

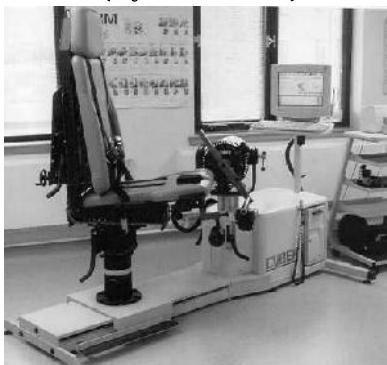
Ισοκινητική δυναμομετρία και αποκατάσταση

Dr. Γεροδήμος Βασίλειος
Επίκουρος καθηγητής ΤΕΦΑΑ-ΠΘ
email: bgerom@pe.uth.gr, webpage: www.vgerodimos.gr

Ισοκινητική μέθοδος αξιολόγησης

- Η ισοκινητική μέθοδος αξιολόγησης χρησιμοποιείται από πολλούς επιστήμονες για τη μέτρηση της μυϊκής απόδοσης (δύναμη).
- Με βάση την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων από την ισοκινητική δοκιμασία καθοδηγείται η προπονητική διαδικασία με στόχο τόσο την αποφυγή ή αποκατάσταση τραυματισμών όσο και την αύξηση της απόδοσης-επίδοσης.
- Επίσης τα αποτελέσματα της ισοκινητικής αξιολόγησης χρησιμοποιούνται συχνά για την πρόβλεψη της απόδοσης σε διάφορες αγωνιστικές δραστηριότητες.

Ισοκινητικό δυναμόμετρο (Cybex NORM)



Αξιοπιστία

- Διερεύνηση σε σχέση με: τις επαναλήψεις, το διάλειμμα και τις γωνιακές ταχύτητες που χρησιμοποιήθηκαν, τη διαφορετική μυϊκή ενεργοποίηση και τη μυϊκή ομάδα που αξιολογήθηκε καθώς και τη θέση τοποθέτησης, την ηλικία, το φύλο και το διαφορετικό άθλημα των εξεταζομένων.
- Συνολικά φαίνεται ότι οι περισσότεροι επιστήμονες συμφωνούν ότι η ισοκίνηση είναι μια αξιόπιστη μέθοδος αξιολόγησης της μυϊκής δύναμης με πολλά πλεονεκτήματα έναντι των άλλων μεθόδων αξιολόγησης της δύναμης (Baltzopoulos & Brodie, 1989· Kellis et al., 1999· Perrin, 1993).
- Σύμφωνα με τις μελέτες η ομόκεντρη ισοκινητική αξιολόγηση είναι πιο αξιόπιστη από την έκκεντρη (Baltzopoulos & Brodie, 1989· Kellis et al., 1999), η αξιολόγηση σε αργές γωνιακές ταχύτητες είναι πιο αξιόπιστη από αυτή στις γρήγορες (Kellis et al., 1999· Montgomery et al., 1989).

Αξιοπιστία (έφηβοι ποδοσφαιριστές)

Variable	r	Preferred leg 95% limits (Nm)		r	Non-preferred leg 95% limits (Nm)	
		Lower	Upper		Lower	Upper
Con KE 60° · s ⁻¹	0.98	-1.69	7.23	0.93	-4.52	4.98
Con KE 120° · s ⁻¹	0.96	-0.57	4.73	0.96	-2.40	3.94
Con KE 180° · s ⁻¹	0.89	-1.50	2.27	0.94	-4.96	2.50
Con KF 60° · s ⁻¹	0.90	-6.08	1.47	0.95	-4.64	0.13
Con KF 120° · s ⁻¹	0.88	-6.09	1.48	0.86	-8.04	1.65
Con KF 180° · s ⁻¹	0.89	-6.58	0.42	0.81	-8.12	0.50
Ecc KE 60° · s ⁻¹	0.92	-0.60	11.06	0.82	-0.90	18.44
Ecc KE 120° · s ⁻¹	0.88	-3.43	13.12	0.76	-6.08	1.47
Ecc KE 180° · s ⁻¹	0.80	-2.44	15.21	0.81	-0.81	16.27
Ecc KF 60° · s ⁻¹	0.85	-7.18	2.87	0.79	-1.54	11.70
Ecc KF 120° · s ⁻¹	0.71	-2.59	10.74	0.79	-2.93	9.70
Ecc KF 180° · s ⁻¹	0.76	-4.21	8.67	0.86	-1.59	8.21

Kellis, Kellis, Gerodimos, Manou. (1999). *Pediatr Exerc Sci*, 11(3), 218-228.

Εγκυρότητα

Η ισοκινητική μέθοδος αξιολόγησης θεωρείται μια έγκυρη μέθοδος που μετρά τη δύναμη των μυών και τη λειτουργία των αρθρώσεων σε διάφορες συνθήκες.

Ροπή (μέγιστη και μέση) (peak and average torque)

- Κατά την ισοκινητική αξιολόγηση μιας μυϊκής ομάδας υπάρχει η δυνατότητα μέτρησης τόσο της μέγιστης ισοκινητικής ροπής δύναμης δηλαδή της μεγαλύτερης τιμής δύναμης που θα παραχθεί στο εύρος της κίνησης που εξετάζεται όσο και του μέσου όρου της ισοκινητικής ροπής δύναμης που θα παραχθεί στο σύνολο του εύρους κίνησης.
- Η τιμή της δύναμης που παράγεται ως αποτέλεσμα της ισοκινητικής αξιολόγησης επηρεάζεται από το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση. Παράμετροι του πρωτοκόλλου μέτρησης που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο όσον αφορά στην τιμή της δύναμης που θα παραχθεί είναι: οι επαναλήψεις, η γωνιακή ταχύτητα (επιβάρυνση), η μυϊκή ομάδα, ο τρόπος ενεργοποίησης των μυών (ομόκεντρα, έκκεντρα) κ.α.

