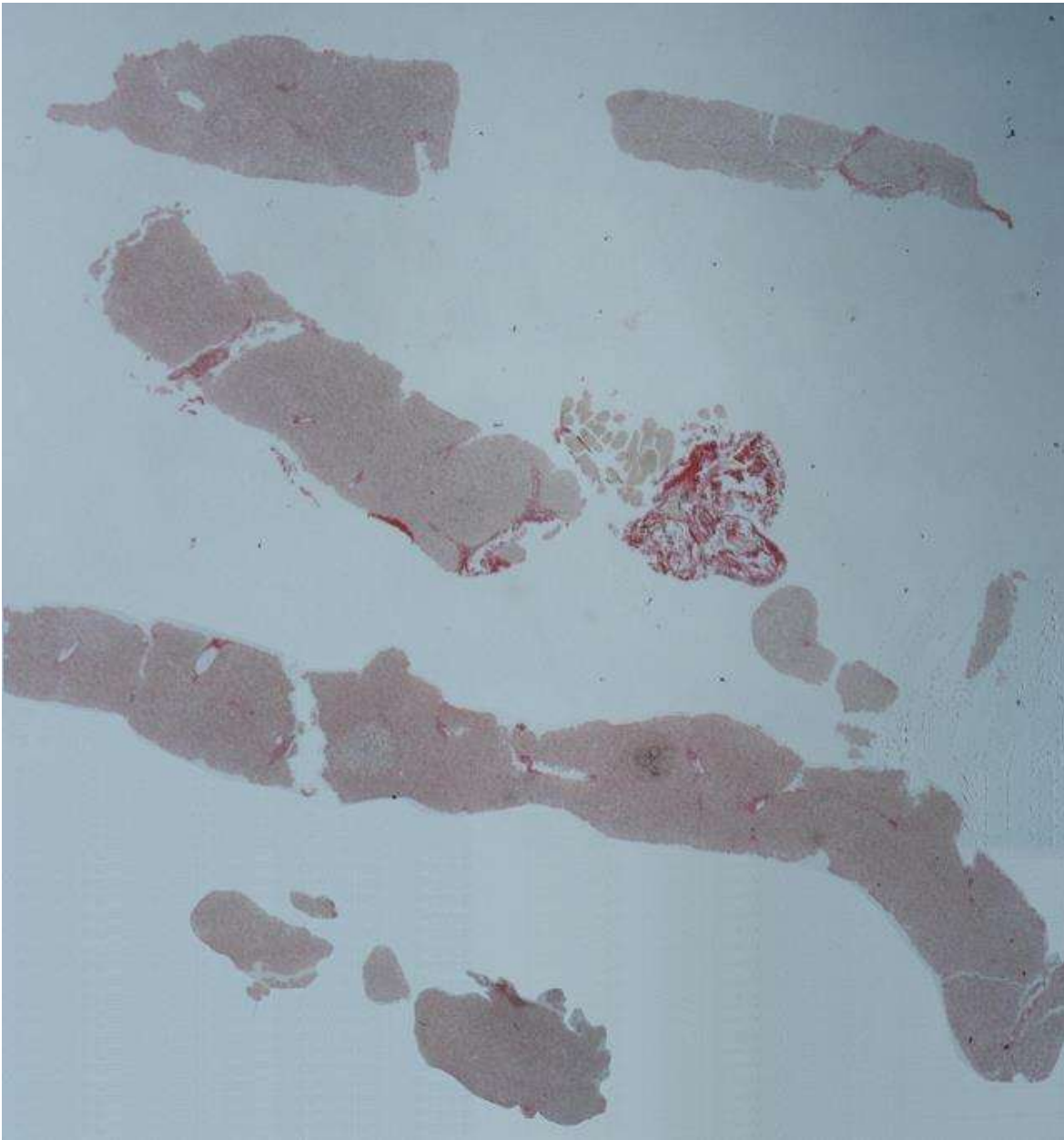
6.3.2.1 Οπτική Μικροσκοπία

Η οπτική μικροσκοπία αφορά στη μελέτη δειγμάτων από ιστούς με χρήση μικροσκοπίου για τη μεγέθυνσή τους. Η παραγωγή της εικόνας από ένα οπτικό μικροσκόπιο επιτυγχάνεται δεδομένου ότι αυτό διαθέτει τα μέσα για την ψηφιακή καταγραφή της εικόνας. Τα δείγματα αποδίδονται στην εικόνα, όπως ακριβώς τα αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο μάτι, με μεγαλύτερη όμως διακριτική ικανότητα. Άλλωστε με τον όρο οπτική μικροσκοπία υποδηλώνεται αυτό ακριβώς το γεγονός, δηλαδή ότι το αντικείμενο αποδίδεται στο ορατό παράθυρο της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Ως αποτέλεσμα αποδίδεται μία έγχρωμη εικόνα τριών καναλιών (Κόκκινο, Πράσινο, Μπλε – RGB). Πολλές φορές η ίδια η παθογενής κατάσταση είναι ευδιάκριτη μέσω της χρωματικής ανομοιογένειας του δείγματος ή μέσω της υψής της εικόνας ή άλλων ευδιάκριτων χαρακτηριστικών. Υπάρχουν ωστόσο περιπτώσεις όπου τα δείγματα πρέπει να υποστούν παρασκευαστική επεξεργασία ώστε να αποδοθεί και να γίνεται αντιληπτή στην εικόνα η παθογενής κατάσταση.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα εικόνων οπτικής μικροσκοπίας είναι οι εικόνες από βιοψία ήπατος. Η παραγωγή της εικόνας από βιοψία έχει σκοπό την ποσοτικοποίηση της ίνωσης στον ιστό, με σκοπό τη διάγνωση του σταδίου υπατικών δυσλειτουργιών. Η εμφάνιση της ίνωσης αποτελεί την πιο χαρακτηριστική παθογενή μετατροπή του ιστού του ήπατος. Για τον εντοπισμό της ίνωσης στο ήπαρ λαμβάνονται δείγματα, τα οποία υπόκεινται σε παρασκευαστική διαδικασία. Λαμβάνονται τομές των δειγμάτων, οι οποίες βάφονται με κάποια χρώση (για παράδειγμα στη βιοψία ήπατος χρησιμοποιούνται η χρώση Masson Trichrome ή η χρώση sirius red). Η χρώση προσκολλάται επιλεκτικά στο κολλαγόνο του ήπατος δίνοντας τη δυνατότητα του εντοπισμού της ίνωσης.

Οι ειδικοί παθολόγοι χρησιμοποιούν τις τελευταίες δεκαετίες την μικροσκοπική εξέταση δειγμάτων από βιοψίες ήπατος, ώστε να εντοπίσουν ηπατικές δυσλειτουργίες, αλλά κυρίως να προσδιορίσουν το στάδιο στο οποίο αυτές βρίσκονται (Desmet, Gerber, Hoofnagle, Maimis, & Scheuer 1994). Τουλάχιστον τέσσερις διαφορετικές κλίμακες έχουν προταθεί στη βιβλιογραφία για να κατατάξουν τα διαφορετικά στάδια των χρόνιων ασθενειών του ήπατος (Knodell et al., 1981; Scheuer, 1991; Ishak et al., 1995; Bedossa, Poynard, & the French Metavir Coorporative Study Group, 1996). Οι κλίμακες αυτές αξιολογούν την ανάπτυξη της ίνωσης στο ήπαρ, η οποία συνήθως ξεκινά από τα πυλαία διαστήματα (σημείο στο οποίο εισέρχεται η πυλαία φλέβα και η ηπατική αρτηρία και εξέρχεται ο χοληδόχος πόρος). Κατά την εξέλιξη της νόσου η ίνωση γεφυρώνεται μεταξύ των πυλαίων διαστημάτων κατακερματίζοντας ουσιαστικά τα υγιή μέρη του ήπατος, οδηγώντας σε κίρρωση του

ήπατος και ενδεχομένως σε καρκινογένεση. Στην Εικόνα 6.12 φαίνεται η βιοψία ήπατος ενός ασθενούς σε προχωρημένο στάδιο της ηπατικής νόσου.



