

Μυοσκελετικές καταπονήσεις ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ

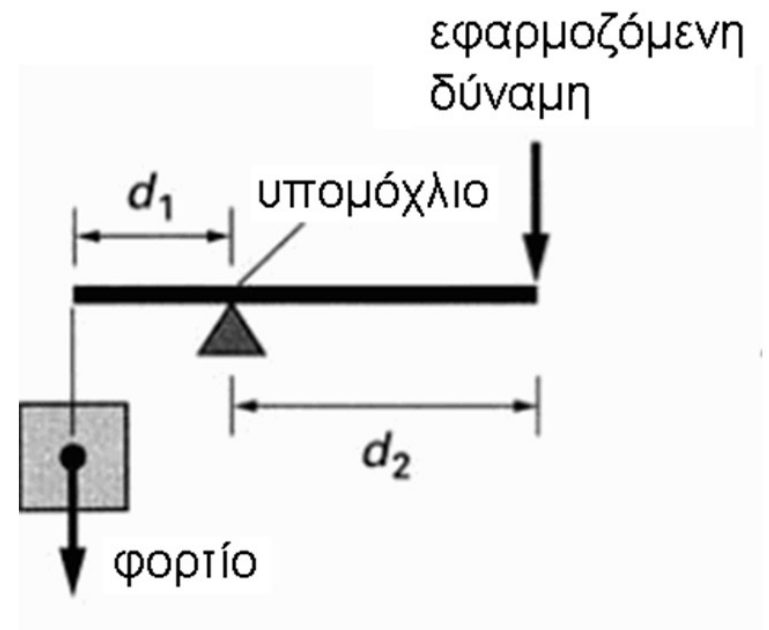
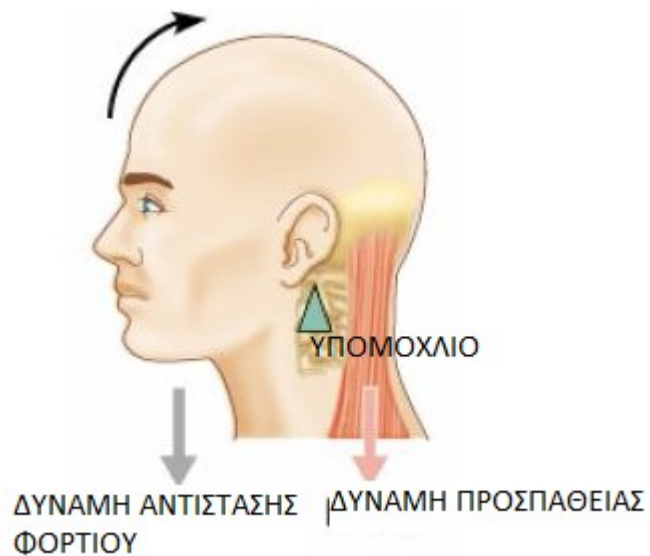
Θωμάς Κοντογιάννης

Πολυτεχνείο Κρήτης

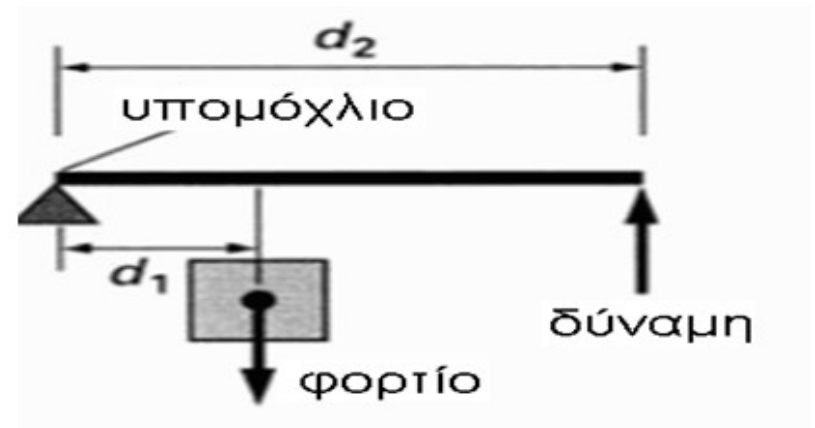
Μοχλοί δράσης στο ανθρώπινο σώμα

- Το ανθρώπινο σώμα και συγκεκριμένα το μυοσκελετικό σύστημα, είναι ένα **σύστημα μοχλών**, η δράση των οποίων παράγει την κίνηση στο σώμα και τη μεταφορά ενέργειας από αυτό σε άλλα σώματα.
- **Ο μοχλός** είναι ένα μηχανικό σύστημα μετάδοσης ενέργειας, με σκοπό την παραγωγή έργου.
- Στις περιγραφές των μοχλών του σώματος υπάρχουν **τρία σημεία**:
 - **Το υπομόχλιο** είναι ένα σημείο του άξονα γύρω από το οποίο στρέφεται η μάζα και περνάει μέσα από την άρθρωση στην οποία γίνεται η κίνηση,
 - **Η δύναμη** και
 - **Η αντίσταση.**

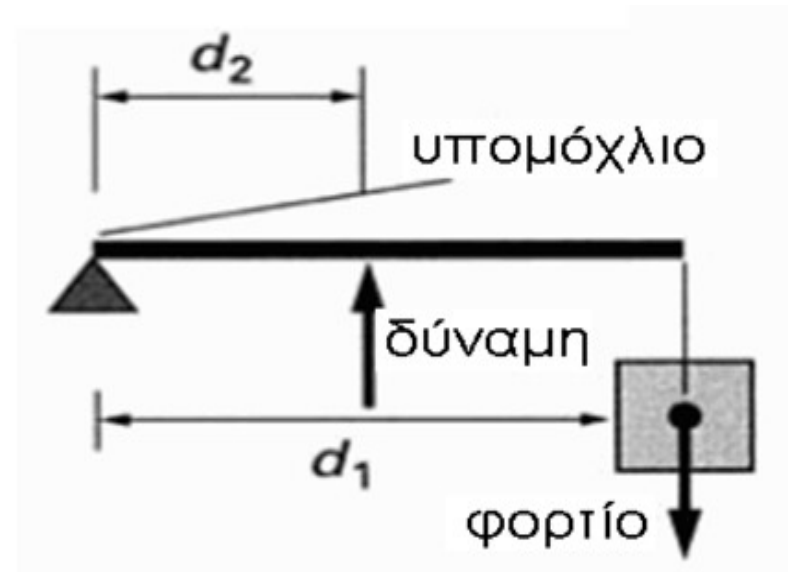
Μοχλός 1ου είδους



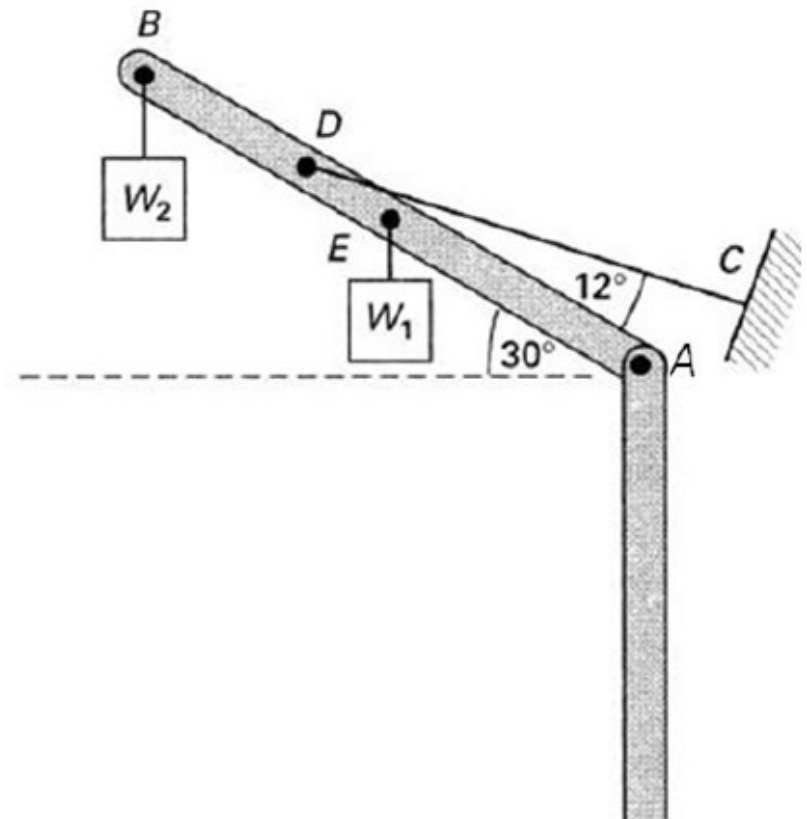
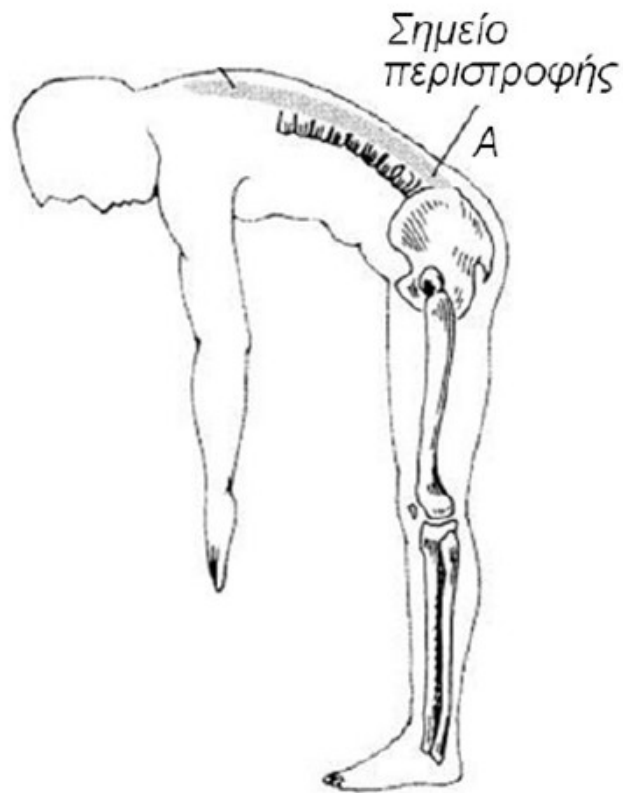
Μοχλός 2ου είδους