Έργο (work) & Ισχύς (power)

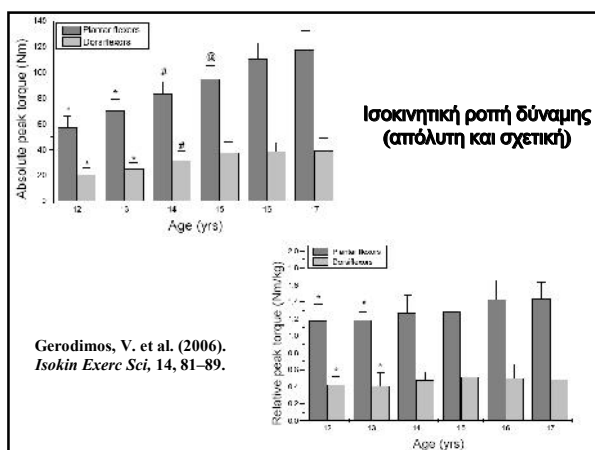
Δύο μεταβλητές που επίσης μπορούν να υπολογισθούν για μια μυϊκή ομάδα είναι το έργο και η ισχύς που παράγεται κατά τη διάρκεια μιας κίνησης.

Γωνία επίτευξης μέγιστης ροπής (angle of peak torque)

Κατά τη διάρκεια της παραγωγής δύναμης σε ένα εύρος κίνησης δίνεται η δυνατότητα να αξιολογήσουμε την ισοκινητική ροπή δύναμης σε μια συγκεκριμένη γωνία.

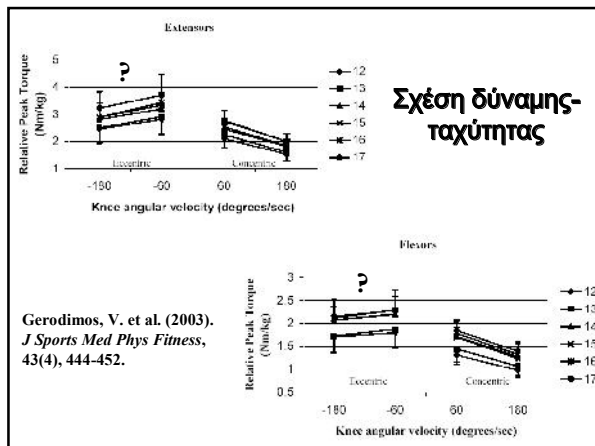
Σχετική μέγιστη ροπή δύναμης (relative isokinetic strength)

- Όταν χρησιμοποιούμε τα αποτελέσματα της ισοκινητικής αξιολόγησης για να συγκρίνουμε τις επιδόσεις σε δύναμη σε διαφορετικούς πληθυσμούς ή στο ίδιο άτομο επαναμετρώντας το μετά από ένα χρονικό διάστημα θα πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη μας τις διαφορές στη μυϊκή μάζα.
- Η μυϊκή μάζα είναι ένα μέγεθος που όπως είναι γνωστό επηρεάζει τις τιμές της μέγιστης δύναμης. Για να ελέγξουμε αυτόν τον παράγοντα όσον αφορά στη μέγιστη δύναμη παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα της αξιολόγησης τόσο σε απόλυτες όσο και σε σχετικές τιμές.
- Ο τρόπος που θα γίνει αυτή η σχετικοποίηση ποικίλει ανάλογα με τη μέθοδο που θα ακολουθήσουμε. Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες μέθοδοι σχετικοποίησης είναι: α. με το λόγο μέγιστη ροπή δύναμης / σωματικό βάρος, β. με το λόγο μέγιστη ροπή δύναμης / άλπη σωματική μάζα και γ. με την αλλομετρία (Jaric, 2002).



Σχέση δύναμης-ταχύτητας (force-velocity relationships)

- Η σχέση δύναμης - ταχύτητας είναι μια πολύ σημαντική μεταβλητή καθώς τα ισοκινητικά δυναμόμετρα μας δίνουν τη δυνατότητα να αξιολογήσουμε μια μυϊκή ομάδα σε διάφορες γωνιακές ταχύτητες (συνήθως από 1 έως 500%/s). Η σχέση δύναμης ταχύτητας διαφέρει ανάλογα με τον τρόπο που ενεργοποιείται-εξετάζεται μια μυϊκή ομάδα (ομόκεντρα ή έκκεντρα).
- Όσον αφορά στην ομόκεντρη αξιολόγηση των μυών η ισοκινητική ροπή δύναμης που παράγεται από μια μυϊκή ομάδα μειώνεται όσο αυξάνεται η γωνιακή ταχύτητα (Baltzopoulos & Brodie, 1989· Gerodimos, et al., 2003 & 2006). Αντίθετα κατά την έκκεντρη αξιολόγηση των μυών η ισοκινητική ροπή δύναμης παραμένει σταθερή ή και σε μερικές περιπτώσεις αυξάνεται με την αύξηση της γωνιακής ταχύτητας (Gerodimos, et al., 2003· Kellis & Baltzopoulos, 1995).



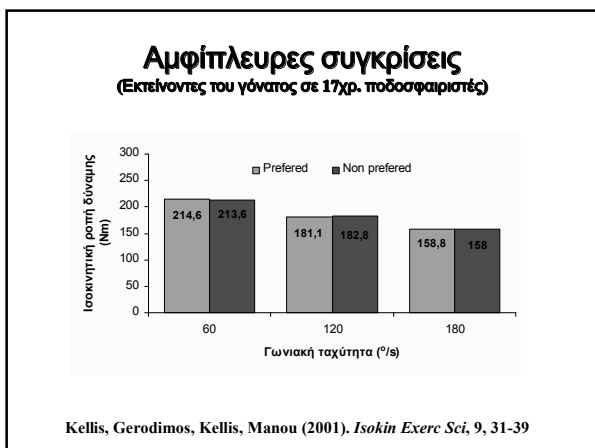
**Αμφίπλευρες συγκρίσεις
(bilateral muscle group comparisons)**

Η ισοκινητική μέθοδος αξιολόγησης μας δίνει τη δυνατότητα να πραγματοποιήσουμε αμφίπλευρες συγκρίσεις δηλαδή να εξετάσουμε τη διαφορά δύναμης που παρουσιάζουν οι ίδιες μυϊκές ομάδες στα δύο μέλη του σώματος π.χ. σύγκριση δύναμης τετρακέφαλου του δεξιού σκέλους με τον τετρακέφαλο του αριστερού.

