



ΚΕΦΑΛΑΙΟ

7

Εμβιομηχανική

ΜΑΘΗΣΙΑΚΟΣ ΣΤΟΧΟΣ

Με την ολοκλήρωση αυτής της ενότητας, οι φοιτητές θα είναι σε θέση να περιγράψουν τις βασικές αρχές της εμβιομηχανικής που αφορούν με το ανθρώπινο σώμα.

Εισαγωγή

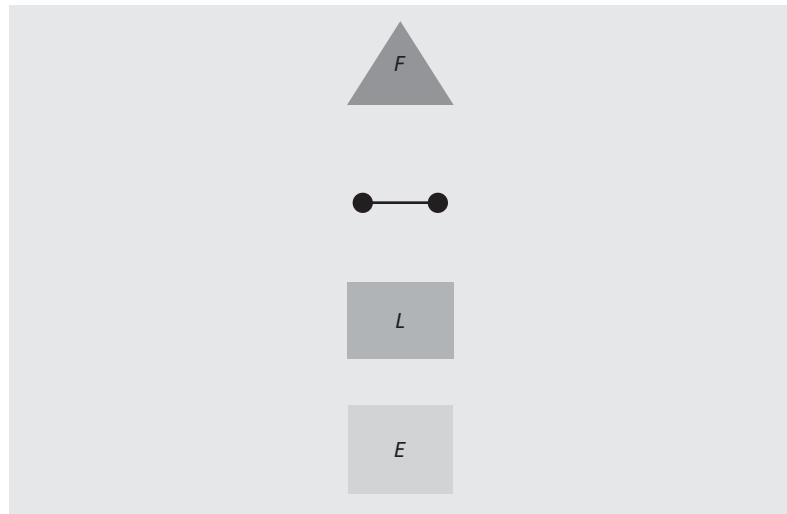
Η εμβιομηχανική ασχολείται με τη μελέτη των δυνάμεων που δρουν και παράγονται μέσα στο σώμα, αλλά και των επιδράσεων αυτών των δυνάμεων στους ιστούς (Marras, 2006). Κάθε εργασία, από τη βοήθεια για το βάδισμα ατόμων με κινητικές δυσκολίες και την ανύψωση φορτίων σε εργοστασιακό περιβάλλον, έως την απόδοση ενός αθλητή, μπορεί να περιγραφεί με βάση τις συγκεκριμένες κινήσεις και τη φόρτιση, τόσο μυϊκή όσο και δομική (Winter, 1990). Οι συγκεκριμένες κινήσεις και η φόρτιση στο μυοσκελετικό σύστημα μεταβάλλονται από περίπτωση σε περίπτωση με βάση την εργασία που εκτελείται.

Υπόβαθρο

Γιατί η εμβιομηχανική είναι σημαντική για την εργονομία;

Η εμβιομηχανική εστιάζει πρωτίστως στη μελέτη της εργονομίας, παρέχοντας χρήσιμες πληροφορίες σε περιπτώσεις σε περιπτώσεις ανύψωσης, ώθησης ή τραβήγματος. Σε ορισμένες στάσεις του σώματος, το ίδιο το βάρος του σώματος προκαλεί πρόσθετη φόρτιση. Ο στόχος της εφαρμοσμένης βιομηχανικής στην εργασία είναι να περιγράψει ποσοτικά τη μυοσκελετική φόρτιση που πραγματοποιείται στις αρθρώσεις κατά τη διάρκεια της εργασίας, προκειμένου να εκτιμηθεί ο βαθμός κινδύνου που ενέχει κάθε δραστηριότητα

ΕΙΚΟΝΑ 7.1 Μέρη ενός διαγράμματος ελεύθερου σώματος



Το σώμα ως σύστημα μοχλών

Μια θεμελιώδης υπόθεση της εφαρμοσμένης εμβιομηχανικής στην εργασία είναι ότι το σώμα συμπεριφέρεται σύμφωνα με τους νόμους της Νευτώνειας μηχανικής. Η κίνηση στο σώμα παράγεται από ένα σύστημα μοχλών. Οι μοχλοί συμβάλλουν στην παραγωγή δυναμικής κίνησης, ενώ άλλοι εξασφαλίζουν τη σταθερότητα.