Εικόνα 6.12 Εικόνα βιοψίας ήπατος από μικροσκόπηση.

Η υποκειμενικότητα του παθολόγου στην ταξινόμηση του σταδίου της νόσου δημιούργησε την ανάγκη για την εξαγωγή των εικόνων προς επεξεργασία. Έτσι οι τεχνικές της επεξεργασίας της εικόνας στοχεύουν στον εντοπισμό των κόκκινων περιοχών που αντιπροσωπεύουν την ίνωση στον ιστό. Μάλιστα τελευταίες επιστημονικές εργασίες (Calvaruso et al., 2012) έχουν δείξει ότι το ποσοστό της ίνωσης στο σύνολο του ιστού (δηλαδή ο λόγος των εικονοστοιχείων ίνωσης προς τα εικονοστοιχεία ολόκληρου του ιστού) παρέχουν ένα αρκετά αξιόπιστο μέτρο για τις παθολογικές καταστάσεις του ήπατος. Οι βασικότερες εφαρμογές αφορούν τους διάφορους τύπους ηπατίτιδας, τις επιπτώσεις του αλκοόλ στο ήπαρ αλλά και την παρακολούθηση της συμπεριφοράς του οργάνου μετά από μεταμόσχευση.

6.3.2.2 Εικόνα μικροσυστοιχιών

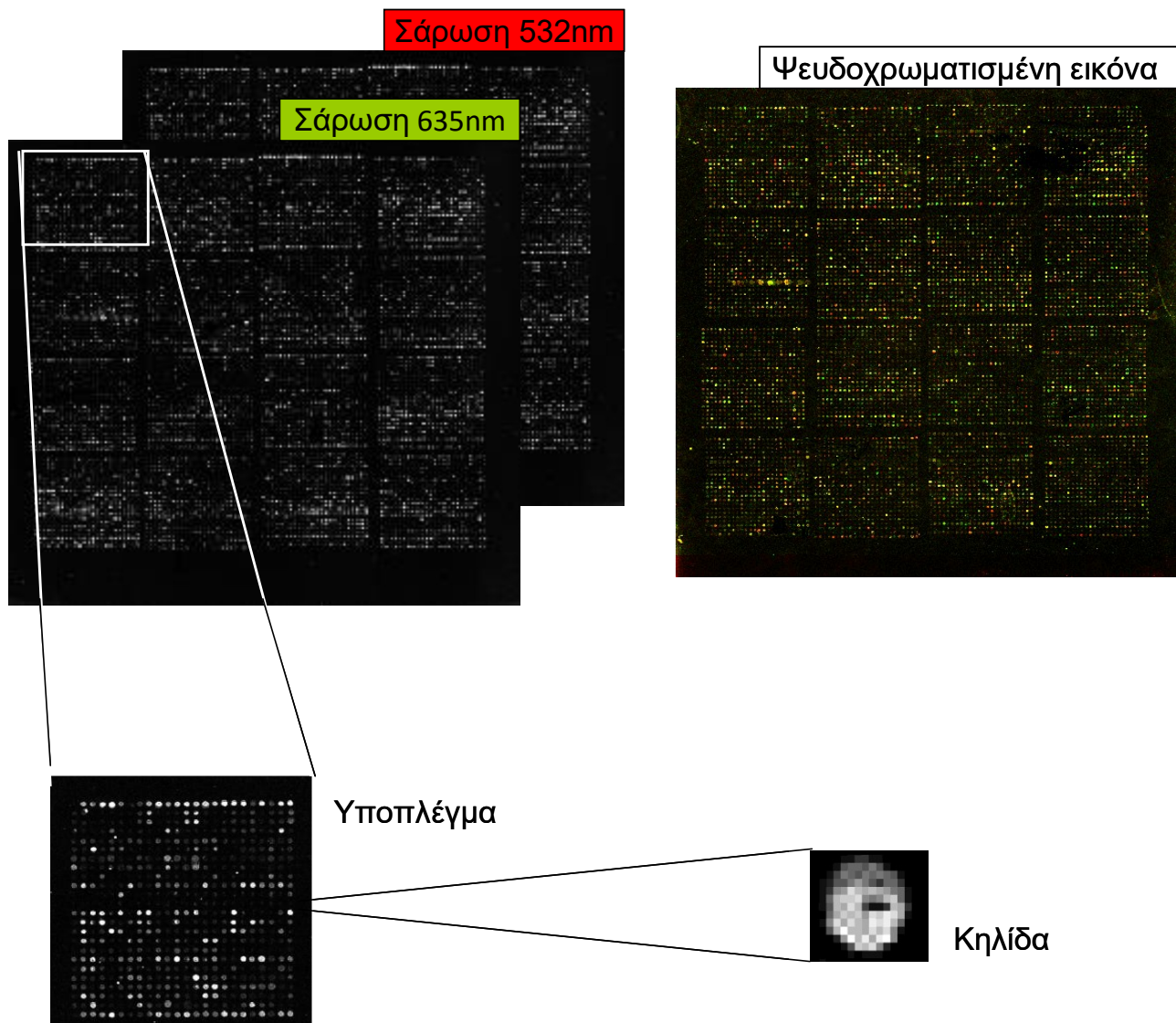
Η τεχνολογία των μικροσυστοιχιών (microarrays) έφερε επανάσταση στην επιστήμη της βιολογίας από τα μέσα της δεκαετίας του '90 μέχρι και σήμερα (Schena, Shalon, Davis, & Brown, 1995). Ένα πείραμα μικροσυστοιχιών μελετά τα επίπεδα υβριδοποίησης εκατοντάδων χιλιάδων βιολογικών ακολουθιών ταυτόχρονα. Στην ουσία δείγματα βιολογικών ακολουθιών (π.χ. ανθρώπινο DNA) αναμιγνύονται ταυτόχρονα με έναν εξαιρετικά μεγάλο αριθμό ανιχνευτών (probes) με σκοπό τον εντοπισμό ταυτόσημων αλληλουχιών μεταξύ των δειγμάτων και των ανιχνευτών. Στα πλαίσια της έρευνας για την αποκωδικοποίηση του ανθρώπινου γονιδιώματος πολλές ακολουθίες DNA (π.χ. συγκεκριμένα γονίδια) έχουν συσχετιστεί με τα ανθρώπινα χαρακτηριστικά αλλά και με παθολογικές καταστάσεις.