**Αμφίπλευρες συγκρίσεις
- τραυματισμοί - αποκατάσταση I**

Είναι γενικά αποδεκτό ότι σε υγιή άτομα δεν εμφανίζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές στην ισοκινητική ροπή δύναμης μεταξύ των δύο μελών (Australian Sports Commission, 2000· Kellis et al., 2001), αν και υπάρχουν μελέτες που υποστηρίζουν το αντίθετο (Chandler et al., 1992· Costain & Williams 1984· Mohtadi et al., 1990).

Συνήθως ένα από τα δύο μέλη που εξετάζονται είναι το κυρίαρχο δηλαδή το πιο δυνατό. Μια διαφορά δύναμης μεταξύ των δύο μελών της τάξης του 10% θεωρείται φυσιολογική (Chin et al., 1994· Grace et al., 1984· Κναρικό et al., 1991· Vagenas & Hoshizaki, 1991).



Αμφίπλευρες συγκρίσεις - τραυματισμοί – αποκατάσταση II

Η διαφορά αυτή (έως 10%) συνήθως δικαιολογείται από τον τρόπο λειτουργίας των μυών σε κάποιο άθλημα με συχνότερη τη διαφορετική χρήση του ενός μέλους π.χ. τένις ή από προηγούμενο ιστορικό τραυματισμού στο ένα μέλος.

Διαφορές μεγαλύτερες του 10%, όταν αυτές δεν μπορούν να απολογηθούν, πρέπει να αντιμετωπίζονται π.χ. με ειδικά σχεδιασμένα προγράμματα ενδυνάμωσης διότι πολλοί επιστήμονες υποστηρίζουν ότι μεγάλες αμφίπλευρες διαφορές μπορεί να οδηγήσουν σε τραυματισμό.

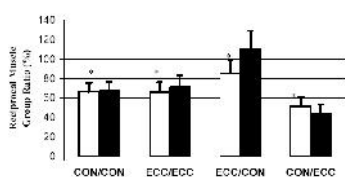
Γενικότερα οι μεγαλύτερες αμφίπλευρες διαφορές παρατηρούνται στα άνω και λιγότερο στα κάτω άκρα (Australian Sports Commission, 2000).

Αναλογίες ανταγωνιστών / αγωνιστών μυών (reciprocal muscle group ratios)

■ Ως αναλογία ανταγωνιστών / αγωνιστών μυών σε μια άρθρωση καλείται το πηλίκο της ισοκινητικής ροπής δύναμης των ανταγωνιστών προς την ισοκινητική ροπή δύναμης των αγωνιστών μυών πολλαπλασιαζόμενο επί εκατό.

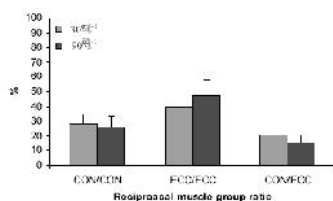
■ Ανάλογα με τον τρόπο που θα αξιολογηθεί η ισοκινητική ροπή δύναμης σε κάθε μυϊκή ομάδα (ομόκεντρα ή έκακεντρα) προκύπτουν τέσσερα είδη αναλογιών (Baltzopoulos & Kellis, 1998· Dvir, 1995· Gerodimos et al., 2003· Kellis & Baltzopoulos, 1995· Perrin, 1993): α. CON/CON, β. ECC/ECC, γ. ECC/CON και δ. CON/ECC.

Αναλογίες ανταγωνιστών / αγωνιστών μυών



Gerodimos, V. et al. (2003).
J Sports Med Phys Fitness,
43(4), 444-452.

Gerodimos, V. et al. (2006).
Isokin Exerc Sci, 14, 81-89.



Αναλογίες ανταγωνιστών / αγωνιστών μυών - τραυματισμοί - αποκατάσταση

■ Η σημαντικότητα αυτής της ισοκινητικής παραμέτρου έγκειται στη χρήση της ως δείκτη της σταθερότητας ή αστάθειας μιας άρθρωσης (Baltzopoulos & Kellis, 1998· Baltzopoulos & Brodie, 1989· Kellis & Baltzopoulos, 1995).

■ Η αστάθεια μιας άρθρωσης είναι πιθανά ένας από τους παράγοντες που ενέχονται στην πρόκληση τραυματισμών αν και πολλοί επιστήμονες αμφισβητούν ή δεν έχουν πεισθεί ακόμα για τη σχέση της παραμέτρου αυτής με τους τραυματισμούς (Australian Sports Commission, 2000).

■ Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός μελετών όπου έχουν αξιολογηθεί αναλογίες σε διάφορες αρθρώσεις τόσο σε αθλητές διαφορετικών αθλημάτων όσο και σε φυσιολογικούς και ειδικούς πληθυσμούς (Aagaard et al., 1998· Calmels et al., 1997· Gerodimos et al., 2003 & 2006· Highgenboten et al., 1988· Kellis et al., 2001).