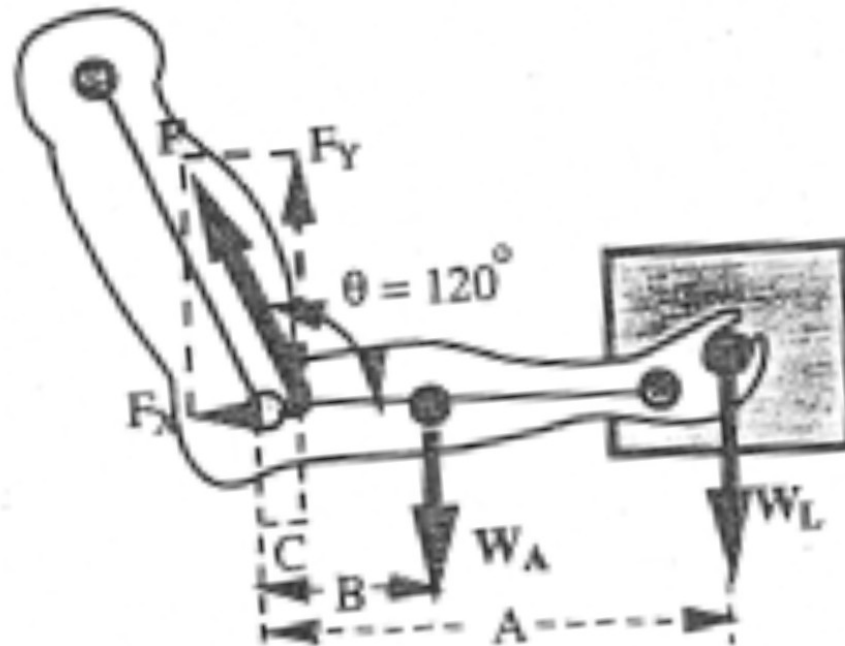
Μοχλός 3ου είδους



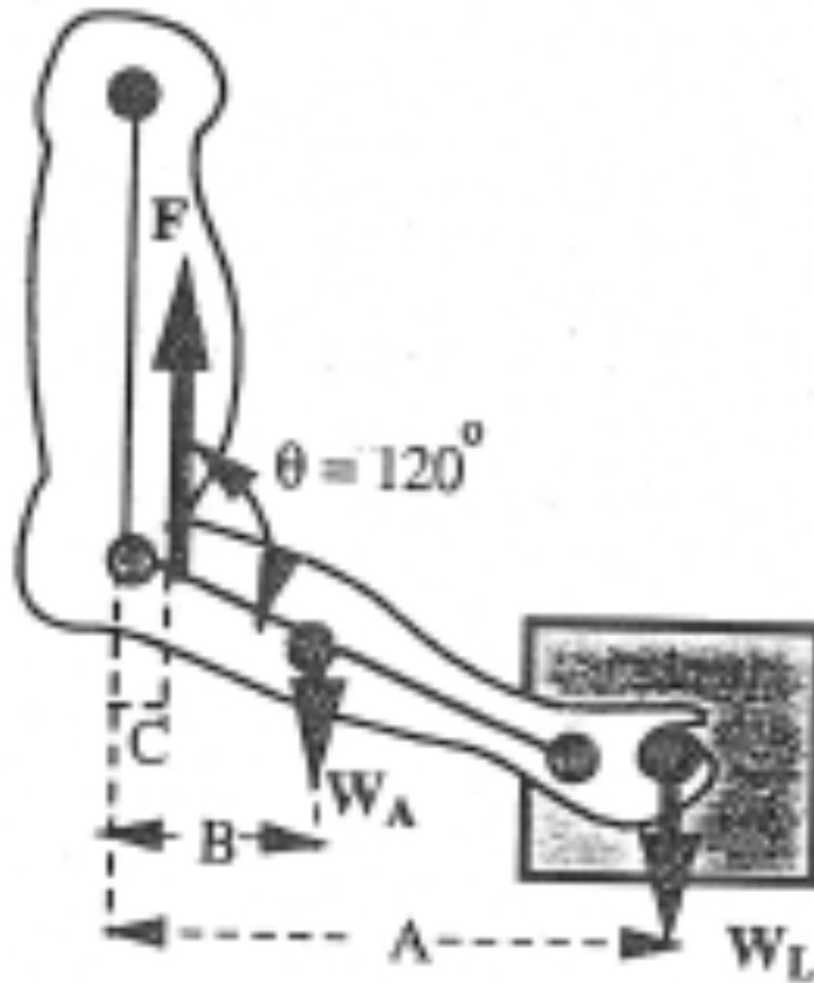
Τι είδους μοχλός είναι η κάμψη της σπονδυλικής στήλης ?



Άσκηση - Ο βραχίονας έχει κλίση 30°
ως προς τον κατακόρυφο άξονα

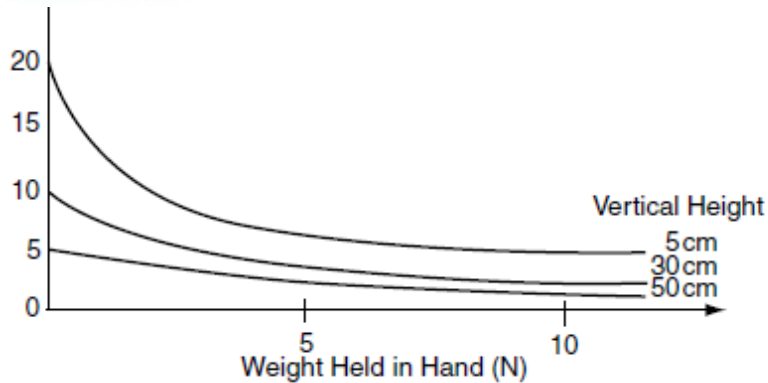


Άσκηση - Ο βραχίονας έχει κλίση 30°
ως προς τον οριζόντιο άξονα

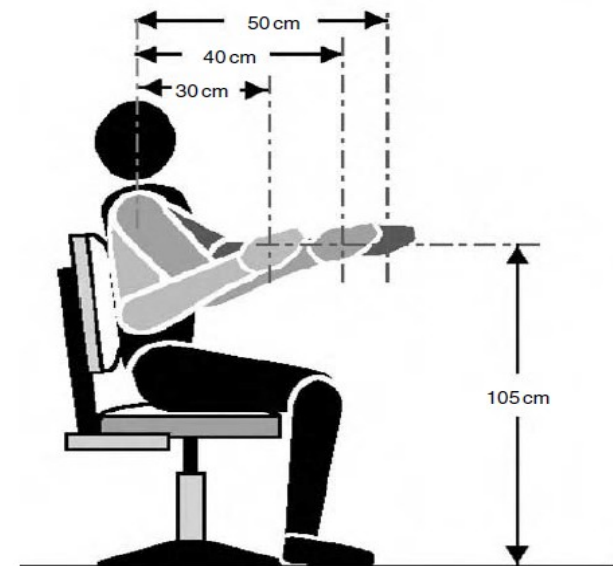
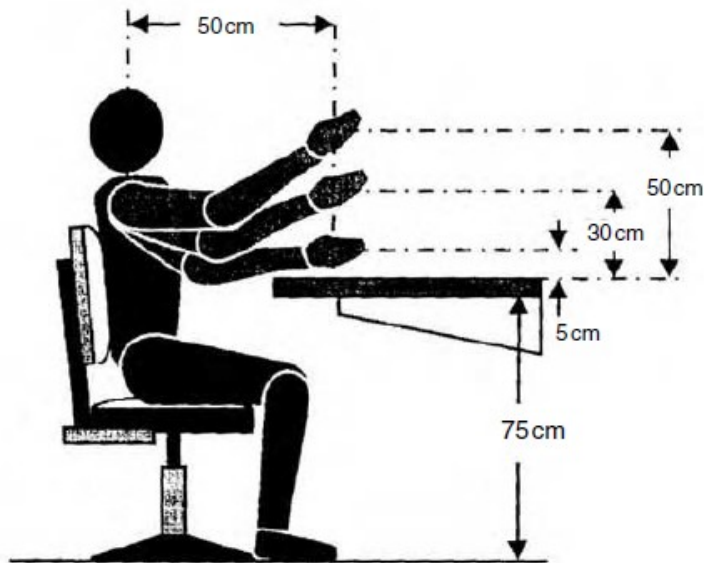
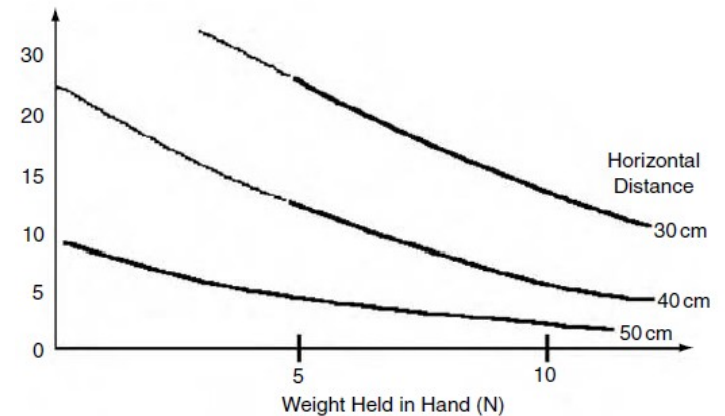