Η πειραματική διαδικασία ξεκινά με την επιλογή των ανιχνευτών και την εκτύπωσή τους (printing). Στη φάση αυτή δημιουργείται η μικροσυστοιχία, καθώς οι ανιχνευτές τοποθετούνται δομημένα πάνω σε γυάλινο υπόστρωμα. Στα περισσότερα πειράματα μικροσυστοιχιών αναμιγνύονται με τους ανιχνευτές δύο δείγματα: ένα δείγμα φυσιολογικού ιστού και ένα από παθολογικό ιστό. Και τα δύο πρέπει να είναι διακριτά μετά το πείραμα ώστε να συμπεράνουμε ποιο από τα δύο έχει υβριδοποιηθεί και ποιο όχι. Ως εκ τούτου, προτού λάβει χώρα η υβριδοποίηση των δειγμάτων με τους ανιχνευτές, στα προς εξέταση δείγματα προσκολλούνται φθορίζουσες ουσίες. Οι ουσίες που έχουν χρησιμοποιηθεί περισσότερο στη βιβλιογραφία (Ernst, Cupra, Mujumdar, & Waggoner, 1989) είναι οι Cy3 και Cy5. Η ουσία Cy3 διεγείρεται κατά μέγιστο σε μήκος κύματος 550 nm ενώ εκπέμπει κατά μέγιστο σε μήκος κύματος 570 nm, δηλαδή στο παράθυρο του ορατού πράσινου του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Αντίθετα η ουσία Cy5 διεγείρεται κατά μέγιστο σε μήκος κύματος 649 nm ενώ εκπέμπει κατά μέγιστο σε μήκος κύματος 670 nm, δηλαδή στο παράθυρο του ορατού κόκκινου του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.

Μετά την προσκόλληση των φθορίζουσών ουσιών τα δύο δείγματα αναμιγνύονται με νερό και τοποθετούνται στη μικροσυστοιχία σε όλες τις θέσεις όπου υπάρχουν ανιχνευτές. Σύμφωνα με τις αρχές της υβριδοποίησης, οι συμπληρωματικές αλυσίδες DNA των δειγμάτων και ανιχνευτών θα δημιουργήσουν υβρίδια. Μετά από λίγες ώρες τα δείγματα που δεν έχουν υβριδοποιηθεί απομακρύνονται και η μικροσυστοιχία τοποθετείται σε σαρωτή (scanner). Η σάρωση της μικροσυστοιχίας γίνεται και στα δύο μήκη κύματος, στα οποία εκπέμπουν οι φθορίζουσες ουσίες. Ταυτόχρονα χρησιμοποιούνται διατάξεις φίλτρων με σκοπό την απομείωση θορύβου που μπορεί να δημιουργηθεί από ανακλάσεις της ακτινοβολίας, αλλά και από την εκπομπή του ίδιου του υποστρώματος. Με τον τρόπο αυτό καθίσταται πιο εύκολος ο διαχωρισμός των δύο δειγμάτων, τα οποία εκπέμπουν σε διαφορετικά μήκη κύματος.

Σκοπός της διαδικασίας της σάρωσης είναι η ποσοτικοποίηση της φωτεινότητας που εκπέμπουν τα δείγματα στη θέση του κάθε ανιχνευτή. Η φωτεινότητα που εκπέμπει ο κάθε ανιχνευτής αντιπροσωπεύει το ποσοστό της υβριδοποίησης που έχει συντελεστεί μεταξύ των δειγμάτων και των ανιχνευτών. Από τη σάρωση προκύπτουν δύο εικόνες επιπέδων γκρι 16-bit ή 8-bit, στις οποίες αποτυπώνονται οι ανιχνευτές που έχουν υβριδοποιηθεί με τα δύο δείγματα. Οι δύο εικόνες επιπέδων γκρι θεωρούνται ότι αποτελούν ένα κανάλι μιας έγχρωμης εικόνας και ψευδοχρωματίζονται με κόκκινο και πράσινο χρώμα αντίστοιχα. Έτσι η δικαναλική εικόνα που προκύπτει είναι μια έγχρωμη RGB εικόνα της οποίας το μπλε κανάλι είναι μηδενικό. Παρατηρώντας μια έγχρωμη εικόνα μικροσυστοιχιών (Εικόνα 6.13), μπορούν να εξαχθούν άμεσα τα ακόλουθα τέσσερα συμπεράσματα ανάλογα με το χρώμα της εικόνας στην περιοχή του κάθε ανιχνευτή:

- εάν είναι πράσινο, τότε ο ανιχνευτής έχει υβριδοποιηθεί μόνο με το δείγμα το οποίο ψευδοχρωματίστηκε ως πράσινο
- αν είναι κόκκινο, τότε αντίστοιχα ο ανιχνευτής έχει υβριδοποιηθεί μόνο με το δείγμα που ψευδοχρωματίστηκε κόκκινο
- αν είναι κίτρινο, τότε έχουν υβριδοποιηθεί και τα δύο δείγματα με τον ανιχνευτή και τέλος
- αν είναι μαύρο, τότε δεν έχει υβριδοποιηθεί κανένα από τα δύο δείγματα με τον ανιχνευτή



Εικόνα 6.13 Ψευδοχρωματισμός των δύο εικόνων επιπέδων γκρι με σκοπό την παραγωγή της έγχρωμης εικόνας μικροσυστοιχιών.

Σύμφωνα με τους όρους της τεχνολογίας των μικροσυστοιχιών, η κάθε κυκλική περιοχή που προέρχεται από την υβριδοποίηση ενός ανιχνευτή με τα δείγματα ονομάζεται κηλίδα (spot). Λόγου του μεγάλου αριθμού των ανιχνευτών που υπάρχουν σε μια μικροσυστοιχία, και κατ' επέκταση του μεγάλου αριθμού κηλίδων σε μια εικόνα μικροσυστοιχιών, συνηθίζεται η χωροθέτηση των ανιχνευτών σε τετράγωνα περιοχές πάνω στη μικροσυστοιχία. Αυτές οι περιοχές ονομάζονται συστάδες ή υπο-πλέγματα (blocks or subgrids).

Τα βασικά χαρακτηριστικά μιας πραγματικής εικόνας μικροσυστοιχιών, τα οποία αποκλίνουν από την ιδανική περίπτωση συνοψίζονται στα εξής (Giannakeas & Fotiadis, 2009):

- Οι κηλίδες και οι συστάδες αποκλίνουν από τις συμμετρικές θέσεις. Παρά το γεγονός ότι η εκτύπωση έχει γίνει με μεγάλη ακρίβεια, στη σαρωμένη εικόνα υπάρχουν μικρές μετακινήσεις οι οποίες δημιουργούνται κατά τη διαδικασία της σάρωσης.
- Το μέγεθος και το σχήμα των κηλίδων ποικίλει ανάλογα με το ποσοστό της υβριδοποίησης. Δεδομένου ότι οι εκτυπωμένοι ανιχνευτές έχουν κυκλικό σχήμα και συγκεκριμένο μέγεθος, θα αναμενόταν αυτή η συμμετρία να αποτυπώνεται και στην εικόνα. Ωστόσο αυτό δε συμβαίνει κυρίως λόγω ανομοιογένειας της υβριδοποίησης.

- Υπάρχουν σκοτεινές κηλίδες στην εικόνα από ανιχνευτές που δεν υβριδοποιήθηκαν με τα δείγματα.
- Υπάρχουν κηλίδες που έχουν μια σκοτεινή οπή στη μέση λόγω ανομοιογενούς υβριδοποίησης. Στη βιβλιογραφία οι κηλίδες αυτές αναφέρονται ως «ντόνατ».
- Θόρυβος υποβάθρου εμφανίζεται στην εικόνα λόγω της εκπομπής του ίδιου του υποβάθρου στα μήκη κύματος που σαρώνεται αλλά και λόγω ανακλάσεων.
- Τεχνουργήματα (artefacts) εμφανίζονται στην εικόνα από σκόνες επάνω στο υπόστρωμα και αλλοιώσεις.