Πλεονεκτήματα-περιορισμοί της ισοκινητικής μεθόδου αξιολόγησης

- Πλεονεκτήματα: η αξιοπιστία, η ασφάλεια του δοκιμαζόμενου κατά τη διάρκεια της μέτρησης, η δυνατότητα απομόνωσης και μέτρησης μιας μυϊκής ομάδας και, τέλος, ο έλεγχος της ταχύτητας κατά την εκτέλεση της δοκιμασίας (Baltzopoulos, 1996· Cabri, 1991· Pettit, 1993).
- Διαφορές της ισοκίνησης, όσον αφορά στον τρόπο λειτουργίας του νευρομυϊκού μηχανισμού, από τις περισσότερες αθλητικές δραστηριότητες (Baltzopoulos, 1996). Οι παραπάνω δυναμικές και κινηματικές διαφορές είναι και το σημαντικότερο μειονέκτημα της μεθόδου, που μας εμποδίζει να κάνουμε ακριβή πρόγνωση της απόδοσης (Γεροδήμος, 2002).
- Επίσης ένα επιπρόσθετο μειονέκτημα αυτής της μεθόδου αξιολόγησης είναι το υψηλό κόστος των ισοκινητικών μηχανημάτων.

Σχέση Κατακόρυφης Αλπικότητας και Ισοκινητικής Ροπής Δύναμης σε Καλαθοσφαιριστές Αναπτυξιακών Ηλικιών

Κατακόρυφη αλτικότητα	Ισοκινητική ροπή δύναμης	
	Γόνατο	Ποδοκνημική
Άλλα από ημικάθισμα (S)	.51*	.51*
Άλλα από ημικάθισμα με αντθετη κίνηση (CM)	.52*	.52*
Άλλα από ημικάθισμα με αντθετη κίνηση με ε-λευθερα χέρια (CMHE)	.55*	.53*

*p<.001

Γεροδήμος και συν. (2006). Αναζητήσεις στη Φ.Α. & τον Αθλητισμό, 4(3), 449-454.

Ασφάλεια εξεταζόμενου

Η ισοκινητική μέθοδος αξιολόγησης είναι μια από τις ασφαλέστερες μεθόδους αξιολόγησης. Κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης όλες οι συνθήκες είναι ελεγχόμενες (μυϊκή δραστηριότητα, επιβάρυνση κ.α.).

Επίσης οι κατασκευαστές των μηχανημάτων τα εφοδιάζουν με διάφορα εξαρτήματα (ιμάντες, ασφάλειες κ.α.) που διασφαλίζουν τον απόλυτο έλεγχο της κίνησης κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης.

Τέλος οι εξεταστές συμβάλουν στην ασφάλεια του εξεταζόμενου όταν: α. ακολουθούν αυστηρά τις οδηγίες των κατασκευαστών, β. γνωρίζουν το ιατρικό ιστορικό του εξεταζόμενου και γ. προετοιμάζουν κατάλληλα τον εξεταζόμενο για τη μέτρηση (εξοικείωση, προθέρμανση κ.α.).

Διαδικασία μέτρησης/περιγραφή

Ρύθμιση λειτουργίας (Calibration)

Η ρύθμιση λειτουργίας του ισοκινητικού μηχανήματος είναι μια διαδικασία που μας διασφαλίζει για την ακρίβεια των δεδομένων που παίρνουμε από το μηχάνημα.

Τα περισσότερα ισοκινητικά μηχανήματα παρέχουν τη δυνατότητα αυτόματης ρύθμισης της λειτουργίας τους, όταν αυτό ζητηθεί από τον εξεταστή.

Οι περισσότεροι κατασκευαστές ισοκινητικών μηχανημάτων προτείνουν, για τη διασφάλιση της ακρίβειας των μετρήσεων, μηνιαία ρύθμιση της λειτουργίας των μηχανημάτων (Australian Sports Commission, 2000).

Οδηγίες (Instructions)

Όπως σε όλες τις δοκιμασίες έτσι και στην ισοκινητική θα πρέπει να δοθούν στους εξεταζόμενους σύντομες και απλές οδηγίες οι οποίες θα πρέπει να επικεντρωθούν ακριβώς στο τι πρέπει να κάνουν κατά τη δοκιμασία.

Εξηγήσεις που αφορούν γενικότερα στην ισοκινητική μέθοδο αξιολόγησης π.χ. ποιες παραμέτρους αξιολογεί κ.α. δεν θεωρούνται απαραίτητες πριν και κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας και μπορεί να μπερδέψουν τον εξεταζόμενο (Australian Sports Commission, 2000).

Αμέσως πριν την έναρξη της αξιολόγησης η οδηγία που συνήθως δίνεται στον εξεταζόμενο είναι «να ωθήσει και να τραβήξει όσο πιο δυνατά και γρήγορα μπορεί σε όλο το εύρος της κίνησης».

Εξοικείωση (familiarization)

Ο ισοκινητικός τρόπος αξιολόγησης είναι μια πρωτόγνωρη αίσθηση για τον εξεταζόμενο με την οποία δεν είναι εξοικειωμένος. Η μη εξοικείωση, με τη μέθοδο αξιολόγησης, μπορεί να δημιουργήσει στον εξεταζόμενο άγχος και παρανόηση της διαδικασίας αξιολόγησης γεγονός που θα την κάνει αναξιόπιστη (Brown, 2000; Pettine, 1993).

Η έικκεντρη αξιολόγηση είναι μια δυσκολότερη, συγκριτικά με την ομόκεντρη, διαδικασία και θα πρέπει να δοθεί μεγαλύτερη έμφαση.

Γενικότερα η διαδικασία εξοικείωσης του εξεταζόμενου εντάσσεται στην ειδική προθέρμανση πριν την αξιολόγηση. Τέλος ο εξεταστής ξεκινά την αξιολόγηση μόνο αν πιστεύει ότι ο δοκιμαζόμενος κατανόησε και εξοικειώθηκε με τη δοκιμασία.

Τοποθέτηση (body position) και σταθεροποίηση (stabilization)

Πολύ σημαντικό ρόλο για την αξιοπιστία μιας ισοκινητικής δοκιμασίας διαδραματίζουν η τοποθέτηση και σταθεροποίηση του απόμου που θα αξιολογηθεί στο ισοκινητικό δυναμόμετρο.

Είναι πολύ σημαντικό για την αξιοπιστία της μέτρησης να αποκλειστεί οποιαδήποτε κίνηση άλλης άρθρωσης από αυτήν που αξιολογείται.