Κούραση των μυών σε σχέση με τη θέση των χεριών

Average Time (Min)
to Muscle Fatigue



Average Time (Min)
to Muscle Fatigue

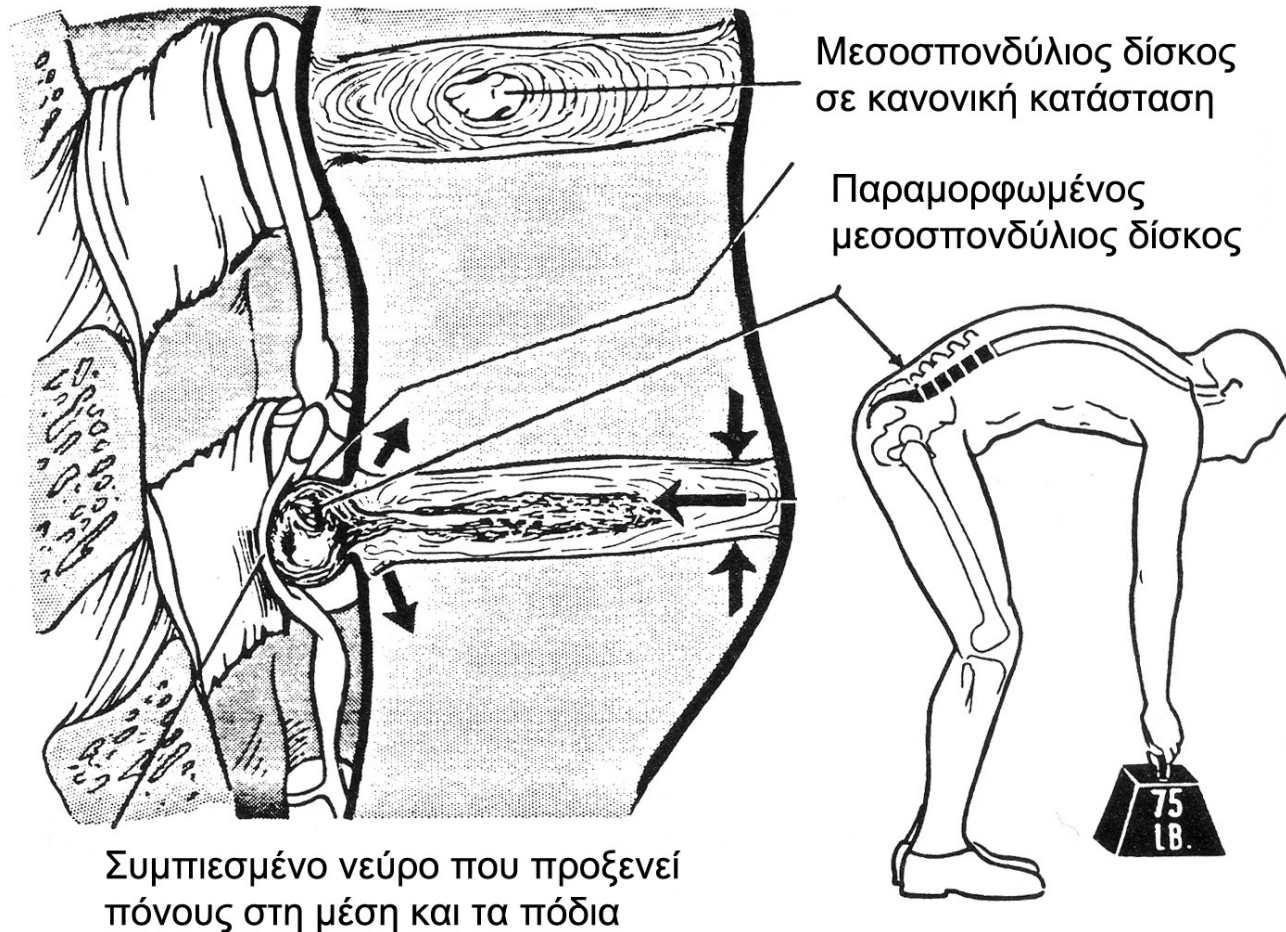


Σπονδυλική στήλη

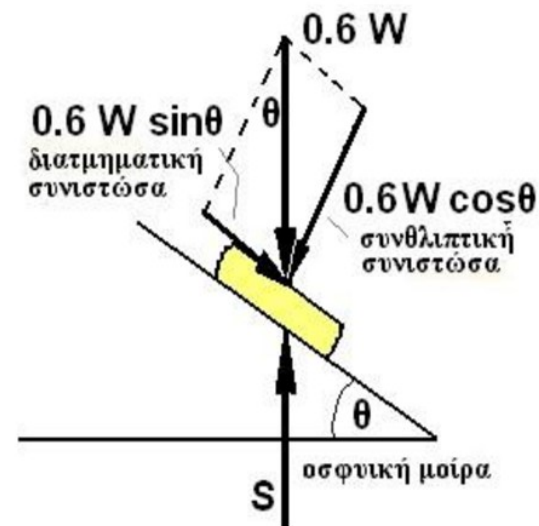


Το ανυψούμενο βάρος
πολλαπλασιάζεται
περίπου κατά 10
φορές στη σπονδυλική
στήλη

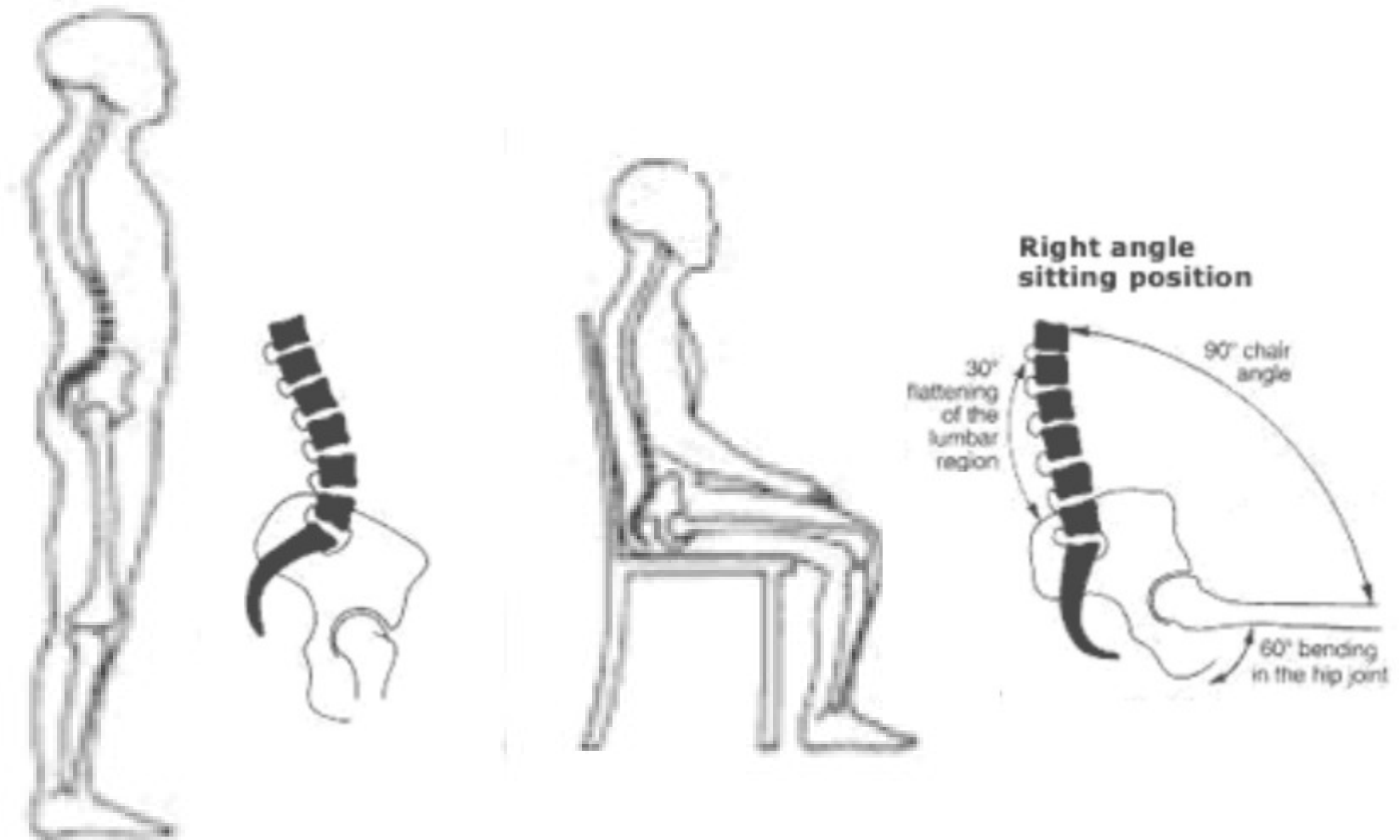
Παραμόρφωση μεσοσπονδυλίου δίσκου L5/S1 από καταπόνηση της σπονδυλικής στήλης



Εγκάρσιες και διατμητικές τάσεις



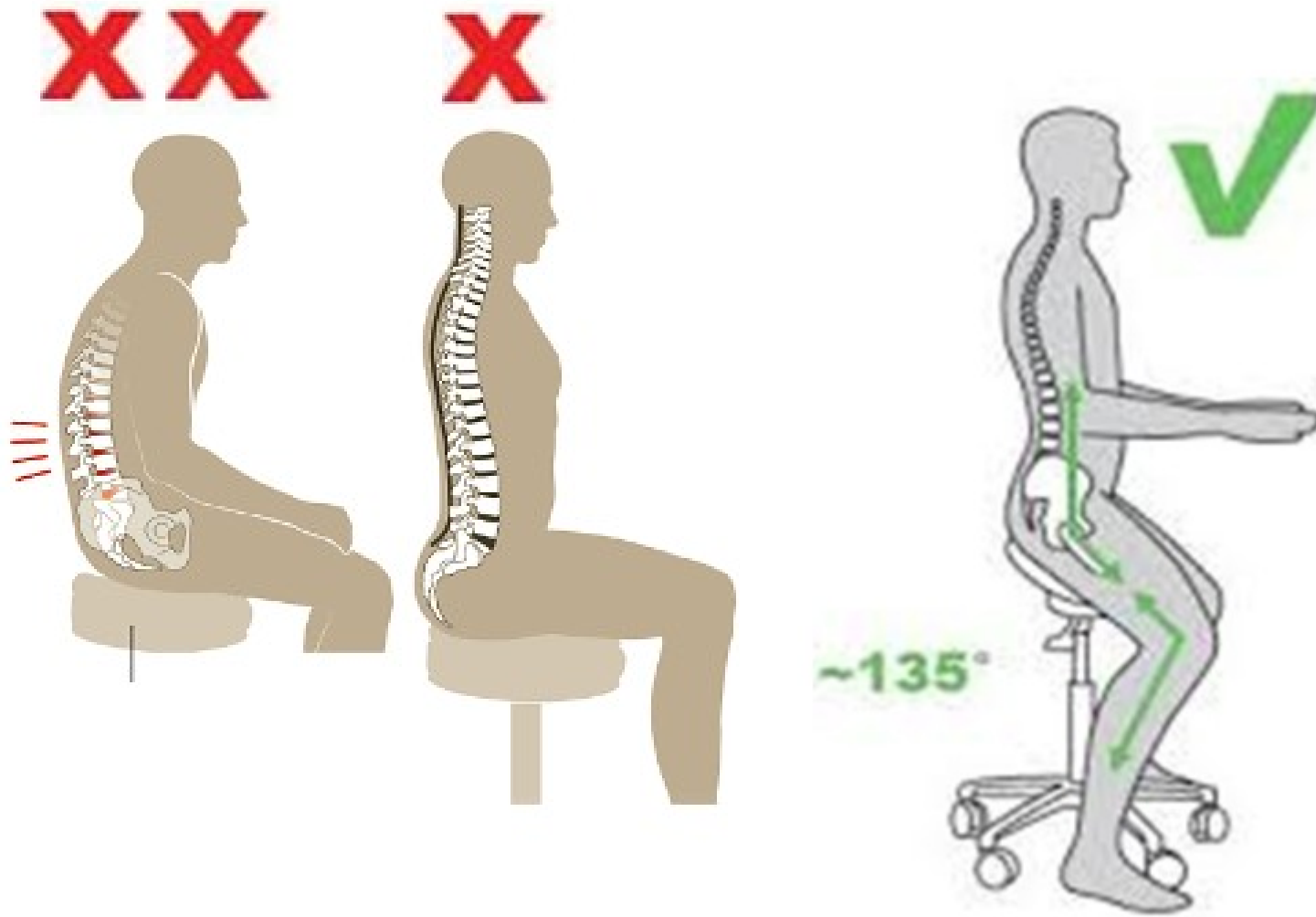
Καταπόνηση στην όρθια και καθιστή στάση



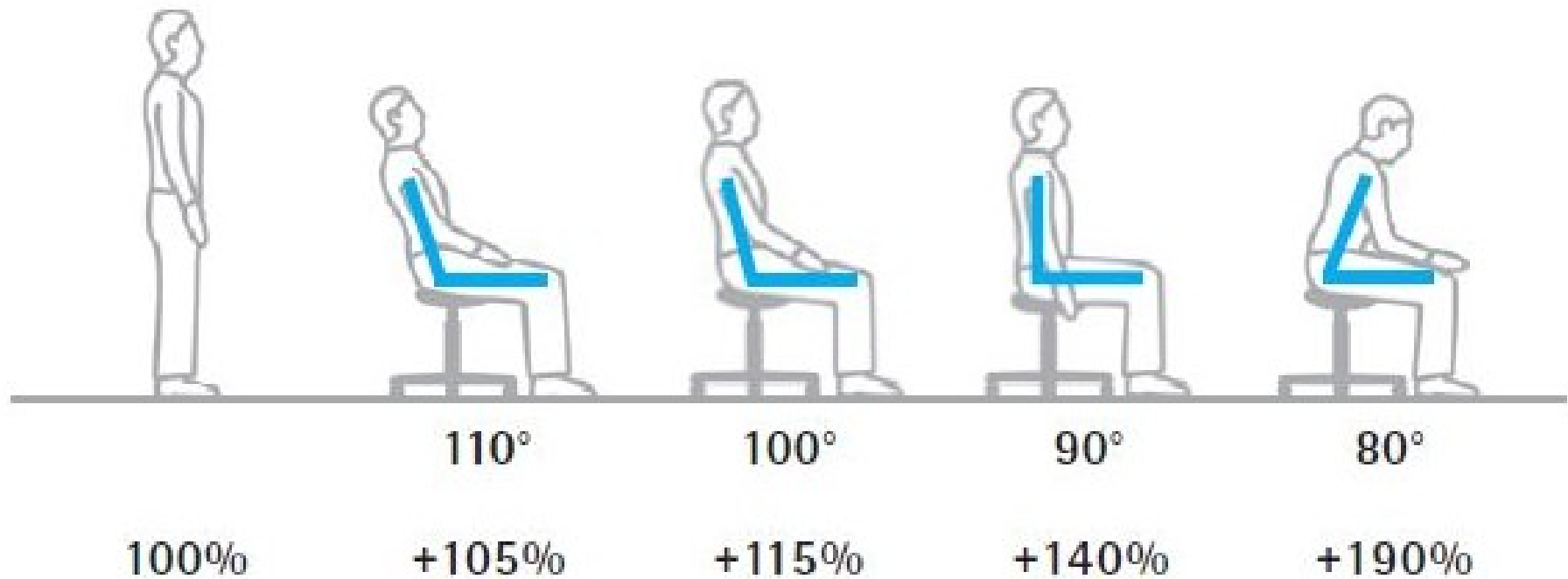
Καταπόνηση στην όρθια και καθιστή στάση



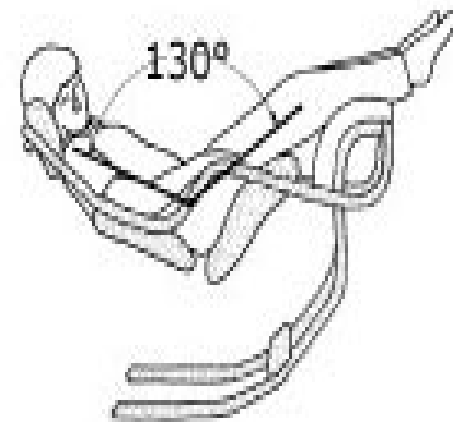
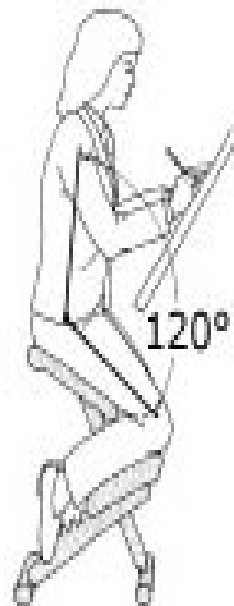
Προσαρμογή καθίσματος στη φυσική θέση της σπονδυλικής στήλης