Όλα τα παραπάνω στοιχεία καθιστούν απαραίτητη την επεξεργασία των εικόνων των μικροσυστοιχιών, με σκοπό τα αποτελέσματα που θα εξαχθούν να ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα και να μην επηρεάζουν αρνητικά τα τελικά εξαχθέντα βιολογικά συμπεράσματα.

Η τεχνολογία των μικροσυστοιχιών χρησιμοποιείται σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Η πιο βασική από αυτές σχετίζεται με κλινικές εφαρμογές διάγνωσης και θεραπείας ασθενειών. Μέσω των μικροσυστοιχιών μπορεί να βρεθεί η προδιάθεση κάποιου ανθρώπου να εμφανίσει ένα νόσημα αλλά και να προβλέψει επικίνδυνους παράγοντες κατά τη διάρκεια της θεραπείας του. Πέραν των κλινικών εφαρμογών οι μικροσυστοιχιές έχουν εφαρμογές στην ανακάλυψη και ανάπτυξη φαρμάκων (Fang, Lahiri, & Picard, 2003), αλλά και στην ανάλυση των τροφών (Liu-Stratton, Roy, & Sen, 2004; Schmidt-Heydt & Geisen, 2004).

6.4. Σήματα μεγαλύτερων διαστάσεων

Σήματα μεγαλύτερων διαστάσεων κατά κανόνα αφορούν είτε πολλαπλές εικόνες για την απεικόνιση τρισδιάστατου χώρου, όπως για παράδειγμα πολλαπλές εικόνες τομών ενός οργάνου, είτε πολλαπλές εικόνες για την απεικόνιση του οργάνου στο χρόνο (χρονοσειρές εικόνων, βίντεο) είτε και τα δύο μαζί. Και οι τέσσερις κατηγορίες βιοϊατρικής εικόνας επιπέδων του γκρι που μελετήθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο, με την πρόοδο της τεχνολογίας και των φυσικών επιστημών επεκτάθηκαν σε μεγαλύτερες διαστάσεις με την απεικόνιση σε πολλές τομές. Ενδεικτικά αναφέρουμε την αντιστοίχιση που μπορεί να γίνει στις τέσσερις βασικές κατηγορίες επιπέδου γκρι και στις μεθόδους της αντίστοιχης τομογραφίας:

- Ακτινογραφία → Υπολογιστική Τομογραφία (Computed Tomography – CT)
- Υπερηχογραφία → Υπερηχοτομογραφία
- Απεικόνιση με τη μέθοδο μαγνητικού συντονισμού → Μαγνητική Τομογραφία
- Σπινθηρογράφημα → Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίων (Photon Emission Tomography – PET)

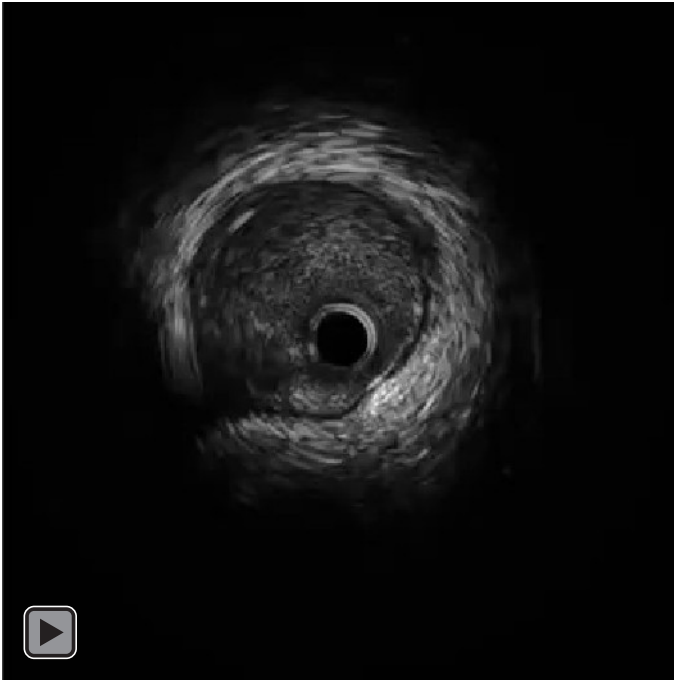
Επίσης επέκταση στις διαστάσεις μπορεί να γίνει με λήψη χρονοσειρών εικόνων, δηλαδή με τη λήψη βίντεο. Η υπερηχογραφία παραδείγματος χάριν, πλέον καταγράφεται σε βίντεο και στην περίπτωση που εντοπίζεται κάποιο ενδιαφέρον εύρημα μπορεί να αξιολογηθεί από λίγα μόνο καρέ (frames) του βίντεο.

6.4.1 Ενδοαγγειακό Υπερηχογράφημα

Το ενδοαγγειακό υπερηχογράφημα είναι μια χρονοσειρά εικόνων, οι οποίες λαμβάνονται μέσα από τη στεφανιαία αρτηρία ή άλλο αγγείο. Η βασική εφαρμογή του ενδοαγγειακού υπερηχογραφήματος αφορά στην ανάπτυξη πλάκας εντός της αρτηρίας με αποτέλεσμα τη στένωσή της. Η μέθοδος αναπτύχθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1980 (Mallery, Griffith, & Gessert, 1988) και προσέφερε μεγάλη αξιοπιστία στον εντοπισμό και στη διαχείριση καρδιαγγειακών νοσημάτων.

Η αρχή λειτουργίας της μεθόδου βασίζεται στην απεικόνιση της υπερηχογραφίας, όπως αυτή περιγράφηκε σε προηγούμενη ενότητα. Η λήψη των εικόνων επιτυγχάνεται με τη χρήση μιας μικροσκοπικής πηγής υπερήχων, η οποία βρίσκεται σε έναν καθετήρα που τοποθετείται μέσα στην αρτηρία. Όπως ακριβώς δημιουργείται η

εικόνα μιας υπερηχογραφίας από τις ανακλάσεις των ηχητικών κυμάτων, έτσι ακριβώς δημιουργείται και η απεικόνιση του εσωτερικού του αγγείου. Πολλαπλές λήψεις λαμβάνονται καθώς ο καθετήρας μετακινείται μέσα στο αγγείο. Επομένως, το τελικό βίντεο που παράγεται δεν περιέχει μόνο χρονική πληροφορία, αλλά κυρίως χωρική πληροφορία των σημείων στα οποία εντοπίζονται τα ευρήματα ενδιαφέροντος. Σε σχέση με την αγγειογραφία, η οποία βασίζεται στην ακτινογραφία με ακτίνες X, το ενδοαγγειακό υπερηχογράφημα είναι πολύ περισσότερο αξιόπιστο και μπορεί να δώσει πολύ περισσότερες πληροφορίες στον καρδιολόγο. Ωστόσο, αποτελεί μια επεμβατική μέθοδο η οποία είναι και σαφώς πιο επίπονη για τον ασθενή. Στο Βίντεο 6.1 παρουσιάζεται ένα ενδοαγγειακό υπερηχογράφημα.