Εμβιομηχανική του ανθρώπινου σώματος

Μέρη ενός συστήματος μοχλών

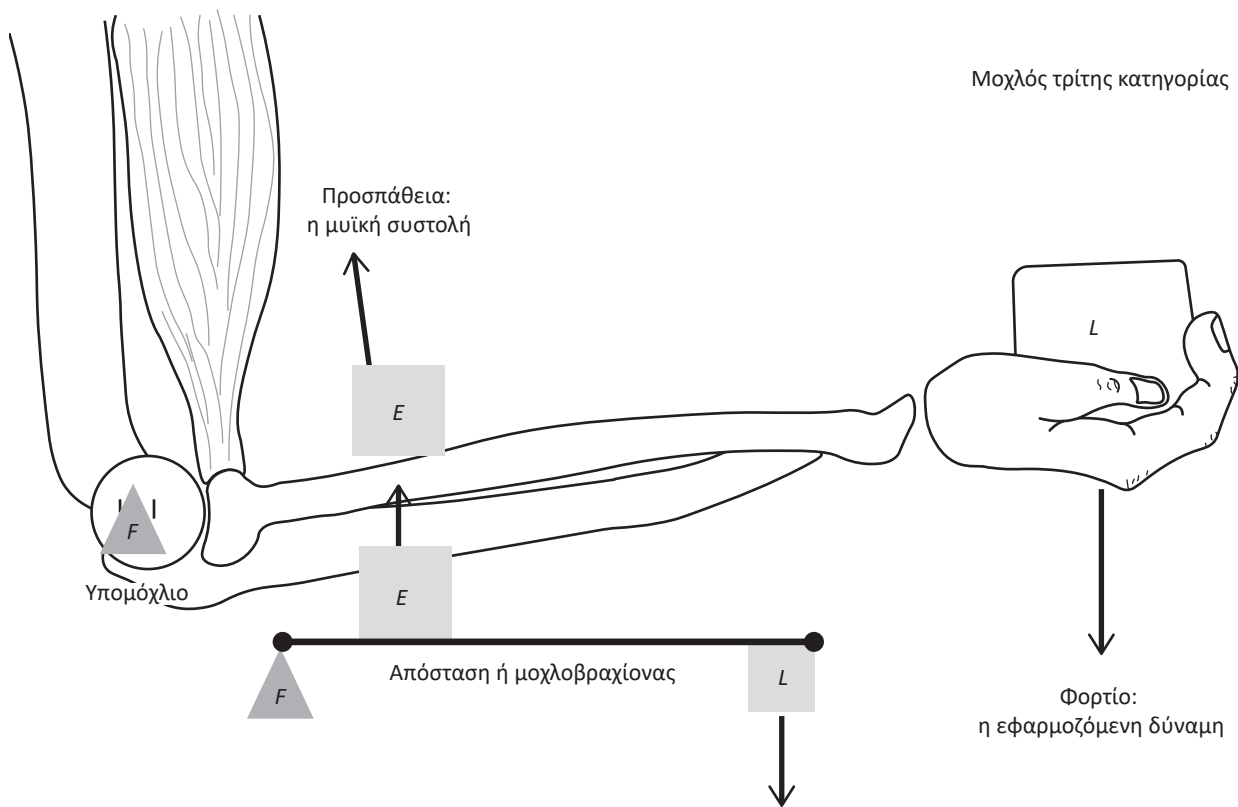
Η ακόλουθη εξήγηση των μοχλών, όπως εφαρμόζεται στο ανθρώπινο σώμα, είναι μια απλοποιημένη έκδοση που βοηθά όλους τους εκπαιδευόμενους να κατανοήσουν τη σχέση μεταξύ της στάσης του σώματος και των δυνάμεων που επιδρούν σε αυτό. Οι Εικόνες 7.1 και 7.2 απεικονίζουν τα βασικά μέρη ενός συστήματος μοχλών.

Χρησιμοποιούνται ελεύθερα διαγράμματα σώματος και δυνάμεων.