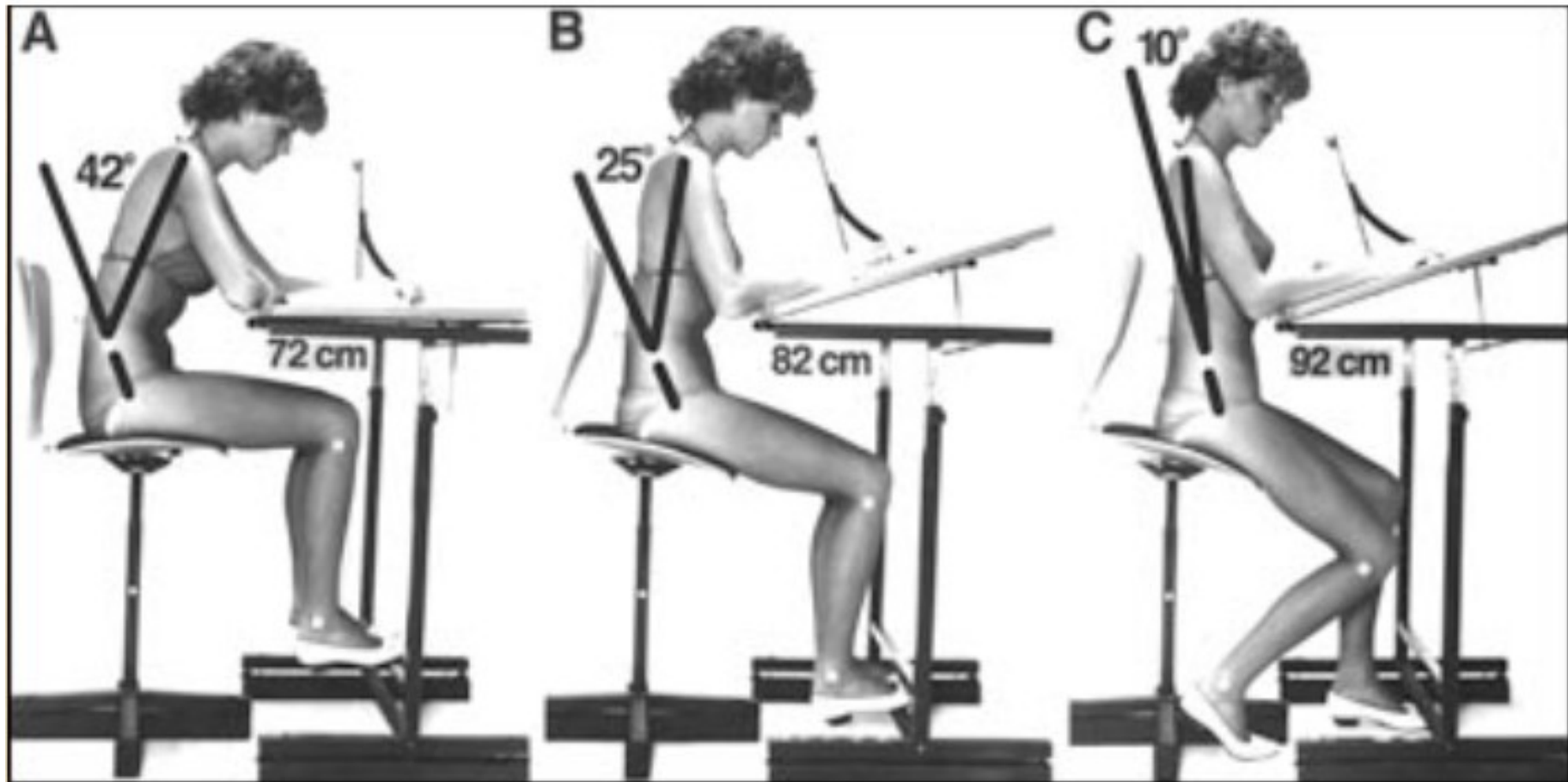
Πώς η στάση σώματος επηρεάζει την καταπόνηση της μέσης



Ο χρυσός κανόνας των 120-130 μοιρών

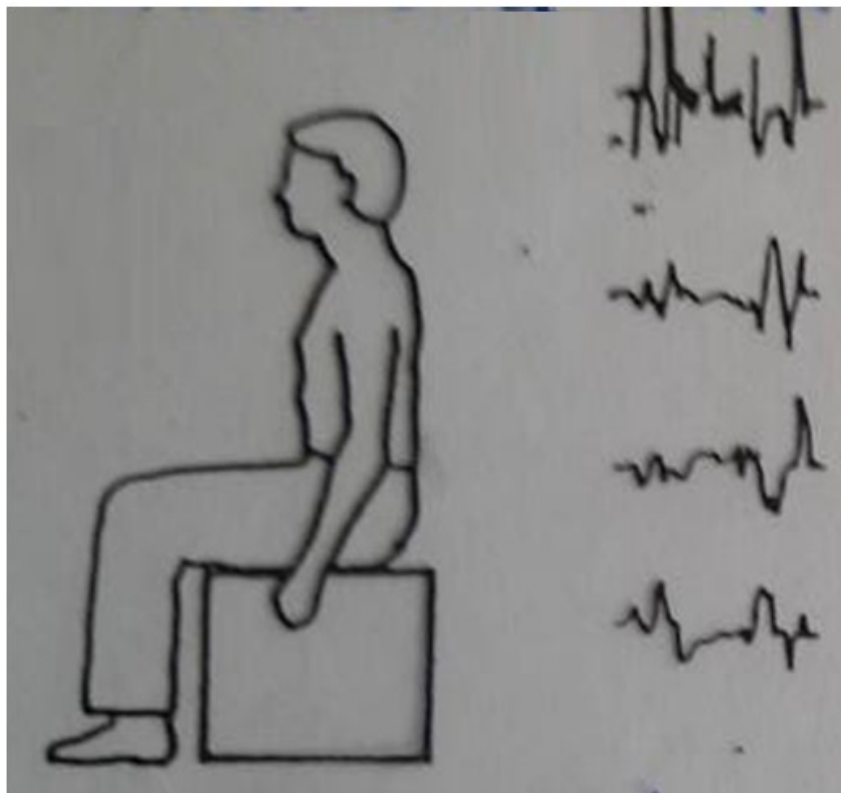


Ποία είναι η καλύτερη θέση εργασίας ?



Τάση μυών και Πίεση δίσκων

(Α) Πίεση δίσκων 140%



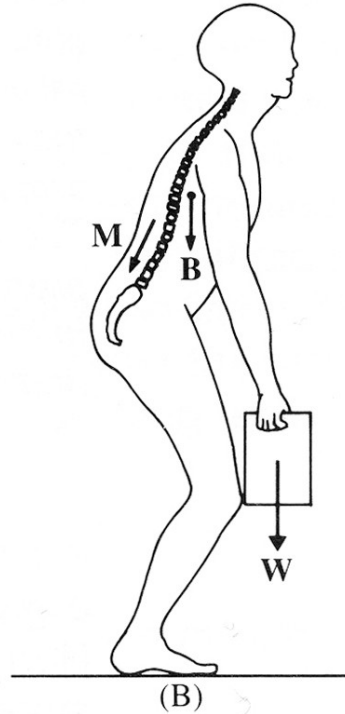
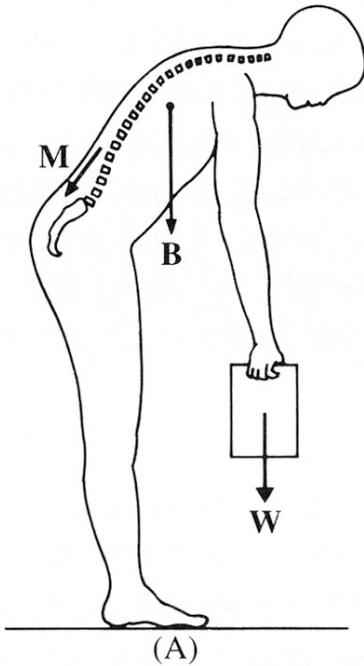
(Β) Πίεση δίσκων 200%



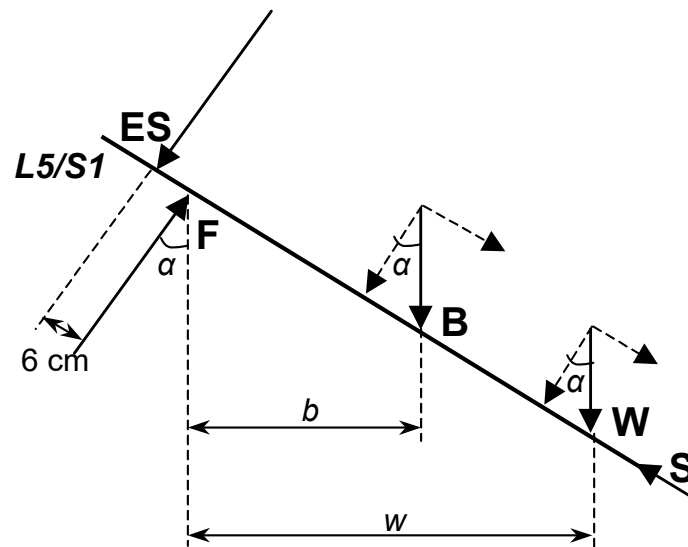
Παράδειγμα εφαρμογής του εμβιομηχανικού μοντέλου

Έστω ότι:

- ο εργαζόμενος ζυγίζει 75kg,
- το 65% της μάζας του βρίσκεται στο άνω μέρος του σώματος,
- στην περίπτωση (A) όπου η πλάτη είναι λυγισμένη, οι μοχλοβραχίονες είναι $w=40\text{cm}$ και $b=25\text{cm}$,
- στην περίπτωση (B) όπου η πλάτη είναι ίσια, οι μοχλοβραχίονες είναι μικρότεροι $w=35\text{cm}$ και $b=18\text{cm}$,
- το ανυψούμενο βάρος είναι $W=250\text{N}$.



Εμβιομηχανικό μοντέλο για την χειρονακτική ανύψωση βαρών



F: δύναμη συμπίεσης του μεσοσπονδυλίου δίσκου L5/S1

S: εγκάρσια δύναμη ασκούμενη στον μεσοσπονδύλιο δίσκο L5/S1

ES: δύναμη ανύψωσης ραχιαίου μυός

B: δύναμη προξενούμενη από το βάρος του σώματος

W: δύναμη προξενούμενη από το ανυψούμενο βάρος

Εξισώσεις ισορροπίας:

- μοχλός γύρω από τον μεσοσπονδύλιο δίσκο L5/S1:
$$ES \times 0.006 = B \times b + W \times w$$
- δυνάμεις στην κατεύθυνση της σπονδυλικής στήλης:
$$F - ES - B \cos \alpha - W \cos \alpha = 0$$
- δυνάμεις κάθετες στην σπονδυλική στήλη:
$$S - B \sin \alpha - W \sin \alpha = 0$$

Παράδειγμα εφαρμογής του εμβιομηχανικού μοντέλου

Τότε, για την περίπτωση (Α) έχουμε:

- Η δύναμη από το άνω μέρος του σώματος είναι

$$B = 75 \times 0.65 \times g = 75 \times 0.65 \times 9.81 = 475N$$

- Η δύναμη ανύψωσης του ραχιαίου μυός ES, σύμφωνα με την εξίσωση (1), είναι

$$ES = \frac{B \times b + W \times w}{0.06} = \frac{475 \times 0.25 + 250 \times 0.40}{0.06} = 3658N$$

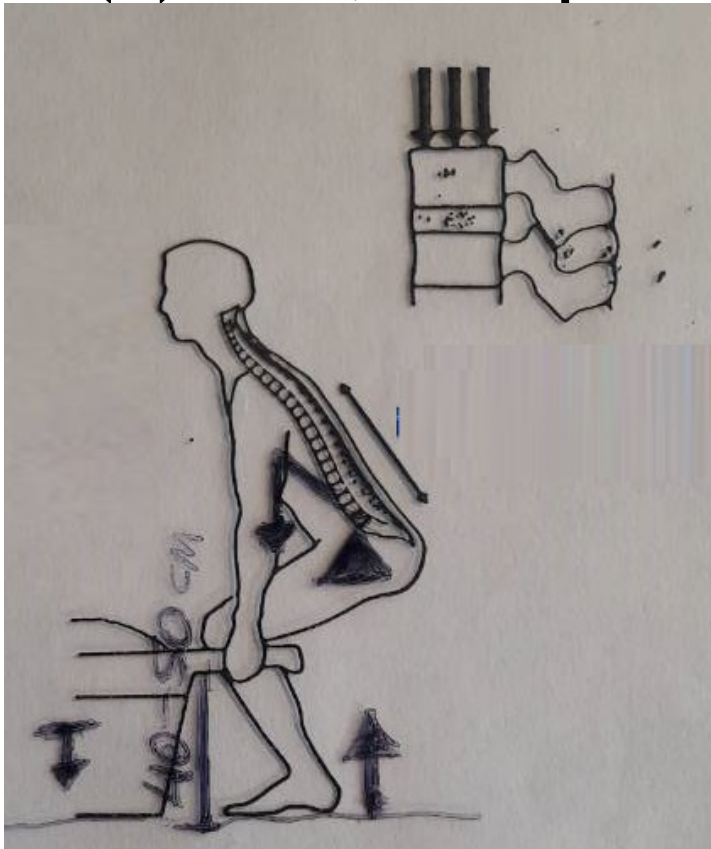
- Η δύναμη συμπίεσης του μεσοσπονδύλιου δίσκου L5/S1, σύμφωνα με την εξίσωση (2) και για κλίση του σώματος 30°, είναι:

$$F = ES + B \cos a + W \cos a = 3658 + 478 \times 0.89 + 250 \times 0.89 = 4306N$$