Βίντεο 6.1 Ενδοαγγειακό υπερηχογράφημα.

Οι εφαρμογές του ενδοαγγειακού υπερηχογραφήματος, όπως προαναφέρθηκε, αφορούν κυρίως στον εντοπισμό πλάκας μέσα στο αγγείο και μπορούν συνοψιστούν στα εξής:

- Εκτίμηση της σύστασης της πλάκας: Μέσω του ενδοαγγειακού υπερηχογραφήματος μπορεί να εκτιμηθεί σε αρκετά αξιόπιστο βαθμό η σύσταση της πλάκας. Οι κατηγορίες της πλάκας είναι τέσσερις: α) Μαλακή πλάκα, η οποία έχει υψηλή περιεκτικότητα σε λίπος, β) Ινώδης πλάκα με υψηλή περιεκτικότητα σε ινώδη ιστό, γ) Σκληρή πλάκα, η οποία περιέχει κυρίως ασβέστιο, δ) Μικτή πλάκα η οποία μπορεί να περιέχει περιοχές και από τις τρεις πρώτες κατηγορίες. Οι κατηγορίες της πλάκας αναπαρίστανται με διαφορετική φωτεινότητα στα καρέ του ενδοαγγειακού υπέρηχου, λόγω της διαφορετικής απόκρισης των κυμάτων των υπερήχων, με αποτέλεσμα να μπορούν να διαχωριστούν.
- Αξιόπιστη αξιολόγηση του προβλήματος: Η αξιολόγηση του προβλήματος του ασθενούς έγκειται στον ποσοστιαίο προσδιορισμό της στένωσης σε σχέση με την κανονική διάμετρο του αγγείου. Διάφορες κλινικές μελέτες προσδιορίζουν κατά περίπτωση ποια πρέπει να είναι τα όρια, πέραν των οποίων απαιτείται αγγειοπλαστική παρέμβαση.
- Εκτίμηση της κατάστασης μετά από αγγειοπλαστική επέμβαση: Η μέθοδος εκτελείται και κατόπιν αγγειοπλαστικής επέμβασης με σκοπό την εκτίμηση της επιτυχίας της επέμβασης.

6.4.2 Λειτουργική απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού

Ένα από τα βιοϊατρικά σήματα με τις περισσότερες διαστάσεις είναι το σήμα που προκύπτει από τη λειτουργική μέθοδο απεικόνισης μαγνητικού συντονισμού (Functional Magnetic Resonance Imaging - fMRI). Ουσιαστικά πρόκειται για αλληπάλληλες μαγνητικές τομογραφίες εγκεφάλου κατά τη διάρκεια των οποίων ο ασθενής υπόκειται σε διάφορες δοκιμασίες. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η σκιαγράφιση των περιοχών του εγκεφάλου που ενεργοποιούνται από τις διάφορες λειτουργίες που εκτελεί ο ασθενής. Ως εκ τούτου η λΑΜΣ ενός ασθενούς αποτελείται από μια χρονοσειρά τρισδιάστατων απεικονίσεων των τομών του εγκεφάλου. Η λΑΜΣ είναι μια σχετικά καινούργια μέθοδος καθώς οι πρώτες ερευνητικές προσπάθειες καταγράφονται στις αρχές της δεκαετίας του 1990 (Belliveau, Kennedy, McKinstry, Buchbinder, Weisskoff, et al., 1991).

Η καταγραφή των τομών του εγκεφάλου γίνεται από μαγνητικό τομογράφο, ο οποίος με τα πηνία που διαθέτει έχει τη δυνατότητα να διεγείρει ιστούς αλλά και να εντοπίσει τις αποδιεγέρσεις τους. Ο ασθενής αρχικά τοποθετείται στον αξονικό τομογράφο και λαμβάνονται οι πρώτες λήψεις σε καθεστώς ηρεμίας. Στη συνέχεια εκτελείται από τον ασθενή πρωτόκολλο με συγκεκριμένες κινήσεις σε συγκεκριμένο χρόνο, όπως κινήσεις των χεριών, παρατήρηση εικόνων κ.ο.κ. Κατ' αυτόν τον τρόπο η λΑΜΣ καταγράφει και απεικονίζει τις διεγέρσεις των νευρώνων σε καθεμία από τις κινήσεις που εκτελεί ο ασθενής. Η μέθοδος λΑΜΣ εκμεταλλεύεται τις τοπικές μεταβολικές μεταβολές (π.χ. αύξηση της ροής οξυγονωμένου αίματος) του κάθε νευρώνα, όταν αυτός ενεργοποιείται από μια εκ των λειτουργιών που ασκεί ο ασθενής. Ως αποτέλεσμα, μπορούν να εντοπιστούν οι θέσεις των νευρώνων ώστε να αποφευχθεί τυχόν καταστροφή τους σε περιπτώσεις χειρουργικής επέμβασης, ενώ επίσης μπορεί να εκτιμηθεί και η μη λειτουργία τους σε διάφορες παθολογικές καταστάσεις

Η λΑΜΣ εφαρμόζεται ευρέως σε προ-χειρουργικό στάδιο αλλά και ερευνητικά για τη διάγνωση και διαχείριση νευρολογικών παθολογιών. Οι βασικότερες εφαρμογές συνοψίζονται στα εξής πεδία:

- Στο προ-χειρουργικό στάδιο για ασθενείς με επιληψία: Ο βασικός λόγος που εφαρμόζεται η λΑΜΣ στο προ-χειρουργικό στάδιο είναι ο προσδιορισμός του επικρατούντος ημισφαιρίου του ασθενούς (Norrelgen, Lilja, Ingvar, Amark, & Fransson, 2015).
- Στο προ-χειρουργικό στάδιο επεμβάσεων για την αφαίρεση όγκων: Σκοπός είναι ο εντοπισμός των νευρωνικών εγκεφαλικών κέντρων, ώστε να μην επηρεαστούν από την επέμβαση της αφαίρεσης του όγκου (Nadkarni et al., 2015).
- Σε ερευνητικές μελέτες για τη διάγνωση άνοιας και νόσου Alzheimer: Σκοπός είναι ο εντοπισμός των διαφορών των λΑΜΣ φυσιολογικών ασθενών και ασθενών με τη νόσο (Maguire, Kumaran, Hassabis, & Koperlman, 2010; Tripoliti, Fotiadis, & Argyropoulou, 2011).

Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Adrian, E. D., & Bronk, D. W., (1929). The discharge of impulsed in motor nerve fibers II, The freequency of discharge in reflex and voluntary contractions. *J Physiol*, 67, 119-151.
- Álvarez, D., Hornero, R., García, M., del Campo, F., & Zamarrón, F. (2007). Improving diagnostic ability of blood oxygen saturation from overnight pulse oximetry in obstructive sleep apnea detection by means of central tendency measure. *Artificial Intelligence in Medicine*, 41(1), 13-24.
- Aysin, B., & Aysin, E. (2006). Effect of respiration in heart rate variability (HRV) analysis. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*,1, 1776-9.
- Baudewig, J., Bittermann, H. J., Paulus, W., & Frahm, J. (2001). Simultaneous EEG and functional MRI of epileptic activity: a case report. *Clin Electroencephalogr*.112, 1196-200.
- Bedossa, P., Poynard, T. & the French METAVIR Cooperative Study Group (1996) .An algorithm for grading activity in chronic hepatitis C. *Hepatology*, 24, 289-293.
- Belliveau, J. W., Kennedy, D.N.Jr, McKinstry, R. C., Buchbinder, B. R., Weisskoff, R. M., Cohen, M. S., Vevea, J. M., Brady, T. J., & Rosen, B. R. (1991). Functional mapping of the human visual cortex by magnetic resonance imaging. *Science*, 254(5032), 716-719.
- Berger, H. (1929). Uber das Elektrenkephalogramm des Menschen (On the EEG in humans). *Arch Psychiatr Nervenkr*, 87, 527-70.
- Calvaruso, V., Dhillon, A. P., Tsochatzis, E., Manousou, P., Grillo, F., & Germani, G. (2012). Liver collagen proportionate area predicts decompensation in patients with recurrent hepatitis C virus cirrhosis after liver transplantation. *J Gastroenterol Hepatol.*, 27, 1227-1232.
- Cassen, B., Curtis, L., & Libby, R. (1951). Instrumentation for I-131 use in medical studies. *Nucleonics*, 9(2), 46.
- Chesson, A. L., McDowell Anderson, W., Walls, R. C., & Bairnsfather, L. E. (2001) Comparison of two methods of quantitative assessment of hypoxemia in patients with sleep disorders. *Sleep Medicine*, 2(1), 37-45.
- Crean, C., Mcgeouge, C., & O'kennedy, R. (2012). Wearable biosensors for medical applications. *Biosensors for Medical Applications*, 301-330.
- Crow, J. L. (1989). The Efficacy of Electromyographic (EMG) Biofeedback Incorporated in Routine Physiotherapy After Stroke. *Physiotherapy*, 75(12), 725.
- Cunningham, S., & McMurray, A. (2006). The availability and use of oxygen saturation monitoring in primary care in order to assess asthma severity. *Primary Care Respiratory Journal*,15(2), 98-101.
- Damadian, R., Minkoff, L., Goldsmith, M., Stanford, M., & Koutcher, J. (1976). Field focusing nuclear magnetic resonance (FONAR): visualization of a tumor in a live animal", *Science* 1976;194:1430–2.
- Desmet, V. I., Gerber, M., Hoofnagle, J. H., Maims, M., & Scheuer, P. J. (1994). Classification of chronic hepatitis: diagnosis, grading and staging. *Hepatology*, 19, 1513-20.
- Einthoven, W., Fahr, G., & de Waart, A. (1913). On the direction and manifest size of the variations of the potential in the human heart on the from of the electrocardiogram. *P_uger's Arch. f. d. ges. Physiol.*, 50, 275-315, 1913. (English Translation by Hoff, H. E., & Sekelj, P. (1950). *Amer. Heart J.*, 40, 163-193).
- Ernst, L.A., Gupta, R.K., Mujumdar, R.B., & Waggoner, A.S. (1989). Cyanine dye labeling reagents for sulfhydryl groups. *Cytometry*, 10(1), 3-10.
- Exarchos, T. P., Tsiouras, M. G., Exarchos, C. P., Papaloukas, C., Fotiadis D. I., & Michalis, L. K. (2007). A Methodology for the Automated Creation of Fuzzy Expert Systems for Ischaemic and Arrhythmic Beat Classification Based on a Set of Rules Obtained by a Decision Tree. *Artificial Intelligence in Medicine*, 40(3), 187-200.

- Fang, Y., Lahiri, J., & Picard, L. (2003). G protein-coupled receptor microarrays for drug discovery. *Drug Discovery Today*, 8(16), 755-761.
- Farvet, A.G. (1968). Computer Matched Filter Location of Fetal R-Waves. *Medical & Biological Engineering*, 6(5), 467-475.
- Fowles, H., Brown, D., Morley, A., & Jones, M. (2014). The utility of chest X-rays in the diagnosis of lung cancer. *Lung Cancer*, 83(1) S18.
- Furuhashi, T., Moroi, M., Joki, N., Hase, H., Minakawa, M., Masai, H., Kunimasa, T., Fukuda, & H., Sugi, K. (2014). Prediction of cardiovascular events in pre-dialysis chronic kidney disease patients with normal SPECT myocardial perfusion imaging. *Journal of Cardiology*, 63(2), 154-158.
- Giannakeas, N. & Fotiadis, D. I. (2009). An Automated Method for Gridding and Segmentation of cDNA Microarray Images. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 33 (1), 40-49.
- Gohr, H., & Wedekind, T. (1940). *Der ultraschall in der medizin*. Wien Klin Wochenschr, 19, 25-29.
- Ho, M. (2013). Evaluation of Suspected Fetal Skeletal Dysplasia for the Referring Physician. *Ultrasound Clinics*, 8(1), 31-38.
- Ishak, K., Baptista, A., Bianchi, L., Callea, F., DeGroote, J., Gudat, F., & Denk, H. (1995). Histological grading and staging of chronic hepatitis. *J Hepatol.*, 22, 696-699.
- Khedher, L., Ramírez, J., Górriz, J. M., Brahim, A., & Segovia, F., the Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative (2015). Early diagnosis of Alzheimer's disease based on partial least squares, principal component analysis and support vector machine using segmented MRI images. *Neurocomputing*, 151(1), 139-150.
- Khushaba, R. N., Kodagoda, S., Takruri, M., & Dissanayake, G. (2012). Toward improved control of prosthetic fingers using surface electromyogram (EMG) signals. *Expert Systems with Applications*, 39(12), 10731-10738.
- Knodell, R. G., Ishak, K. G., Black, W. C., Chen, T. S., Craig, R., & Kaplowitz, N., (1981). Formulation and application of a numerical scoring system for assessing histological activity in asymptomatic chronic active hepatitis. *Hepatology*, 1, 431-435.
- Kowalski, J., Gawel, M., Pfeffer, A., & Barcikowska, M. (2001). The diagnostic value of EEG in Alzheimer disease-correlation with the severity of mental impairment. *J Clin Neurophysiol*, 18, 570-75.
- Lehnertz, K., Andrzejak, R., Arnhold, J., Kreuz, T., & Mormann, F. (2001). Nonlinear EEG analysis in epilepsy: its possible use for interictal focus localization, seizure anticipation, and prevention. *J Clin Neurophysiol*, 18, 209-22.
- Lewenstein, K. (2001). Radial basis function neural network approach for the diagnosis of coronary artery disease based on the standard electrocardio-gram exercise test. *Med. Biol. Eng. Comput.*, 39, 1-6.
- Li, S., Fevens, T., Krzyżak, A., Jin, C., & Li, S. (2007). Semi-automatic computer aided lesion detection in dental X-rays using variational level set. *Pattern Recognition*, 40(10), 2861-2873.
- Liu, T., Inoue, Y., & Shibata, K. (2009). Development of a wearable sensor system for quantitative gait analysis. *Measurement*, 42(7), 978-988.
- Liu-Stratton, Y., Roy, S., & Sen, C.K. (2004). DNA microarray technology in nutraceutical and food safety. *Toxicology Letters*, 150(1), 29-42.
- Maguire, E. A., Kumaran, D., Hassabis, D., & Kopelman, M. D. (2010). Autobiographical memory in semantic dementia: A longitudinal fMRI study. *Neuropsychologia*, 48(1), 123-136.
- Mallery, J. A., Griffith, J., & Gessert, J., (1988). Intravascular ultrasound imaging catheter assessment of normal and atherosclerotic arterial wall thickness. *J Am Coll Gardiol*, 22A, 18.
- Martini, F. H. (2005). *Fundamentals of Anatomy & Physiology*, 7th edition Benjamin Cummings, New York.
- Meggitt, G. (2008). *Taming the Rays: a history of radiation and protection*. ISBN 1409246671.