- **Υπομόχλιο:** άξονας γύρω από τον οποίο περιστρέφεται ένας **μοχλός**. Στο ανθρώπινο σώμα, αυτό είναι συνήθως στο κέντρο της άρθρωσης.
- **Μοχλός:** μια άκαμπτη ράβδος που περιστρέφεται γύρω από έναν άξονα περιστροφής ή **υπομόχλιο**. Στο ανθρώπινο σώμα, αυτός είναι συνήθως ένας συνδυασμός μερών του σώματος, για παράδειγμα ενός μέλους (αυτό που η ανθρωπομετρία ονομάζει μήκος συνδεόμενων τμημάτων).
- **Μοχλοβραχίονας:** απόσταση από το υπομόχλιο μέχρι το σημείο εφαρμογής του φορτίου ή της προσπάθειας..
- **Φορτίο:** η *ασκούμενη δύναμη*. Στο ανθρώπινο σώμα, αυτό μπορεί να είναι το βάρος του αντικειμένου που κρατάμε, καθώς και το βάρος του ίδιου του άκρου.
- **Προσπάθεια:** η *δύναμη αντίστασης*. Στο ανθρώπινο σώμα, αυτή είναι η δύναμη που παράγει το μυοσκελετικό σύστημα για να προκαλέσει κίνηση ενάντια στο φορτίο και/ή να σταθεροποιήσει μια άρθρωση.

Τάξεις μοχλών στο ανθρώπινο σώμα

Η κατηγορία του μοχλού καθορίζεται από τη σχετική θέση του φορτίου ή της ασκούμενης δύναμης, το υπομόχλιο και τη δύναμη της προσπάθειας, όπως φαίνεται στην Εικόνα 7.3.



ΕΙΚΟΝΑ 7.2 Στοιχεία ενός συστήματος μοχλού όπως εμφανίζονται στο ανθρώπινο σώμα

- Σε ένα μοχλό πρώτης κατηγορίας, το φορτίο και η προσπάθεια βρίσκονται σε αντίθετα άκρα και το υπομόχλιο βρίσκεται στο κέντρο, για παράδειγμα, όπως συμβαίνει στην παιδική τραμπάλα, όπου η εφαρμογή της προσπάθειας αναγκάζει το φορτίο να μετακινηθεί προς την αντίθετη κατεύθυνση.
 - Ένα παράδειγμα στον άνθρωπο είναι το κρανίο
- Σε ένα μοχλό δεύτερης κατηγορίας, το υπομόχλιο και η προσπάθεια βρίσκονται σε αντίθετα άκρα και το φορτίο βρίσκεται στο κέντρο, για παράδειγμα, ένα καρότσι. Όταν εφαρμόζεται η προσπάθεια, το φορτίο κινείται προς την ίδια κατεύθυνση.
 - Ένα παράδειγμα στον άνθρωπο είναι η ποδοκνημική
- Σε ένα μοχλό τρίτης κατηγορίας, το υπομόχλιο και το φορτίο βρίσκονται σε αντίθετα άκρα και η προσπάθεια βρίσκεται στο κέντρο, για παράδειγμα, όπως συμβαίνει με ένα τσιμπιδάκι. Όταν εφαρμόζεται η προσπάθεια, το φορτίο κινείται προς την ίδια κατεύθυνση.
 - Ένα παράδειγμα στον άνθρωπο είναι το λυγισμένο χέρι στην άρθρωση του αγκώνα.

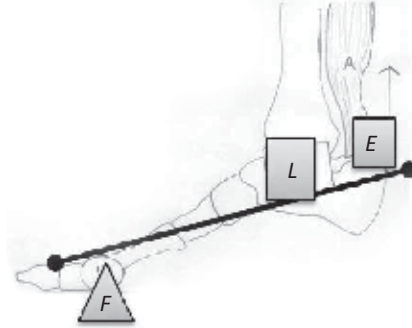
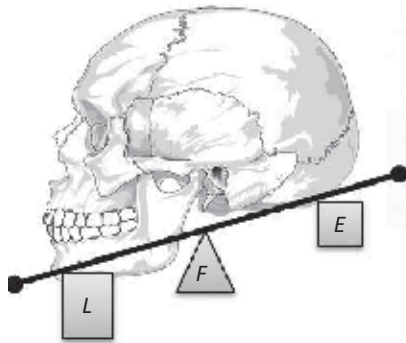
Η εμβιομηχανική έγινε απλή

Τα εμβιομηχανικά φορτία ή οι τάσεις στο σώμα δεν καθορίζονται αποκλειστικά από το μέγεθος του βάρους ή του εφαρμοζόμενου φορτίου. Τη μυϊκή προσπάθεια που απαιτείται από το σώμα καθορίζουν η θέση του βάρους σε σχέση με το υπομόχλιο (ή το σημείο περιστροφής της άρθρωσης) και η κατεύθυνση της δύναμης. Για παράδειγμα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 7.4, το κράτημα ενός αλτήρα 40 lb δεν σημαίνει ότι στον αγκώνα ασκείται δύναμη 40 lb ούτε ότι ο δικέφαλος