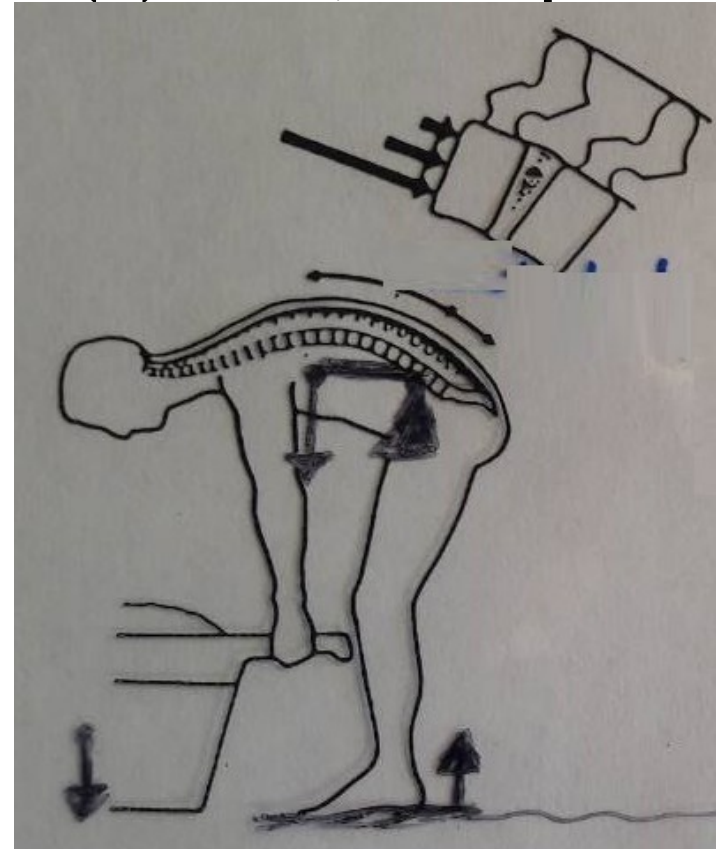
Αντίστοιχα για την περίπτωση (Β) και για κλίση του σώματος επίσης 30°, ES=2892N και F=3540N

Ανύψωση φορτίων

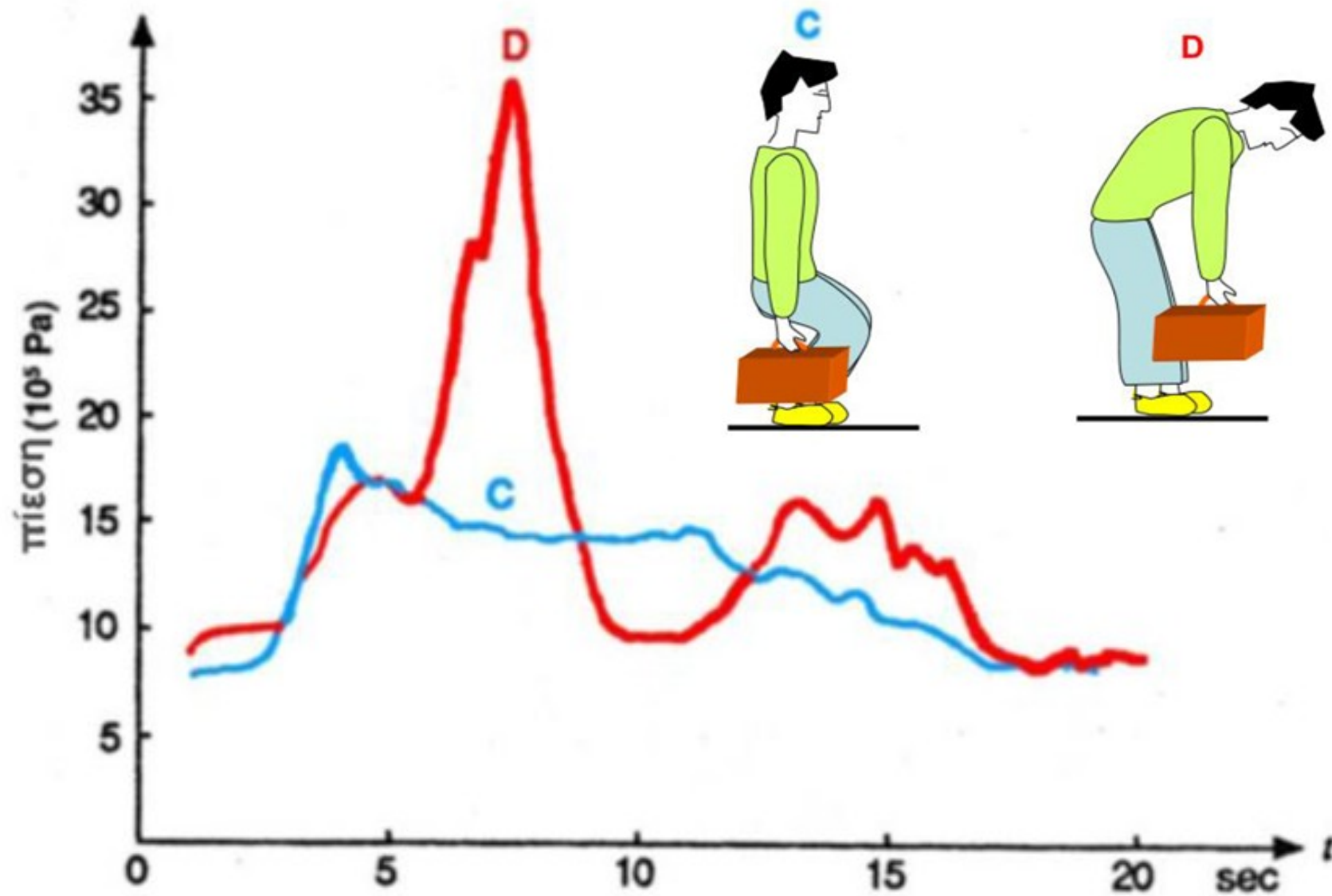
(Α) Πίεση 200 Kp



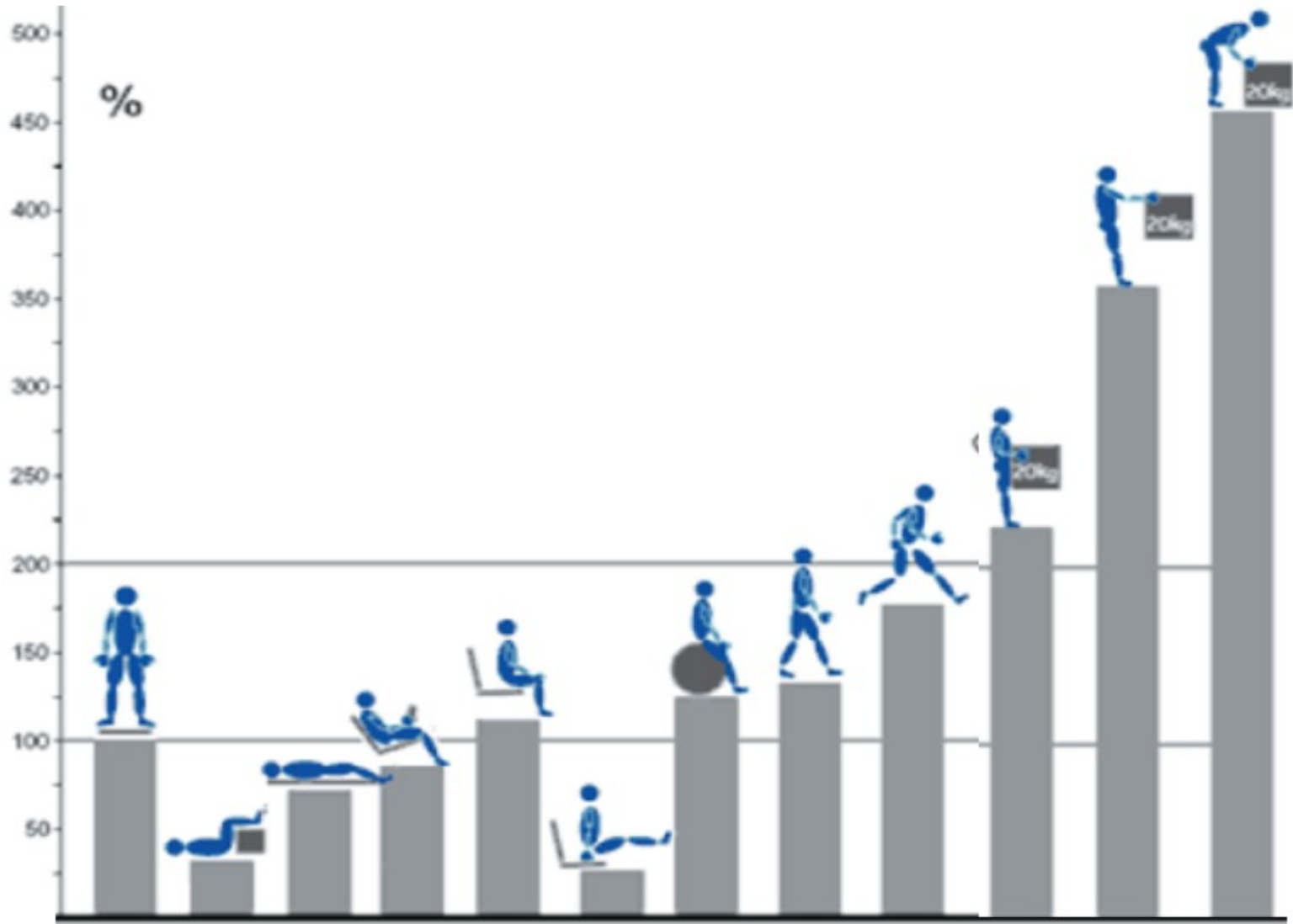
(B) Πίεση 320 Kp



Συμπίεση οσφυϊκών σπονδύλων



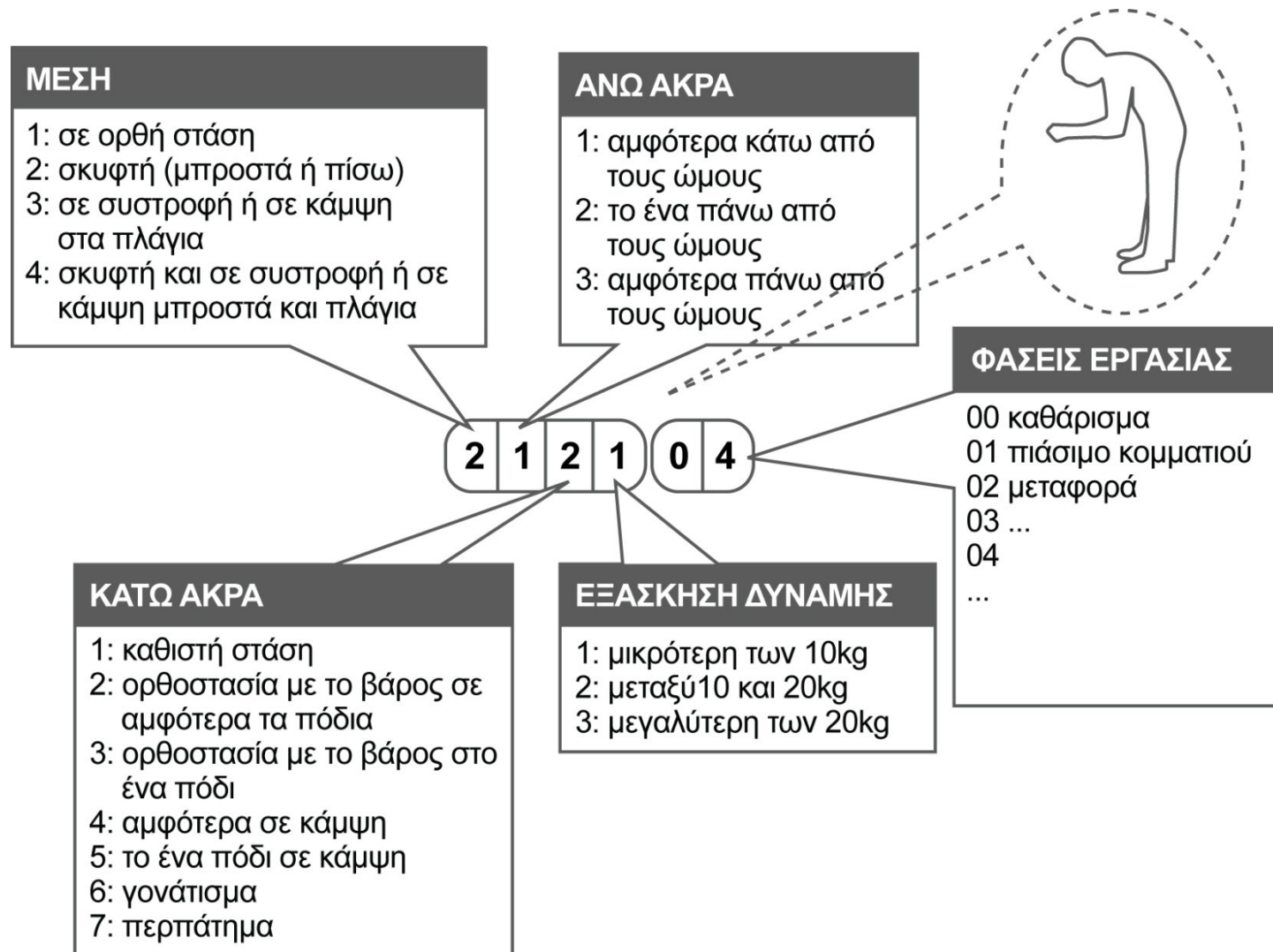
Σχέση στάσης και συμπίεσης οσφυϊκών σπονδύλων