Τα ισοκινητικά δυναμόμετρα παρέχουν τη δυνατότητα, με διάφορα εξαρτήματα που διαθέτουν (ζώνες κ.α.), σταθεροποίησης του απόμου που θα αξιολογηθεί.



Ισοκινητική αξιολόγηση
γόνατος
(καμπτήρες-εκτεινόντες)

Γεροδήμος (2002). Διδακτορική διατριβή,
ΤΕΦΑΑ-ΑΠΘ

Ισοκινητική αξιολόγηση γόνατος
(καμπτήρες-εκτεινόντες)



Εργαστήριο Αθλητικής Απόδοσης και Υγείας, ΤΕΦΑΑ-ΑΠΘ

Ισοκινητική αξιολόγηση ισχίου
(καμπτήρες-εκτεινόντες)



Εργαστήριο Αθλητικής Απόδοσης και Υγείας, ΤΕΦΑΑ-ΑΠΘ

Ισοκινητική αξιολόγηση
ποδοκνημικής
(καμπτήρες-εκτεινόντες)



Γεροδήμος (2002). Διδακτορική διατριβή,
ΤΕΦΑΑ-ΑΠΘ

Ισοκινητική αξιολόγηση ποδοκνημικής (καμπτήρες-εκτεινόντες)



Γεροδήμος (2002). Διδακτορική διατριβή, ΤΕΦΑΑ-ΑΠΘ

Ισοκινητική αξιολόγηση ποδοκνημικής (έξω στροφή)



Εργαστήριο Αθλητικής Απόδοσης και Υγείας, ΤΕΦΑΑ-ΑΠΘ

Ισοκινητική αξιολόγηση ποδοκνημικής (έσω στροφή)



Εργαστήριο Αθλητικής Απόδοσης και Υγείας, ΤΕΦΑΑ-ΑΠΘ

Διόρθωση βαρύτητας (gravity correction)

Όταν η διαδικασία αξιολόγησης ενός μέλους-άρθρωσης επηρεάζεται από το φαινόμενο της βαρύτητας π.χ. αξιολόγηση εκτεινόντων και καμπτήρων μυών του γόνατος, θα πρέπει να ακολουθείται μια διαδικασία ελέγχου και διόρθωσής της (Australian Sports Commission, 2000· De Ste Croix, 2003).

Η διόρθωση της βαρύτητας είναι μια διαδικασία απαραίτητη για την αξιόπιστη μέτρηση της δύναμης.

Τα σύγχρονα δυναμόμετρα έχουν τη δυνατότητα της αυτόματης διόρθωσης της βαρύτητας αν και κάποιοι μελετητές έχουν προτείνει και άλλους τρόπους διόρθωσης της βαρύτητας (με χρήση ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών) που παρουσιάζουν αρκετά πλεονεκτήματα ιδίως σε εξεταζόμενους αναπτυξιακών ηλικιών (Kellis & Baltzopoulos, 1996).

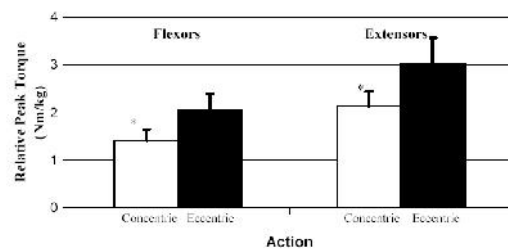
Μυϊκή ενεργοποίηση (muscle action)

Από τις μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί γνωρίζουμε ότι η έκκεντρη δύναμη μιας μυϊκής ομάδας είναι μεγαλύτερη από την ομόκεντρη (Gerodimos et al., 2003 & 2006· Kellis et al., 2001).

Οι μυϊκές ομάδες ενεργοποιούνται τόσο στις αθλητικές όσο και στις καθημερινές δραστηριότητες ομόκεντρα και έκκεντρα. Έτσι για να αποκτήσουμε μια ολοκληρωμένη εικόνα της δύναμης μιας μυϊκής ομάδας και του τρόπου που αυτή αναπτύσσεται θα πρέπει να την αξιολογούμε τόσο ομόκεντρα όσο και έκκεντρα.

Όταν το πρωτόκολλο ισοκινητικής αξιολόγησης περιλαμβάνει ομόκεντρα και έκκεντρα δοκιμασία τότε συνήθως η ομόκεντρα προηγείται της έκκεντρης (Australian Sports Commission, 2000).

Μυϊκή ενεργοποίηση (muscle action)



Gerodimos, V. et al. (2003). *J Sports Med Phys Fitness*, 43(4), 444-452.

Προθέρμανση (warm up)

Η προετοιμασία του εξεταζόμενου πριν την αξιολόγηση περιλαμβάνει γενική και ειδική προθέρμανση.

Η γενική προθέρμανση συνίσταται σε ελαφρύ (χαλαρό) τρέξιμο ή ποδηλάτηση και διατάσεις στις μυϊκές ομάδες που θα εξεταστούν (Australian Sports Commission, 2000· Brown, 2000).

Η ειδική προθέρμανση γίνεται στο ισοκινητικό δυναμόμετρο και συνήθως περιλαμβάνει 3-5 υπομέγιστες και 1-3 μέγιστες προσπάθειες σε κάθε γωνιακή ταχύτητα που θα εξεταστεί (De Ste Croix, 2003· Perrine, 1993).

Πρωτόκολλα αξιολόγησης (test protocols)

Ταχύτητα αξιολόγησης (test velocity)

Τα ισοκινητικά δυναμόμετρα μας δίνουν τη δυνατότητα να αξιολογήσουμε μια μυϊκή ομάδα σε διάφορες γωνιακές ταχύτητες που κυμαίνονται συνήθως από 1 έως 500°/s ανάλογα με τον τύπο του ισοκινητικού δυναμόμετρου.