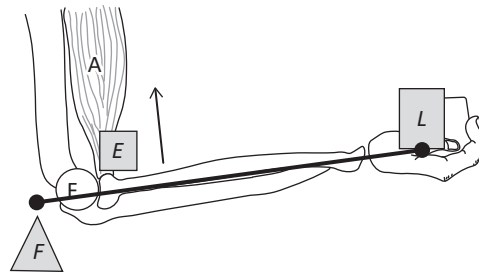
Μοχλός πρώτης κατηγορίας



Μοχλός δεύτερης κατηγορίας



Μοχλός τρίτης κατηγορίας



ΕΙΚΟΝΑ 7.3 Η σχέση μεταξύ απλών μοχλών και ανθρώπινου σώματος κατά τη στατική φόρτιση

ανταποκρίνεται με δύναμη 40 lb. Ωστόσο, δημιουργεί μια τάση στο σύστημα να περιστρέφεται και αυτές οι περιστροφικές δυνάμεις ονομάζονται ροπές.

Ας δούμε τη ροπή

Η ροπή, το μέτρο της τάσης μιας δύναμης να προκαλεί ένα σώμα να περιστρέφεται γύρω από

ένα συγκεκριμένο σημείο, δηλαδή η *περιστροφική δύναμη*, είναι μια διανυσματική ποσότητα που έχει κατεύθυνση και μέγεθος. Ως ροπή ορίζεται το γινόμενο της ασκούμενης δύναμης και της κάθετης απόστασης (μοχλοβραχίονας) μέσω της οποίας ασκείται η δύναμη. Η κάθετη απόσταση ανάμεσα στο υπομόχλιο και την προσπάθεια είναι ο μοχλοβραχίονας της μυϊκής προσπάθειας. Η κάθετη απόσταση ανάμεσα στο υπομόχλιο και το φορτίο είναι ο μοχλοβραχίονας του φορτίου.

Οι ροπές εκφράζονται συνήθως σε Newton-meters (Nm). Ένα Newton είναι μια μονάδα δύναμης που λαμβάνει υπόψη τη μάζα. Ένα Newton είναι ίσο με 0,225 lb. Η ροπή μπορεί επίσης να εκφραστεί ως in.-lb ή ft.-lb.

Ενώ αυτή η μέθοδος είναι απλοϊκή, η συνολική σχέση των δυνάμεων που δρουν στο σώμα και της αντίδρασής του είναι πιο πολύπλοκη. Για τους σκοπούς αυτού του κεφαλαίου, μια ροπή ή δύναμη περιστροφής είναι το γινόμενο του βάρους και της απόστασης.

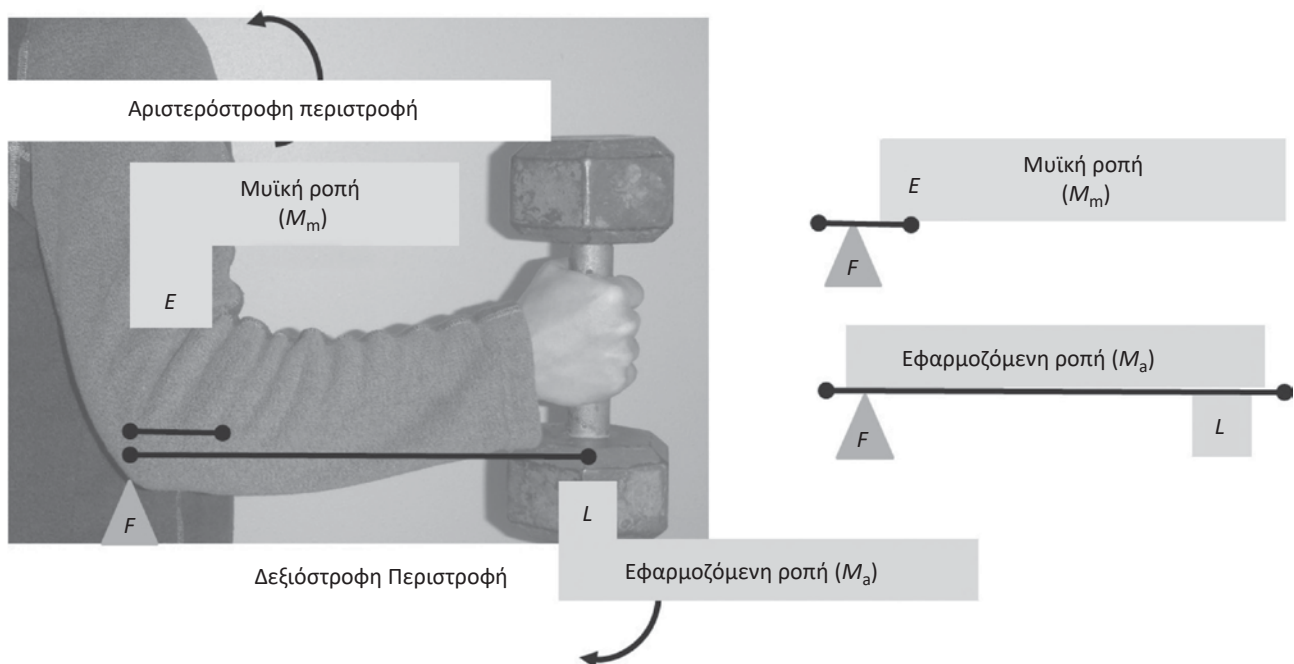
$$\text{Ροπή} = \text{Βάρος} \times \text{Απόσταση}$$