Η μέθοδος OWAS για την αξιολόγηση της επικινδυνότητας του σωματικού φόρτου

- Η μέθοδος OWAS (Ovako Working Posture Analysing System) είναι μία απλή μέθοδος για την αξιολόγηση του σωματικού φόρτου που προέρχεται από τις στάσεις του σώματος κατά την εργασία. Η αξιοπιστία της έχει ελεγχθεί συστηματικά, και χρησιμοποιείται ήδη ευρέως σε πολλές χώρες.
- Τα τρία βασικά στοιχεία της OWAS είναι:
 1. η κατηγοριοποίηση των στάσεων
 2. οι συστηματικές παρατηρήσεις για τη συλλογή των δεδομένων,
 3. η αξιολόγηση των στάσεων.

Κατηγοριοποίηση και κωδικοποίηση των στάσεων εργασίας σύμφωνα με τη μέθοδο OWAS



Μέθοδος OWAS - διαδικασία

1ο στάδιο: Εντοπίζονται οι *επιμέρους εργασίες ή ενέργειες* που εκτελεί ένας εργαζόμενος του οποίου ο σωματικός φόρτος από την εργασία θέλουμε να αξιολογηθεί.

2ο στάδιο: Για την κάθε επιμέρους εργασία, εντοπίζονται οι σωματικές δραστηριότητες μέσω των οποίων αυτή υλοποιείται, και οι οποίες επιβάλλουν διαφορετικές στάσεις του σώματος. Οι διαφορετικές στάσεις που εντοπίζονται σε κάθε επιμέρους εργασία, ονομάζονται *φάσεις εργασίας*. Κάθε φάση εργασίας που εντοπίζεται, κωδικοποιείται με ένα διψήφιο αριθμό.

3ο στάδιο: Δημιουργούνται οι τετραψήφιοι κωδικοί για κάθε φάση εργασίας, και υπολογίζεται ο αριθμός επαναλήψεών τους (συχνότητα) καθώς και το ποσοστό του συνολικού χρόνου εργασίας το οποίο αντιπροσωπεύουν. Αυτά μπορούν να υπολογισθούν είτε με συστηματικές παρατηρήσεις ή βιντεοσκόπηση, είτε δειγματοληπτικά με στιγμιαίες παρατηρήσεις.

Μέθοδος OWAS - διαδικασία (συνέχεια)

4ο στάδιο: Σχεδιάζονται πίνακες με τα συλλεγόμενα δεδομένα της ανάλυσης. Στους πίνακες αυτούς για κάθε επιμέρους εργασία φαίνονται: (1) οι φάσεις εργασίας και ο κωδικός τους αριθμός, (2) ο τετραψήφιος κωδικός που περιγράφει τη στάση που λαμβάνει ο εργαζόμενος και η εξασκούμενη δύναμη, (3) ο αριθμός επαναλήψεων της κάθε φάσης, και (4) το ποσοστό του χρόνου που αντιπροσωπεύει η κάθε φάση έναντι του συνολικού χρόνου εργασίας.

5ο στάδιο: Αξιολόγηση των στάσεων με την βοήθεια των πινάκων της μεθόδου OWAS και εντοπισμός κατηγοριών δράσης.

1ος πίνακας για την αξιολόγηση των φάσεων εργασίας (δεν λαμβάνεται υπόψη η διάρκεια της εργασίας)

		1			2			3			4			5			6			7		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	3	1	1	1	1	1	2
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3
	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	4	4	3	4	4	3	3	4	2	3	4
	3	2	3	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	1	1
	3	2	2	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4

ΜΕΣΗ

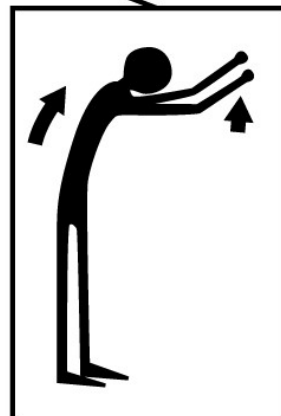
ΑΝΩ
ΑΚΡΑ

ΚΑΤΩ ΑΚΡΑ

ΕΞΑΣΚΗΣΗ
ΔΥΝΑΜΗΣ

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΔΡΑΣΗΣ

- 1 δεν χρειάζονται μέτρα
- 2 διορθωτικά μέτρα στο εγγύς μέλλον
- 3 διορθωτικά μέτρα όσο το δυνατόν γρηγορότερα
- 4 διορθωτικά μέτρα αμέσως



2ος πίνακας για την αξιολόγηση των φάσεων εργασίας (λαμβάνεται υπόψη η διάρκεια της εργασίας, όχι όμως η εξάσκηση δύναμης)

ΜΕΣΗ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	3	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
	4	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4
ΑΝΩ ΑΚΡΑ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	3	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3
ΚΑΤΩ ΑΚΡΑ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
	3	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	4	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4
	5	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4
	6	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
	7	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
% χρόνου εργασίας		0	20	40	60	80	100				

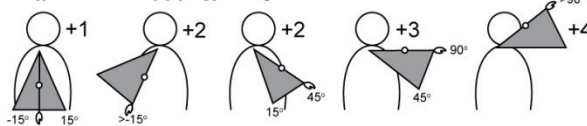
ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΔΡΑΣΗΣ

- 1 δεν χρειάζονται μέτρα
- 2 διορθωτικά μέτρα στο εγγύς μέλλον
- 3 διορθωτικά μέτρα όσο το δυνατόν γρηγορότερα
- 4 διορθωτικά μέτρα αμέσως

Η μέθοδος RULA (McAtamny & Corlett, 1993)

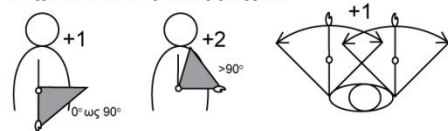
Α. Ανάλυση άνω άκρων και καρπού

Βήμα 1 : Θέση βραχίονος

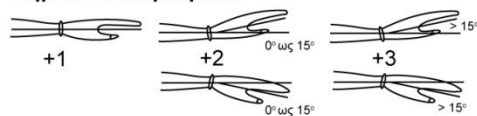


Εάν ο ώμος είναι ανασηκωμένος: **+1**
Εάν ο βραχίονας σε απαγωγή: **+1**
Εάν ο βραχίονας υποστηρίζεται: **-1**

Βήμα 2 : Θέση αντιβράχιου



Βήμα 3 : Θέση καρπού



Εάν ο καρπός είναι σε απαγωγή ή επαγωγή: **+1**

Βήμα 4 : Θέση καρπού

Εάν ο καρπός είναι σε μικρή συστροφή: **+1**
Εάν ο καρπός είναι σε μεγάλη συστροφή: **+2**

Βήμα 5 : Βαθμολογία άνω άκρων από Πίνακα Α

Χρησιμοποιήστε τους βαθμούς των βημάτων 1, 2, 3 & 4, για να βρείτε τη συνολική βαθμολογία από τον Πίνακα Α

Βήμα 6 : Χρήση μυών

Εάν η στάση των άνω άκρων είναι κυρίως στατική (π.χ. σταθερή για >10 min), εάν η δραστηριότητά τους επαναλαμβάνεται περισσότερες από 3 φορές το λεπτό: **+1**

Βήμα 7 : Εξάσκηση δύναμης

Εάν εξασκούν δύναμη ή σηκώνουν βάρος μεταξύ 2 και 10 kg στιγμιαία: **+1**
Εάν το βάρος ή η δύναμη εξασκείται συνεχώς ή επαναλαμβανόμενα: **+2**
Εάν το βάρος ή η δύναμη είναι > 10 kg: **+3**

Βήμα 7 : Γραμμή στον Πίνακα Γ

Η συνολική βαθμολογία των άνω άκρων χρησιμοποιείτε για να εντοπισθεί η σειρά στον Πίνακα Γ

Πίνακας Α

Βραχίονας	Αντιβράχιο	Καρπός							
		1	2	3	4	1	2	3	4
Καρπ.	Συστρ.	Καρπ.	Συστρ.	Καρπ.	Συστρ.	Καρπ.	Συστρ.	Καρπ.	Συστρ.
1	1	1	2	1	2	1	2	1	2
2	2	2	2	2	2	2	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	4	4
4	4	4	4	4	4	4	4	5	5
5	5	5	5	5	5	5	6	6	6
6	6	6	6	6	6	6	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	8	8	8
8	8	8	8	8	8	8	9	9	9
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

Βαθ. βραχίονος

Βαθ. αντιβράχιου

Βαθ. καρπού

Βαθ. συστρ. καρπού

Βαθ. Πίνακα Α

Βαθ. χρήσης μυών

Βαθ. δύναμης

Τελικός βαθ. άνω άκρων

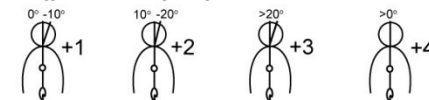
Πίνακας Γ

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	4	5	6	7
2	2	3	4	5	6	7	8
3	3	4	5	6	7	8	9
4	4	5	6	7	8	9	10
5	5	6	7	8	9	10	11
6	6	7	8	9	10	11	12
7	7	8	9	10	11	12	13
8+	8	9	10	11	12	13	14

Τελικός βαθμός:

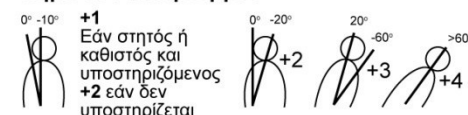
Β. Ανάλυση λαιμού, κορμού & κάτω άκρων

Βήμα 9 : Θέση λαιμού



Εάν ο λαιμός είναι σε συστροφή: **+1**
Εάν το κεφάλι είναι γεμμένο στα πλάγια: **+1**

Βήμα 10 : Θέση κορμού



Εάν ο κορμός είναι σε συστροφή: **+1**
Εάν ο κορμός είναι γεμμένος στα πλάγια: **+1**

Βήμα 11 : Θέση κάτω άκρων

Εάν τα κάτω άκρα ακουμπούν στο έδαφος και το βάρος ισοκατανέμεται: **+1**
Εάν όχι: **+2**

Βαθ. λαιμού

Βαθ. κορμού

Βαθ. κάτω άκρων

Πίνακας Β

Λαιμός	Κορμός											
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Κάτω άκρα	Κάτω άκρα	Κάτω άκρα	Κάτω άκρα	Κάτω άκρα	Κάτω άκρα	Κάτω άκρα	Κάτω άκρα	Κάτω άκρα	Κάτω άκρα	Κάτω άκρα	Κάτω άκρα	Κάτω άκρα
1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
2	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
3	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4
4	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5
5	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6

Βήμα 12 : Βαθμολογία στάσης από Πίνακα Β

Χρησιμοποιήστε τους βαθμούς των βημάτων 9, 10 & 11 για να εξαγάγετε τη συνολική βαθμολογία των κάτω άκρων από τον Πίνακα Β