Κριτήρια επιλογής γωνιακής ταχύτητας I (το εύρος κίνησης της άρθρωσης)

Οι αρθρώσεις με μικρό εύρος κίνησης πρέπει να εξετάζονται σε μικρότερη γωνιακή ταχύτητα (Australian Sports Commission, 2000).

Ένας πρακτικός τρόπος υπολογισμού της πιο αργής ταχύτητας που μπορούμε να αξιολογήσουμε μια άρθρωση είναι να διαιρέσουμε το εύρος κίνησης της άρθρωσης δια δύο (εύρος/2= ελάχιστη γωνιακή ταχύτητα αξιολόγησης).

Κριτήρια επιλογής γωνιακής ταχύτητας II (το εύρος κίνησης της άρθρωσης)

Όσον αφορά στις γρήγορες γωνιακές ταχύτητες θα πρέπει να έχουμε υπόψη μας ότι το μέλος που εξετάζεται χρειάζεται κάποιο χρόνο επιτάχυνσης μέχρι να κινηθεί με την ταχύτητα εξέτασης. Έτσι σε πολύ υψηλές ταχύτητες το εύρος στο οποίο κινείται το μέλος με την ταχύτητα εξέτασης είναι πολύ μικρό για να μπορέσει να αναπτυχθεί η μέγιστη ισοκινητική ροπή δύναμης κάνοντας τη μέτρηση μη αξιόπιστη.

Σε αξιολογήσεις με πολύ υψηλές ταχύτητες, ιδίως όταν το εύρος κίνησης είναι μικρό, θα ήταν προτιμότερο τα δεδομένα της μέτρησης που θα αξιολογηθούν να προέρχονται από ένα συγκεκριμένο-προεπιλεγμένο εύρος της κίνησης όπου είμαστε σίγουροι ότι το μέλος που αξιολογείται έχει αναπτύξει τη γωνιακή ταχύτητα που απαιτείται (Iossifidou & Baltzopoulos, 1996).

Κριτήρια επιλογής γωνιακής ταχύτητας III (ο τρόπος δραστηριοποίησης των μυών)

Η έκκεντρη αξιολόγηση γίνεται σε μικρότερες γωνιακές ταχύτητες σε σύγκριση με την ομόκεντρη αξιολόγηση. Συνήθως η γωνιακή ταχύτητα κατά την έκκεντρη αξιολόγηση δεν ξεπερνά τις 1800°/s (Australian Sports Commission, 2000).

Κριτήρια επιλογής γωνιακής ταχύτητας IV

Συνήθως ένα πρωτόκολλο αξιολόγησης της δύναμης μιας μυϊκής ομάδας περιλαμβάνει τόσο αργές όσο και γρήγορες γωνιακές ταχύτητες.

Όταν χρησιμοποιείτε ένα τέτοιο πρωτόκολλο που περιλαμβάνει αξιολόγηση σε πολλές γωνιακές ταχύτητες τότε η αξιολόγηση στις αργές γωνιακές ταχύτητες θα πρέπει να προηγείται των γρήγορων (Australian Sports Commission, 2000· De Ste Croix, 2003· Perrine, 1993).

Αυτό βοηθά στο να κατανοήσει ο εξεταζόμενος την κίνηση και τις απαιτήσεις σε δύναμη (De Ste Croix, 2003), μειώνει την πιθανότητα τραυματισμού (De Ste Croix, 2003) και κάνει το πρωτόκολλο αξιολόγησης πιο αξιόπιστο ιδίως σε αρχάριους εξεταζόμενους (Willie et al., 1992).

Κριτήρια επιλογής γωνιακής ταχύτητας V

Αρθρωση	Κίνηση	Αργές ταχύτητες (deg/s)	Γρήγορες ταχύτητες (deg/s)
Όμιος (shoulder)	κάμψη-έκταση	≤ 120	≥ 180
	προσαγωγή-απαγωγή	≤ 120	≥ 180
	έσω-έξω στροφή	≤ 120	≥ 180
Αγκώνας (elbow)	κάμψη-έκταση	≤ 120	≥ 180
Καρπός (wrist)	πληνισμός-υππισσισμός	≤ 60	≥ 90
	κάμψη-έκταση	≤ 60	≥ 90
Ισχίο (hip)	προσαγωγή-απαγωγή	≤ 60	≥ 90
	κάμψη-έκταση	≤ 60	≥ 90
	έσω-έξω στροφή	≤ 60	≥ 90
Γόνατο (knee)	κάμψη-έκταση	≤ 60	≥ 180
	έσω-έξω στροφή	≤ 60	≥ 120
Ποδοκνημική (ankle)	πελματιαία-ροχαία κάμψη	≤ 60	≥ 120
	έσω-έξω στροφή	≤ 60	≥ 120
Κορμός (trunk)	κάμψη-έκταση	≤ 60	≥ 90

Αριθμός επαναλήψεων (number of test repetitions)

Επαναλαμβανόμενες μυϊκές συστολές απατούνται για να επιτύχει μια μυϊκή ομάδα την "πραγματική" μέγιστη της δύναμη (Perrine, 1993). Ανάλογα με τη γωνιακή ταχύτητα στην οποία γίνεται η αξιολόγηση η μέγιστη ισοκνημική ροπή δύναμης χρειάζεται 2 έως 6 επαναλήψεις για να αναπτυχθεί (Baltzopoulos & Brodie, 1989).

Οι 3 έως 5 επαναλήψεις ανά γωνιακή ταχύτητα φαίνεται να είναι ο αριθμός επαναλήψεων που χρησιμοποιείται από τους περισσότερους ειδικούς που ασχολούνται με την ισοκνημική αξιολόγηση (Australian Sports Commission, 2000· Brown, 2000· Gerodimos, et al., 2006· Gerodimos, et al., 2003· Kellis 2001· Perrine, 1993).

Διάλειμμα (rest)

Το διάλειμμα μεταξύ των διαφορετικών γωνιακών ταχυτήτων, τύπων μυϊκής δραστηριότητας, και μελών που αξιολογούνται είναι απαραίτητο για την αξιοπιστία του πρωτοκόλλου.