(A) *Απόσταση* (ή βραχίονας ροπής ή μοχλοβραχίονας) ορίζεται ως η μέτρηση από το σημείο περιστροφής κάθετα προς την κατεύθυνση του εφαρμοζόμενου βάρους ή φορτίου. Στην Εικόνα 7.5, η απόσταση από τον αγκώνα μέχρι το αντικείμενο που κρατιέται στο χέρι, ορίζει τον μοχλοβραχίονα της εφαρμοζόμενης δύναμης. Η απόσταση εκφράζεται σε ίντσες (in.).

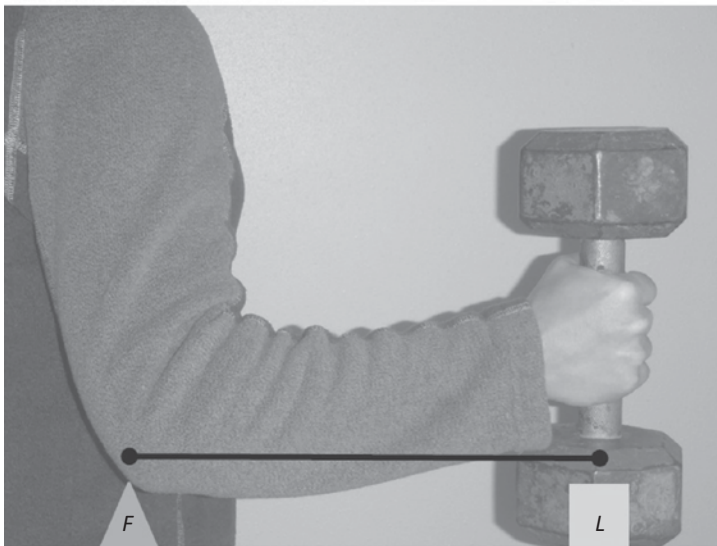
(B) Το *βάρος* είναι η δύναμη που παράγεται από την έλξη της βαρύτητας της Γης, στη μάζα ενός αντικειμένου. Το βάρος εκφράζεται σε λίβρες-δύναμη σε αντίθεση με τις λίβρες που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της μάζας. Στο παράδειγμα της Εικόνας 7.5, ο βραχίονας λειτουργεί ως μοχλός τρίτης κατηγορίας, με το σημείο περιστροφής ή το υπομόχλιο να βρίσκεται στον αγκώνα.