Βήμα 13 : Χρήση μυών

Εάν φόρτιση κυρίως στατική: **+1**
Εάν κίνηση επαναλαμβανόμενη >4 φορές/min: **+1**

Βήμα 14 : Εξάσκηση δύναμης

Εάν μεταξύ 2 και 10 kg στιγμιαία: **+1**
Εάν συνεχώς ή επαναλαμβανόμενα: **+2**
Εάν > 10 kg: **+3**

Βήμα 15 : Στήλη στον Πίνακα Γ

Η συνολική βαθμολογία λαιμού, κορμού και κάτω άκρων χρησιμοποιείτε για να βρεθεί η στήλη στο Πίνακα Γ

Τελικός βαθμός: 1 ή 2 = αποδεκτό, 3 ή 4 = χρειάζεται μελέτη, 5 ή 6 = μελέτη και σύντομα βελτιώσεις, 7 = μελέτη και βελτιώσεις αμέσως

Εξίσωση αξιολόγησης της χειρονακτικής ανύψωσης βαρών του National Institute of Occupational Safety & Health (NIOSH)

Η εξίσωση αυτή προτάθηκε το 1991 και λαμβάνει υπόψη τρεις πλευρές-κριτήρια:

- ✓ Το **κριτήριο της εμβιομηχανικής** βασίζεται στον υπολογισμό της δύναμης συμπίεσης του μεσοσπονδυλίου δίσκου L5/S1. Ως ένα ασφαλές ανώτατο όριο της δύναμης συμπίεσης των μεσοσπονδυλίων δίσκων θεωρήθηκαν τα 3.4kN.
- ✓ Το **κριτήριο της φυσιολογίας** εκτιμά τον φόρτο μεταβολισμού και την κόπωση των μυών που δημιουργείται κατά την ανύψωση των βαρών. Για την οριοθέτηση της μυϊκής κόπωσης, ως ανώτερο επιτρεπτό όριο αερόβιου έργου των μυών καθορίστηκαν τα 9.5kcal/min.
- ✓ Το **κριτήριο της ψυχοφυσιολογίας**, έχει λάβει υπόψη τη γνώμη των εργαζομένων.

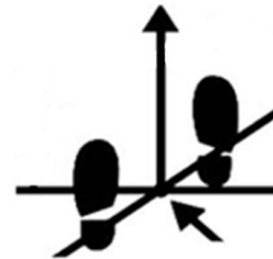
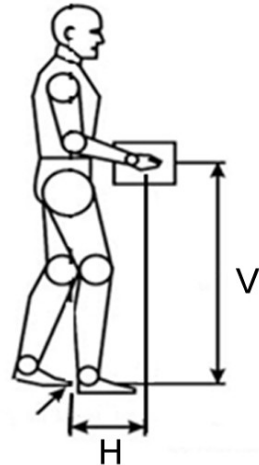
Η εξίσωση NIOSH

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$$

LC	Σταθερά φόρτισης	23kg
HM	Οριζόντιος πολλαπλασιαστής	$(25/H)$
VM	Κάθετος πολλαπλασιαστής	$(1 - 0,003 V-75)$
DM	Πολλαπλασιαστής απόστασης	$(0,82 + 4,5/D)$
AM	Πολλαπλασιαστής ασυμμετρίας	$(1 - 0,0032^A)$
FM	Πολλαπλασιαστής συχνότητας	Λαμβάνεται από τον Πίνακα 3.III
CM	Πολλαπλασιαστής ευκολίας πιασίματος ανυψούμενου αντικειμένου	Όταν το αντικείμενο δεν είναι πολύ μεγάλο, διαθέτει κατάλληλες χειρολαβές, ή διαμόρφωση για εύκολο και σταθερό πιάσιμο, $CM = 1$. Όταν ο εργαζόμενος καταβάλλει προσπάθεια για να πιάσει το αντικείμενο, $CM = 0,9$. Στις ενδιάμεσες περιπτώσεις, $CM = 0,95$

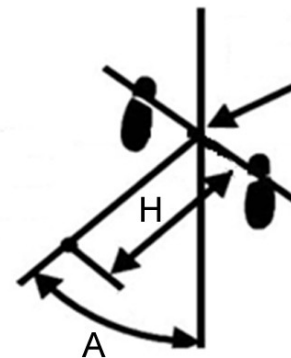
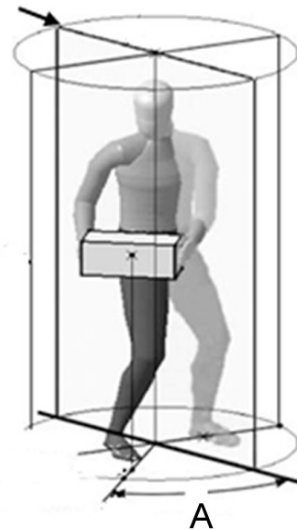
- H* Οριζόντια απόσταση των χεριών από τους αστραγάλους. Τα περισσότερα αντικείμενα δεν μπορούν να ανυψωθούν όταν βρίσκονται πιο κοντά από 25cm στους αστραγάλους.
- V* Κάθετη απόσταση των χεριών από το έδαφος. Μετράται τόσο στο σημείο έναρξης της ανύψωσης, όσο και στο τελικό σημείο της ανύψωσης.
- D* Κάθετη διανυόμενη απόσταση κατά την ανύψωση (σε cm), δηλαδή $V_{\text{τέλους}} - V_{\text{έναρξης}}$.
- A* Γωνία ασυμμετρίας, η οποία σχηματίζεται μεταξύ του ανυψούμενου βάρους και του εγκάρσιου κάθετου επιπέδου που διαπερνά τον άνθρωπο όταν αυτός βρίσκεται σε όρθια και ευθυτενή στάση.

Γεωμετρικές μεταβλητές της εξίσωσης RWL



Κοινό σημείο αστραγάλων
για μέτρηση του H , σε περίπτωση
που τα κάτω άκρα δεν βρίσκονται
σε ευθεία.

Εγκάρσιο κάθετο επίπεδο



Πίνακας για τον υπολογισμό του πολλαπλασιαστή συχνότητας FM

μέσο πλήθος
ανυψώσεων
σε μια περίοδο
15 min

Συχνότης [ανυψ/min]	Συνολική διάρκεια εργασίας ανύψωσης στο δωρο [ώρες]					
	<1		<2		<8	
	V<75	V>75	V<75	V>75	V<75	V>75
0.2	1.00	1.00	0.95	0.95	0.85	0.85
0.5	0.97	0.97	0.92	0.92	0.81	0.81
1	0.94	0.94	0.88	0.88	0.75	0.75
2	0.91	0.91	0.84	0.84	0.65	0.65
3	0.88	0.88	0.79	0.79	0.55	0.55
4	0.84	0.84	0.72	0.72	0.45	0.45
5	0.80	0.80	0.60	0.60	0.35	0.35
6	0.75	0.75	0.50	0.50	0.27	0.27
7	0.70	0.70	0.42	0.42	0.22	0.22
8	0.60	0.60	0.35	0.35	0.18	0.18
9	0.52	0.52	0.30	0.30	0.00	0.15
10	0.45	0.45	0.26	0.26	0.00	0.13
11	0.41	0.41	0.00	0.23	0.00	0.00
12	0.37	0.37	0.00	0.21	0.00	0.00
13	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00
>15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Η αξιολόγηση

- Η εξίσωση για το **RWL** υπολογίζεται δύο φορές, μία για το σημείο έναρξης της ανύψωσης, και μία για το τελικό σημείο της ανύψωσης.
- Για να προσδιορισθεί το εάν οι εργαζόμενοι διατρέχουν κίνδυνο προσβολής της μέσης κατά την ανύψωση βαρών, υπολογίζεται στη συνέχεια ο δείκτης ανύψωσης **LI** (lifting index) ως εξής:

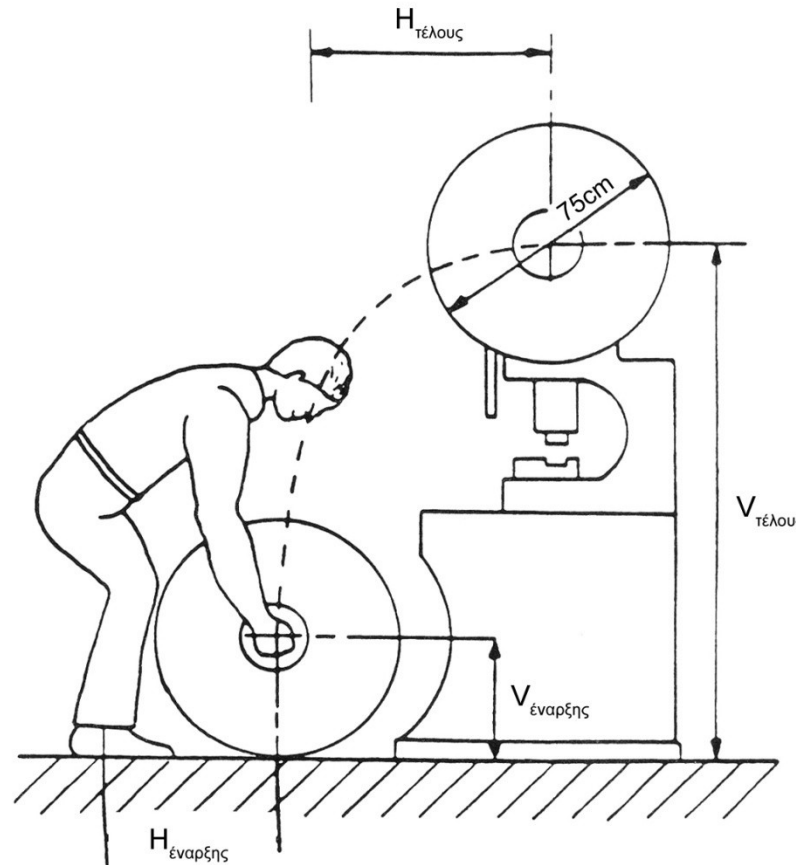
$$LI = \frac{L}{RWL}$$

όπου **L** είναι το βάρος του ανυψούμενου αντικειμένου σε kg, και **RWL** το συνιστώμενο άνω αποδεκτό όριο βάρους ανύψωσης.

- Ένα **LI κοντά στο 1** εξασφαλίζει σχετικά άνετη και ασφαλή ανύψωση βαρών, ενώ σύμφωνα με τους περισσότερους ειδικούς της NIOSH, ο δείκτης αυτός **δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 3**

Παράδειγμα χρήσης της εξίσωσης αξιολόγησης χειρονακτικής ανύψωσης βαρών του NIOSH

Έστω ότι ο εικονιζόμενος εργαζόμενος, μία φορά την ημέρα, σηκώνει το κυλινδρικό δοχείο διαμέτρου 75cm και βάρους 20kg και τον τοποθετεί στην κορυφή της πρέσας, σε ύψος 160cm.



Παράδειγμα χρήσης της εξίσωσης αξιολόγησης χειρονακτικής ανύψωσης βαρών του NIOSH (συνέχεια)

- $H_{\text{έναρξης}} = 20 + 75/2 = 57.5\text{cm}$
- $H_{\text{τέλους}} = 20 + 75/2 = 57.5\text{cm}$ (θεωρείται ότι ο εργαζόμενος βηματίζει εμπρός κατά την ανύψωση και τοποθέτηση του κυλίνδρου)
- $V_{\text{έναρξης}} = 37.5\text{cm}$
- $V_{\text{τέλους}} = 160\text{cm}$
- $D = 160 - 37.5 = 122.5\text{cm}$
- Συχνότητα εκτέλεσης της εργασίας ανύψωσης $F < 0.2$, και διάρκεια εργασίας ανύψωσης $< 1\text{ h}$
- Γωνία ασυμμετρίας $A = 0^\circ$

οπότε:

$$RWL_{\text{έναρξης}} = 23 \times (25/57.5) \times (1 - 0.003 | 37.5 - 75 |) \times (0.82 + 4.5/122.5) \times (1 - 0.0032 \times 0^\circ) \times 1 \times 1 = 7.6\text{kg}$$

και

$$RWL_{\text{τέλους}} = 23 \times (25/57.5) \times (1 - 0.003 | 160 - 75 |) \times (0.82 + 4.5/122.5) \times (1 - 0.0032 \times 0^\circ) \times 1 \times 1 = 6.4\text{kg}$$

τέλος,

$$LI = 20/6.4 = 3.1$$

Κατόπιν αυτού μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η ανύψωση του κυλίνδρου είναι οριακά ασφαλής, χωρίς κίνδυνο προσβολής της υγείας του εργαζομένου.