- Menga, D., Dongb, L, Wena, Y., & Xiec, Q. (2015). Effects of adding resorbable chitosan microspheres to calcium phosphate cements for bone regeneration. *Materials Science and Engineering C*, 47, 266-272.
- Mischi, M., Demi, L., Smeenge, M., Kuenen, M. P. J., Postema, A. W., de la Rosette, J. J. M. C. H., & Wijkstra, H. (2015). Transabdominal Contrast-Enhanced Ultrasound Imaging of the Prostate. *Ultrasound in Medicine & Biology*, 41(4), 1112-1118.
- Nadkarni, T. N., Andreoli, M. J., Nair, V. A., Yin, P., Young, B. M., Kundu, B., Pankratz, J., Radtke, A., Holdsworth, R., Kuo, J. S., Field, A. S., Baskaya, M. K., Moritz, C. H., Meyerand, M. E., & Prabhakaran, V. (2015). Usage of fMRI for pre-surgical planning in brain tumor and vascular lesion patients: Task and statistical threshold effects on language lateralization. *NeuroImage: Clinical*, 7, 415-423.
- Norrelgen, F., Lilja, A., Ingvar, M., Åmark, P., & Fransson, P. (2015). Presurgical language lateralization assessment by fMRI and dichotic listening of pediatric patients with intractable epilepsy. *NeuroImage: Clinical*, 7, 230-239.
- Pezard, L., Jech, R., & Ruzicka, E. (2001). Investigation of non-linear properties of multichannel EEG in the early stages of Parkinson's disease. *Clin Neurophysiol*, 112, 38-45.
- Purushothaman, G., & Ray, K. K. (2014). EMG based man-machine interaction: A pattern recognition research platform. *Robotics and Autonomous Systems*, 62(6), 864-870.
- Rose, C., Turi, D., Williams, A. R., Wolstencroft, K., & Taylor, C. J. (2006). Web Services for the DDSM and Digital Mammography Research. *Digital Mammography / IWDM*, 376-383.
- Sahoo, S. K., Lu, W., Teddy, S. D., Kim, D., & Feng, M. (2011). Detection of Atrial Fibrillation from Non-Episodic ECG Data: A Review of Methods. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.*, 4992-5.
- Saito, S., Tanobe, K., Yamada, M., & Nishihara, F. (2005). Relationship between arterial oxygen saturation and heart rate variability at high altitudes. *The American Journal of Emergency Medicine*, 23(1), 8-12.
- Sameni, R. & Clifford, G. D. (2010). A Review of Fetal ECG Signal Processing; Issues and Promising Directions. *Open Pacing Electrophysiol Ther J.*, 1(3), 4–20.
- Schena, M., Shalon, D., Davis, R. W., & Brown, P.O. (1995). Quantitative motoring of gene expression patterns with a complementary DNA microarray. *Science*, 270, 467-47.
- Scheuer, P. J. (1991). Classification of chronic viral hepatitis: a need for reassessment. *J Hepatol.*, 13, 372-374.
- Schmidt-Heydt, M., & Geisen, R. (2004). A microarray for monitoring the production of mycotoxins in food. *International Journal of Food Microbiology*, 117(2), 131-140.
- Schwitzer, J., Kanal, E., Schmitt, M., Anselme, F., Albert, T., Hayes, D. L., Bello, D., Tóth, A., Chang, Y., van Osch, D., & Sommer, T., on behalf of the Advisa MRI System Study Investigators (2013). Impact of the Advisa MRI pacing system on the diagnostic quality of cardiac MR images and contraction patterns of cardiac muscle during scans: Advisa MRI randomized clinical multicenter study results. *Heart Rhythm*, 10(6), 864-872.
- Spain, R. I., St. George, R. J., Salarian, A., Mancini, M., Wagner, J. M., Horak, F. B., & Bourdette, D. (2012). Body-worn motion sensors detect balance and gait deficits in people with multiple sclerosis who have normal walking speed. *Gait & Posture*, 35(4), 573-578.
- Subasi, A. (2013). Classification of EMG signals using PSO optimized SVM for diagnosis of neuromuscular disorders. *Computers in Biology and Medicine*, 43(5), 576-586.
- Tripathi, Lt. Col. KK, (2004). Respiration And Heart Rate Variability: A Review With Special Reference To Its Application In Aerospace Medicine. *Ind J Aerospace Med*, 48(1).
- Τριπολιτι, Ε. Ε., Φοτιαδισ, Δ. Ι., & Αργυροποθλοθ, Μ. (2011). A supervised method to assist the diagnosis and monitor progression of Alzheimer's disease using data from an fMRI experiment. *Artificial Intelligence in Medicine*, 53(1), 35-45.

- Tsipouras, M. G., & Fotiadis, D. I. (2004). Automatic Arrhythmia Detection based on Time and Time-Frequency Analysis of Heart Rate Variability. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 74(2), 95-108.
- Tsipouras, M. G., Tzallas, A. T., Rigas, G., Tsouli, S., Fotiadis, D. I., & Konitsiotis, S. (2012). An automated methodology for levodopa-induced dyskinesia: Assessment based on gyroscope and accelerometer signals. *Artificial Intelligence in Medicine*, 55(2), 127-135.
- Vrtovec, T., Likar, B., & Pernuš, F. (2013). Manual and computerized measurement of coronal vertebral inclination on MRI images: A pilot study. *Clinical Radiology*, 68(8), 807-814.
- Wang, H., Fu, H. L., Li, J. N., Zhou, R. J., Gu, Z. H., Wu, J. C., & Huang, G. (2008). Comparison of whole-body 18F-FDG SPECT and posttherapeutic 131I scintigraphy in the detection of metastatic thyroid cancer. *Clinical Imaging*, 32(1), 32-37.
- Weber, D. A. (1988). Options in camera technology for the bone scan: Role of SPECT. *Seminars in Nuclear Medicine*, 18(2), 78-89.
- Whittam, B. M., Calaway, A., Szymanski, K. M., Carroll, A. E., Misseri, R., Kaefer, M., Rink, R. C., Karmazyn, B., & Cain, M. P. (2014). Ultrasound diagnosis of multicystic dysplastic kidney: Is a confirmatory nuclear medicine scan necessary? *Journal of Pediatric Urology*, 10(6), 1059-1062.
- Xian, M., Zhang, Y., & Cheng, H.D. (2015). Fully automatic segmentation of breast ultrasound images based on breast characteristics in space and frequency domains. *Pattern Recognition*, 48(2), 485-497.