Ένα διάλειμμα μεταξύ 30" και 90" είναι απαραίτητο και αρκετό για την αποκατάσταση και την επαναξιολόγηση μιας μυϊκής ομάδας (Australian Sports Commission, 2000· Brown, 2000· De Ste Croix, 2003· Perrine, 1993).

Εύρος κίνησης (range of motion)

Το εύρος κίνησης από άρθρωση σε άρθρωση και ανάλογα με την κίνηση που πραγματοποιείτε διαφέρει π.χ. το ιδανικό εύρος κίνησης της άρθρωσης του γονάτου κατά την πλήρη έκταση - πλήρη κάμψη είναι περίπου 135° ενώ της ποδοκνημικής άρθρωσης το ιδανικό εύρος κίνησης κατά την πελματιαία - ραχιαία κάμψη είναι περίπου 70° (Petit, 1993).

Επίσης διαφορετικό εύρος κίνησης επιτυγχάνεται από εξεταζόμενο σε εξεταζόμενο στην ίδια άρθρωση και κίνηση λόγω ανατομικών διαφορών και διαφορών στην ευκαμψία.

Έτσι σε πρωτόκολλα μέτρησης που θα επαναληφθούν μετά από κάποιο χρονικό διάστημα στα ίδια άτομα ή πιθανόν θα χρησιμοποιηθούν για να συγκριθούν οι επιδόσεις μεταξύ διαφορετικών ατόμων θα πρέπει να ορίσουμε ένα συγκεκριμένο κοινό εύρος κίνησης με κριτήριο να μπορεί αυτό το εύρος κίνησης να επιτευχθεί από όλους τους εξεταζόμενους.

Λεκτική και Οπτική ανατροφοδότηση I (Verbal and Visual feedback)

Η ικανότητα απόδοσης ενός ατόμου κατά την ισοκινητική αξιολόγηση φαίνεται να επηρεάζεται από την ανατροφοδότηση που θα δεχθεί και από το είδος αυτής.

Τα σημερινά εξελιγμένα ισοκινητικά δυναμόμετρα δίνουν τη δυνατότητα οπτικής ανατροφοδότησης σε πραγματικό χρόνο (real time). Από διάφορες μελέτες φαίνεται ότι η οπτική ανατροφοδότηση συμβάλει στη βελτίωση της επίδοσης κατά την ισοκινητική αξιολόγηση ιδίως όταν αυτή γίνεται σε αργές γωνιακές ταχύτητες (Baltzopoulos et al., 1991· Dvir, 1995· Kellis & Baltzopoulos, 1996).

Πλέον στις περισσότερες ισοκινητικές αξιολογήσεις χρησιμοποιείται οπτική ανατροφοδότηση.

Λεκτική και Οπτική ανατροφοδότηση II (Verbal and Visual feedback)

Αντίθετα η λεκτική ενθάρρυνση του εξεταζόμενου, παρότι και αυτή επηρεάζει την απόδοσή του, δε χρησιμοποιείται τόσο όσο η οπτική ανατροφοδότηση διότι δεν είναι σταθερή και μπορεί να διαφέρει από μέτρηση σε μέτρηση (Dvir, 1995).

Επίσης πολύ σημαντικός είναι ο τόνος και η ένταση της λεκτικής ενθάρρυνσης, που μπορεί να προκαλέσει, όταν είναι πολύ επιθετική, τα αντίθετα από τα αναμενόμενα αποτελέσματα (Wilk et al., 1991).

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
“Μεταπτυχιακό πρόγραμμα ΑΣΚΗΣΗ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ”

Ισοκινητική δυναμομετρία και αποκατάσταση

Dr. Γεροδήμος Βασίλειος
Επίκουρος καθηγητής ΤΕΦΑΑ-ΠΘ
email: bgerom@pe.uth.gr, webpage: www.vgerodimos.gr

Ισοκινητική προπόνηση

Εξειδίκευση (specificity)

Οι προσαρμογές του νευρομυϊκού συστήματος και κατ' επέκταση η βελτίωση στην απόδοση συνδέονται άμεσα με τον τύπο - τρόπο προπόνησης δύναμης που πραγματοποιείται. Υπάρχει έτσι μια εξειδικευμένη σχέση προπόνησης - προσαρμογών ως προς:

- τις μυϊκές ομάδες που συμμετέχουν στην άσκηση,
- το κινητικό πρότυπο (movement pattern),
- το εύρος κίνησης των αρθρώσεων (joint ranges of movement),
- την ταχύτητα δραστηριοποίησης των μυών (velocity of contraction),
- τον τύπο μυϊκής δραστηριοποίησης (type of muscle action),
- τα ενεργειακά συστήματα που εμπλέκονται.

Σχέση ταχύτητας - Προσαρμογών στη δύναμη

Μέγιστη Δύναμη	Ισχύς / Αντοχή				Ισχύς
0%/s	90%/s	180%/s	240%/s	400%/s	

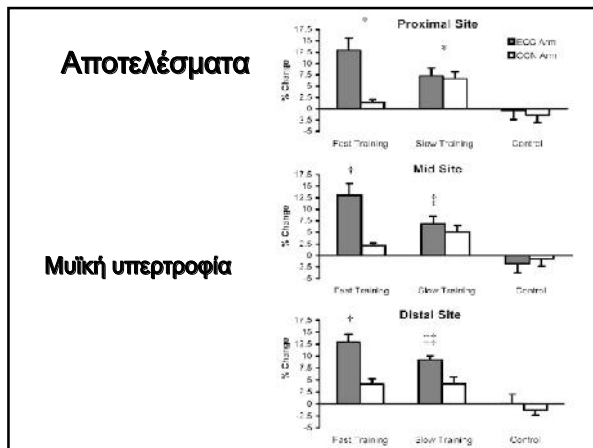
Kovaleski and Heitman. (2000). *Human Kinetics*, pp:171.