Κρατώντας ένα βάρος στο χέρι δημιουργείται μια ροπή γύρω από τον αγκώνα, τείνοντας να τον εκτείνει. Οι μύες που εκτείνονται (καμπτήρες του αγκώνα) δημιουργούν την αντίθετη ροπή με τη συστολή τους, έτσι ώστε ο αγκώνας να μπορεί να υποστηρίξει το βάρος. Όσο μεγαλύτερο είναι το βάρος που κρατάμε, τόσο μεγαλύτερη είναι η ροπή στον αγκώνα.

$$M = B \times A$$



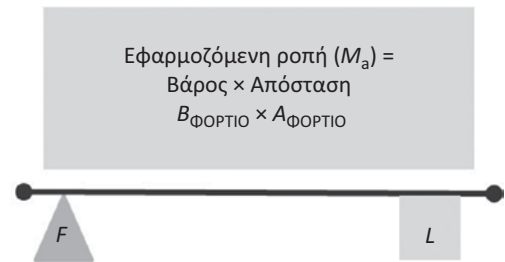
ΕΙΚΟΝΑ 7.4 Όταν κρατάμε ένα βάρος 40 lb παράγεται 480 in.-lb περιστροφικής δύναμης δεξιόστροφα στον αγκώνα, δηλαδή ροπής. Το σώμα πρέπει να αντιδράσει με αριστερόστροφη στην προσπάθεια μέσω της μυϊκής συστολής.



Απόσταση = 12 in.

Βάρος = 40 lb

ΕΙΚΟΝΑ 7.5 Ροπή (ή δύναμη) = βάρος × απόσταση



$$M_a = B_{\text{ΦΟΡΤΙΟ}} \times A_{\text{ΦΟΡΤΙΟ}}$$

$$\text{Απόσταση} = 12 \text{ in.}$$

$$M_a = 40 \text{ lb} \times 12 \text{ in.}$$

$$M_a = 480 \text{ in. lb}$$

Το κράτημα ενός αντικειμένου βάρους 40 lb στο χέρι παράγει μια περιστροφική δύναμη 480 lb (40 lb × 12 in.) στον αγκώνα (Εικόνα 7.5). Η περιστροφική δύναμη που δημιουργείται από την προσπάθεια, πρέπει να είναι ίση σε μέγεθος με 480 in.-lb για να σταματήσει η περιστροφή, αλλά και να εφαρμόζεται στην αντίθετη ή αριστερόστροφη κατεύθυνση (Εικόνα 7.6).

Αυτή η ροπή 480 in.-lb που δημιουργείται από το φορτίο έχει ως αποτέλεσμα ο μυς να αντιδράσει με 960 lb προσπάθειας (Εικόνα 7.7). Όπως συμπεραίνεται σε αυτό το παράδειγμα, όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση μεταξύ του φορτίου και του σημείου περιστροφής, τόσο μεγαλύτερη είναι η παραγόμενη περιστροφική δύναμη ή ροπή. Όταν σηκώνετε ένα αντικείμενο, το σημείο περιστροφής βρίσκεται στον κορμό, γύρω από τους σπονδύλους O5/I1. Ο μοχλοβραχίονας ή η απόσταση μετράται από τους σπονδύλους O5/I1 μέχρι το αντικείμενο που βρίσκεται στα χέρια, βλ. Εικόνα 7.8.

Αν **ροπή** περιστροφικής δύναμης = **βάρος × απόσταση**, πόση περιστροφική δύναμη δημιουργείται στη σπονδυλική μονάδα O5/I1 όταν σηκώνεται το βάρος των 40 lb;

Εξαρτάται από την απόσταση του φορτίου και του σημείου περιστροφής!

- Κρατώντας 40 lb, 20 in. από το O5/I1, έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή 800 in. lb περιστροφικής δύναμης.
- Κρατώντας 40 lb, 15 in. από το O5/I1, έχει ως αποτέλεσμα 600 in. lb την παραγωγή περιστροφικής δύναμης.
- Κρατώντας 40 lb, 10 in. από το O5/I1, έχει ως αποτέλεσμα 400 in. lb την παραγωγή περιστροφικής δύναμης.

Σαφώς, αποδεικνύεται μια πρακτική εφαρμογή για την κατανόηση των δυνάμεων στο σώμα. Η μείωση της απόστασης από το φορτίο μέχρι το σημείο περιστροφής μειώνει τις ασκούμενες δυνάμεις περιστροφής στη σπονδυλική στήλη. Με άλλα λόγια, κατά την ανύψωση, το φορτίο πρέπει να συγκρατείται όσο το δυνατόν πιο κοντά στο σώμα.

Αυτό σημαίνει ότι οι μύες πρέπει να παράγουν δύναμη ίση με 960 lb για να αντισταθμίσουν τη ροπή των 480 lb που απαιτείται για τη σταθεροποίηση της άρθρωσης. Με άλλα λόγια, το εμβιομηχανικό πλεονέκτημα έχει το φορτίο και όχι ο μυς.