Κριτήρια αξιολόγησης

Κριτήριο Αξιολόγησης 1

Να αναφέρετε του κυριότερους λόγους για τους οποίους η καταγραφή και η ανάλυση των βιοϊατρικών σημάτων μπορεί να συμβάλει στην κλινική πράξη; Αναφέρετε τους επικρατέστερους λόγους τους οποίους πιστεύετε;

Απάντηση

Η βασικότερη συνεισφορά που μπορεί να έχει η καταγραφή και επεξεργασία των βιοϊατρικών σημάτων είναι πλήρης αξιοποίηση της διακριτικής ικανότητας του σήματος που παράγεται. Η απλή παρατήρηση του φαινομένου με τις αισθήσεις μόνο του ειδικού, μπορεί εύκολα να οδηγήσει σε λάθος εκτιμήσεις. Ενδέχεται ένα εύρημα να μην υποπέσει στην αντίληψη του ειδικού είτε επειδή δεν είναι τόσο ευδιάκριτο, είτε επειδή η πληροφορία είτε τόσο μεγάλη και τα ευρήματα τόσα πολλά που μπορεί κάποιος να το παρακάμψει από λάθος. Ένα δεύτερο σημείο άξιο προς αναφορά είναι η αντικειμενικότητα που εισάγει ένα σύστημα που επεξεργάζεται το σήμα. Πολλές φορές στις παρατηρήσεις των ειδικών εισάγεται ο παράγοντας της υποκειμενικότητας (απόρροια της εμπειρίας του κάθε ειδικού στο αντικείμενο), και ως εκ τούτου απαιτείται παρατήρηση από περισσότερους ειδικούς για την εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων. Ένα σύστημα με καταγεγραμμένα αξιόπιστα μέτρα για τη φύση των ευρημάτων μπορεί να δώσει μια πιο αντικειμενική προσέγγιση. Τέλος η καταγραφή και η επεξεργασία σημάτων συμβάλλει στις περισσότερες των περιπτώσεων στην ταχύτητα της ανάλυσης. Για παράδειγμα ένα σήμα που προέρχεται από καταγραφή για διαταραχές στον ύπνο του ασθενούς (π.χ. ένα σήμα ρυθμού αναπνοής), του οποίου η καταγραφή διαρκεί αρκετές ώρες. Πόσες ώρες μπορεί να χρειαστεί ένας ειδικός για να μελετήσει τα ευρήματα σε ένα τέτοιο μικροσκελές σήμα. Σε τέτοιες περιπτώσεις η επεξεργασία του σήματος είναι επιτακτική.

Κριτήριο Αξιολόγησης 2

Ποιες εξελίξεις πιστεύετε ότι είναι στο επίκεντρο της τεχνολογίας για να βοηθηθεί η καλύτερη αντιμετώπιση χρόνιων ασθενειών.

Απάντηση

Όπως αναφέρθηκε και στο εισαγωγικό κεφάλαιο διανύουμε την εποχή της τηλεϊατρικής, όπου οι ιατροί έχουν τη δυνατότητα να δίνουν συμβουλές εξ αποστάσεως στους ασθενείς τους. Οι εξελίξεις, λοιπόν, οδηγούνται στην αξιοποίηση των δικτύων επικοινωνίας, με σκοπό την άμεση μεταφορά δεδομένων που συλλέγονται από τον χώρο του ασθενούς. Η συλλογή των δεδομένων μπορεί να γίνει με αισθητήρες που έχει ο ασθενής στον χώρο του. Τα δεδομένα λαμβάνονται σε κεντρικό διακομιστή όπου και γίνεται η επεξεργασία τους, και είναι διαθέσιμα στους ιατρούς που βρίσκονται εκεί. Έτσι επιτυγχάνεται η άμεση αν και απομακρυσμένη παρακολούθηση και συμβουλευτική των ασθενών σε επίπεδο πρωτοβάθμιας υγείας.

Κριτήριο Αξιολόγησης 3

Ποια πιστεύεται ότι πρέπει να είναι η αλληλουχία των εξετάσεων με τη χρήση μεθόδων απεικόνισης εφόσον απαιτείται όλο και μεγαλύτερη αξιοπιστία. Ποιοι είναι οι λόγοι για τους οποίους έχει διαμορφωθεί και εφαρμόζεται κλινικά αυτή η αλληλουχία;

Απάντηση

Η αλληλουχία των εξετάσεων που πρέπει να γίνουν για να αποφανθούν οι γιατροί αξιόπιστα για τη διάγνωση μιας παθολογικής κατάστασης, είναι μια διαδικασία που εμπλέκει διαφόρους παράγοντες. Οι εξετάσεις με απεικονιστικές μεθόδους ακολουθούν μια αλληλουχία από την ταχύτερη και λιγότερο αξιόπιστη προς τις χρονοβόρες μεγάλου κόστους και εξειδικευμένες εξετάσεις, εάν αυτό κριθεί σκόπιμο από τους ειδικούς. Η αλληλουχία αυτή έχει επικρατήσει και λόγω της διάρθρωσης των κρατικών συστημάτων υγείας. Τα συστήματα υγείας στοχεύουν στην εξυπηρέτηση των αναγκών όλων των ασθενών που θα προσέλθουν, με τον πιο αξιόπιστο και ανώδυνο τρόπο. Έτσι σε επίπεδο πρωτοβάθμιας υγείας, όπου εξυπηρετείται πολύ μεγάλος αριθμός ασθενών καθημερινά, απαιτούνται πολλά εξοπλισμένα σημεία πρωτοβάθμιας φροντίδας, με ταχύτατες και μη επιβλαβείς για τον ασθενή μεθόδους, οι οποίες να δίνουν μια επαρκή εικόνα για τη διενέργεια ή μη περαιτέρω εξετάσεων. Σε αυτές τις περιπτώσεις, λοιπόν, η ακτινογραφία αλλά και ο υπέρηχος, όπου χρειάζεται, είναι δύο εξετάσεις οι οποίες μπορεί να μην παρέχουν τη βέλτιστη αξιοπιστία ωστόσο έχουν μικρό κόστος εξοπλισμού, διενεργούνται σε μικρό χρόνο και η ανάλυσή τους στοχεύει στον εντοπισμό παθογενειών σε πρώτο επίπεδο. Σε δεύτερο χρόνο εάν χρειαστεί ο ασθενής παραπέμπεται στις πιο αξιόπιστες και εξειδικευμένες εξετάσεις δηλαδή σε μαγνητική τομογραφία και σε εξετάσεις πυρηνικής ιατρικής.

Κριτήριο Αξιολόγησης 4

Ποια από τα σήματα που μελετήθηκαν στο κεφάλαιο αυτό πιστεύετε ότι είναι περισσότερο απαιτητικά ως προς την επεξεργασία τους.

Απάντηση

Είναι εύκολα κατανοητό ότι οι απαιτήσεις σε πόρους ενός συστήματος αυξάνονται όσο αυξάνονται οι διαστάσεις των σημάτων. Για όσους είναι εξοικειωμένοι με τα μαθηματικά και την πληροφορική αρκεί να αναφέρουμε το γεγονός ότι τα μονοδιάστατα σήματα απαιτούν για την καταχώρησή τους μόνο ένα μονοδιάστατο διάλυσμα τιμών, οι εικόνες απαιτούν πίνακες 2 διαστάσεων, ενώ οι χρονοσειρές εικόνων ή οι πολλαπλές τομές απαιτούν είτε πολλούς πίνακες 2 διαστάσεων, είτε πολυδιάστατους πίνακες. Σε κάθε περίπτωση οι περισσότερες διαστάσεις αυξάνουν δραματικά τον αριθμό των αριθμητικών τιμών που καταγράφονται και άρα τις πράξεις που πρέπει να γίνουν μεταξύ τους για την οποιαδήποτε επεξεργασία. Ο αριθμός των πράξεων που απαιτούνται για να γίνει μια επεξεργασία είναι το βασικό μέτρο της επιστήμης της πληροφορικής για την ποσοτικοποίηση των πόρων που απαιτούνται από τη μηχανή.