Η εξίσωση του NIOSH για αξιολόγηση θέσεων εργασίας με πολλαπλά καθήκοντα ανύψωσης

Στις περιπτώσεις αυτές υπολογίζεται ο σύνθετος δείκτης CLI (composite lift index).

- Σε πρώτη φάση υπολογίζονται οι δείκτες RWL_i για καθένα από τα καθήκοντα ανύψωσης που καλείται να εκτελέσει ο εργαζόμενος. Υπολογίζονται οι δείκτες τόσο για την έναρξη της ανύψωσης, όσο και για το σημείο απόθεσης, και κρατείται ο μικρότερος από τους δύο. Στη συνέχεια, για κάθε καθήκον, υπολογίζεται ο δείκτης LI, που στην περίπτωση αυτή συμβολίζεται με $STLI_i$ (single task lift index).

- Σε δεύτερη φάση, για καθένα από τα καθήκοντα ανύψωσης υπολογίζονται οι ανεξάρτητοι από τη συχνότητα ανύψωσης δείκτες $FIRWL_i$ (frequency-independent recommended weight limit). Ο υπολογισμός των δεικτών αυτών είναι όμοιος με αυτόν των δεικτών RWL , με τη διαφορά ότι ο πολλαπλασιαστής FM λαμβάνει την τιμή 1. Στη συνέχεια, για κάθε καθήκον, υπολογίζεται ο δείκτης LI, που στην περίπτωση αυτή συμβολίζεται με FIL_i (frequency-independent lift index).

- Σε τρίτη φάση, υπολογίζεται ο σύνθετος δείκτης CLI.

Υπολογισμός του σύνθετου δείκτη CLI

Τα διάφορα καθήκοντα ανύψωσης που εκτελεί ο εργαζόμενος, αριθμούνται ξανά, ανάλογα με το μυϊκό φόρτο που συνεπάγονται. Έτσι το καθήκον με το μεγαλύτερο STLI λαμβάνει τον αύξοντα αριθμό 1 (συμβολιζόμενο ως $STLI_1$), το καθήκον με αμέσως μικρότερο STLI λαμβάνει τον αύξοντα αριθμό 2 ($STLI_2$), κ.ο.κ. Στη συνέχεια, εφαρμόζεται ο τύπος:

$$CLI = STLI_1 + \sum_{i=2}^n \Delta LI$$

Όπου:

$$\sum_{i=2}^n \Delta LI = \left(FILI_2 \times \left(\frac{1}{FM_{1,2}} - \frac{1}{FM_1} \right) \right) + \left(FILI_3 \times \left(\frac{1}{FM_{1,2,3}} - \frac{1}{FM_{1,2}} \right) \right) + \dots \\ + \left(FILI_n \times \left(\frac{1}{FM_{1,2,3 \dots n}} - \frac{1}{FM_{1,2,3 \dots n-1}} \right) \right)$$

και τα $FM_{1,2 \dots n}$ λαμβάνονται από τον Πίνακα για τον προσδιορισμό του πολλαπλασιαστή συχνότητας FM, αθροίζοντας τις συχνότητες ανύψωσης των καθηκόντων που υποδεικνύουν οι αύξοντες αριθμοί-δείκτες.

Παράδειγμα υπολογισμού του σύνθετου δείκτη CLI

Έστω μια εργασία στην οποία οι εργαζόμενοι πραγματοποιούν τρία καθήκοντα ανύψωσης βαρών.

Η ανάλυση του κάθε καθήκοντος και ο υπολογισμός των σχετικών δεικτών έδωσαν τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον Πίνακα

Καθήκον	1	2	3
Ανυψούμενο βάρος [kg]	10	20	30
Συχνότητας (F)	4	2	1
FIRWL	15	20	20
FM	0,84	0,91	0,94
STRWL	12,6	18,2	18,8
FILI	0,67	1,0	1,15
STLI	0,8	1,1	1,6
Νέα αρίθμηση καθηκόντων	3	2	1

Παράδειγμα υπολογισμού του σύνθετου δείκτη CLI (συνέχεια)

Για τον υπολογισμό του σύνθετου δείκτη CLI για την εργασία αυτή, τα καθήκοντα αριθμήθηκαν εκ νέου, κατά φθίνουσα σειρά δείκτη ανύψωσης - δηλαδή της τιμής του δείκτη STLI-, αριθμώντας το καθήκον με το μεγαλύτερο δείκτη ανύψωσης με 1.

Το άθροισμα των συχνοτήτων για τα καθήκοντα με τη νέα αρίθμηση είναι:

$$F_{1,2} : 1+2 = 3$$

$$F_{1,2,3} : 1+2+4 = 7$$

Ανατρέχοντας στον σχετικό Πίνακα, και με δεδομένη τη διάρκεια εργασίας (μικρότερη από 1 ώρα στο δωρο) καθώς και το ύψος ανύψωσης (μικρότερο από 75cm), λαμβάνουμε τις εξής τιμές για τους δείκτες FM:

$$FM_1 = 0,94$$

$$FM_{1,2} = 0,88$$

$$FM_{1,2,3} = 0,70$$

Οπότε, ο σύνθετος δείκτης, είναι:

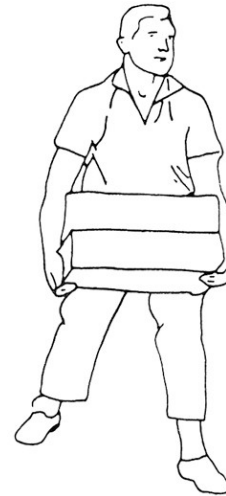
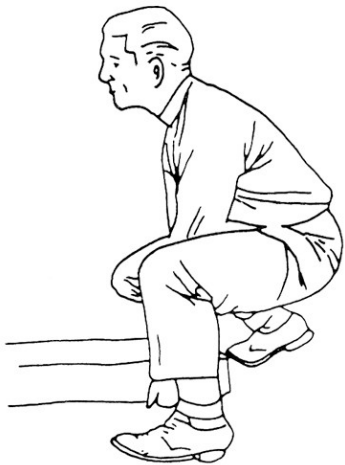
$$CLI = 1,6 + 1,0(1/0,88 - 1/0,94) + 0,67(1/0,7 - 1/0,88) = 1,6 + 0,07 + 0,2 = 1,87$$

Ελληνική και Ευρωπαϊκή νομοθεσία

Προεδρικό Διάταγμα ΠΔ 397/1994 με τίτλο "Ελάχιστες προδιαγραφές ασφαλείας και υγείας κατά την χειρονακτική διακίνηση φορτίων που συνεπάγεται κίνδυνο ιδίως για τη ράχη και την οσφυϊκή χώρα των εργαζομένων, σε συμμόρφωση προς την οδηγία του Συμβουλίου 90/269/ΕΟΚ".

- Το ΠΔ 397/1994 δεν καθορίζονται ανώτατα όρια, ούτε μοντέλα ποσοτικού καθορισμού της φόρτισης της σπονδυλικής στήλης.
- Καθορίζεται όμως η υποχρέωση του εργοδότη να *«λαμβάνει τα κατάλληλα οργανωτικά μέτρα ή να χρησιμοποιεί τα κατάλληλα μέσα και ιδίως τον κατάλληλο μηχανικό εξοπλισμό, προκειμένου να αποφευχθεί η ανάγκη χειρονακτικής διακίνησης φορτίων από τους εργαζομένους»* .
- Στο ίδιο άρθρο αναφέρεται ότι *"όταν δεν μπορεί να αποφευχθεί η χειρονακτική διακίνηση φορτίων από εργαζομένους, ο εργοδότης λαμβάνει τα κατάλληλα οργανωτικά μέτρα, χρησιμοποιεί τα κατάλληλα μέσα ή παρέχει στους εργαζομένους τα μέσα αυτά, ώστε να μειώνεται ο κίνδυνος που διατρέχουν κατά τη χειρονακτική διακίνηση"*.

Τεχνικές σωστού τρόπου χειρονακτικής ανύψωσης βαρών (Πηγή: ILO, 1972)



Βαθύ κάθισμα κατά την έναρξη της ανύψωσης, έτσι ώστε η σπονδυλική στήλη να κρατιέται όσο το δυνατόν πιο άκαμπτη και κάθετη στο έδαφος. Κατάλληλο πιάσιμο του βάρους και τοποθέτηση των άνω και κάτω άκρων, ώστε να υποβοηθηθεί η στάση.

Το βάρος πρέπει να μεταφέρεται με τα άνω άκρα κατά το δυνατόν άκαμπτα.

Χρήση των μυών των κάτω άκρων για υποβοήθηση της ανύψωσης και ελαχιστοποίηση της φόρτισης της μέσης.

Καλές πρακτικές και μέτρα ασφάλειας στη Χ.Δ.Φ



Αποφυγή εργασιών μετακίνησης φορτίων με την παράδοση των φορτίων κοντά στο χώρο εργασίας
Αυτοματοποίηση της εργασίας
Χρήση μηχανικών βοηθημάτων (π.χ. καροτσάκια, ανυψωτικά μηχανήματα)



Αλλαγές του μεγέθους του φορτίου
Καταμερισμούς του βάρους σε μικρότερα φορτία
Σχεδιασμός λαβών για φορτία



Βελτίωση της διάταξης εργασιών
Μείωση της κάθετης & οριζόντιας απόστασης κίνησης
Μείωση της ανάγκης περιστροφής του κορμού
Μείωση της ανύψωσης πάνω από το ύψος των ώμων



Εκπαίδευση χειριστών στη χειρωνακτική διαχείριση φορτίων
Εκστρατείες διαφώτισης του προσωπικού
Εναλλαγή εργασιών για να μειωθεί η διάρκεια των εργασιών αυτών

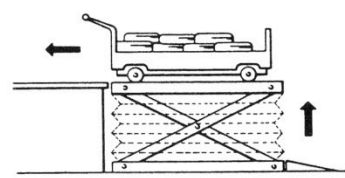


Προστατευτικές ζώνες μέσης
Νάρθηκες καρπού ή αγκώνων
Αντιολισθητικές μπότες

Παραδείγματα λύσεων για την υποβοήθηση των διακινήσεων και της ανύψωσης βαρών



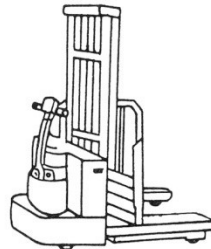
Πριν
Πολύ σκύψιμο



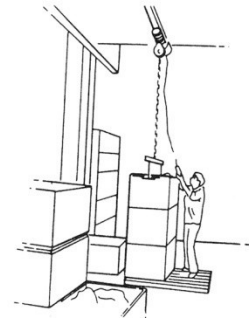
Ανυψωτικό και
τροχήλατο καρότσι



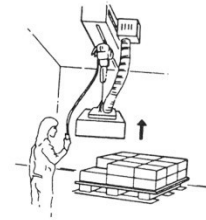
Μετά
Αυτο-ανυψούμενος πάτος



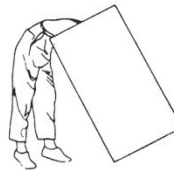
Χειροκίνητο καρότσι με
δυνατότητα ανύψωσης
των βαρών



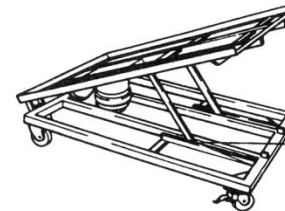
Γερανός οροφής



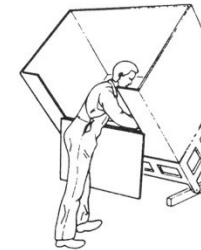
Ανυψωτικό
με υποπίεση



Πριν
Πολύ σκύψιμο



Καρότσι με ανυψούμενη
υπό κλίση βάση



Μετά
Λίγο σκύψιμο



Ανηρημένα εργαλεία
χειρός



Κυλιόμενες βάσεις



Ρυθμιζόμενα καθ' ύψος
τραπέζια εργασίας

Τρόποι επανασχεδιασμού της εργασίας



εγκατάσταση μεταφορέα φορτίων



αποφυγή περιστροφής του κορμού



ανύψωση κάτω από το ύψος των ώμων



εργασία | κάτω από το ύψος των ώμων



μείωση απόστασης με την επιφάνεια εργασίας



μείωση της κάθετης απόστασης ανύψωσης