Farthing and Chilibeck (2003). The effects of eccentric and concentric training at different velocities on muscle hypertrophy. *Eur J Appl Physiol*, 89, 578-586.

■ **Άσκηση:** ομόκεντρη (1 χέρι) και έκκεντρη (1 χέρι), σε δύο ταχύτητες (30%/s και 180%/s), ισοκινητική ροπή των καμπητών μυών της άρθρωσης του αγκώνα.

■ **Πρόγραμμα:** 8 εβδομάδες

■ **Αξιολόγηση:** Ομόκεντρη και έκκεντρη ισοκινητική ροπή δύναμης και υπέρηχο (μυϊκή υπερτροφία).



Higbie et al. (1996). Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area, and neural activation. *J Appl Physiol*, 81(5), 2173-2181.

Άσκηση: ομόκεντρη (1 ομάδα) και έκκεντρη (1 ομάδα) ισοκινητική ροπή των εκτεινόντων μυών του γόνατος

Πρόγραμμα: 10 εβδομάδες με συχνότητα 3 φορές / εβδομάδα
3 σετ X 10 επαναλήψεις στις 60°/s

Αξιολόγηση: Ομόκεντρη και έκκεντρη ροπή δύναμης και εγκάρσια διατομή του μυ (μυϊκή υπερτροφία), νευρική ενεργοποίηση.

Αποτελέσματα

Group	Pretest	Posttest	Mean Change	Mean % Change
<i>ECC Test Mode</i>				
CTG	97.7 ± 23.5	110.2 ± 30.2	12.5*	12.3
ETC	93.9 ± 16.7	127.0 ± 22.0	34.0**	36.2
CG	104.6 ± 24.3	102.3 ± 26.2	-1.8	-1.7
<i>CON Test Mode</i>				
CTG	78.4 ± 18.5	92.8 ± 23.4	14.4*†	18.4
ETC	79.5 ± 11.7	84.0 ± 13.8	5.4	6.8
CG	81.7 ± 10.2	85.1 ± 18.8	3.8	4.7
CSA				
Group	Pretest	Posttest	Mean Change	Mean % Change
CTG	295.1 ± 52.0	310.3 ± 56.2	15.0*	5.0
ETC	300.8 ± 41.3	320.7 ± 43.7	19.9**	6.6
CG	323.7 ± 52.8	320.9 ± 53.0	-2.8	-0.9
EMG activity				
Group	Pretest	Posttest	Mean Change	Mean % Change
<i>ECC Test Mode</i>				
CTG	2.0 ± 0.5	2.4 ± 0.8	0.4*	20.0
ETC	2.4 ± 0.3	2.8 ± 0.7	0.4*	15.7
CG	2.2 ± 0.8	2.0 ± 1.0	-0.2	-9.1
<i>CON Test Mode</i>				
CTG	2.3 ± 0.7	2.8 ± 1.0	0.5*	21.7
ETC	2.8 ± 0.9	3.0 ± 0.8	0.2	7.1
CG	2.5 ± 0.9	2.3 ± 1.1	-0.2	-8.0

Seger et al. (1998). The effects of eccentric and concentric training on muscle strength and morphology in humans. *Eur J Appl Physiol*, 79, 49-57.

■ **Άσκηση:** ομόκεντρη και έκκεντρη ισοκινητική ροπή των εκτεινόντων μυών της άρθρωσης του γόνατος.

■ **Πρόγραμμα:** 10 εβδομάδες με συχνότητα 3 φορές / εβδομάδα, 4 σετ X 10 επ. στις 90°/s.

■ **Αξιολόγηση:** Ομόκεντρη και έκκεντρη ισοκινητική ροπή δύναμης και μυϊκή βιοψία.

Αποτελέσματα

	ETG				CTG			
	Before		After		Before		After	
	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM
Φίλες συστολές (%)								
Type I	45	3.8	48	5.2	54	4.2	57	5.4
Type IIa	41	3.7	37	3.0*	33	3.2	31	4.3
Type IIb	15	2.5	15	4.0	13	1.7	13	2.4
Χυδαίωση (cm ²)								
Type I	5585	786	6187	439	6595	525	5672	691
Type IIa	7335	445	7940	574	5792	371	5803	555
Type IIb	6658	656	6984	557	5355	628	5904	583
Relative area (%)								
Type I	40	2.7	44	2.3	49	3.6	55	3.2
Type IIa	47	3.4	46	2.2*	37	3.1	35	4.0
Type IIb	15	2.5	16	2.9	14	1.4	11	2.0

Ισοκινητική προπόνηση και νευρικές προσαρμογές

Η ισοκινητική προπόνηση, με συνδυασμό διαφόρων ταχυτήτων, φαίνεται πως ενεργοποιεί τόσο τις μυϊκές ίνες ταχείας συστολής (type I, fast twitch) όσο και αυτές βραδείας συστολής (type II, slow twitch) (Costill et al. 1979, Coyle et al. 1981, Komi, 1979, Kovalski et al. 1988).

Η βιβλιογραφία φαίνεται να υποστηρίζει περισσότερο την ταυτόχρονη ενεργοποίηση και των δύο τύπων μυϊκών ινών από την επιλεγμένη ενεργοποίηση των γρήγορων ή αργών μυϊκών ινών ανάλογα με τις ταχύτητες στις οποίες γίνεται η ισοκινητική προπόνηση.

Άρα φαίνεται ότι ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για να επιτύχουμε νευρικές προσαρμογές είναι η άσκηση να γίνεται σε μια ποικιλία ταχυτήτων.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
“Μεταπτυχιακό πρόγραμμα ΑΣΚΗΣΗ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ”

Ισοκινητική δυναμομετρία και αποκατάσταση

Dr. Γεροδήμος Βασίλειος
Επίκουρος καθηγητής ΤΕΦΑΑ-ΠΘ
email: bgerom@pe.uth.gr, webpage: www.vgerodimos.gr