

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2



ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΙΝΗΣΙΟΛΟΓΙΑΣ

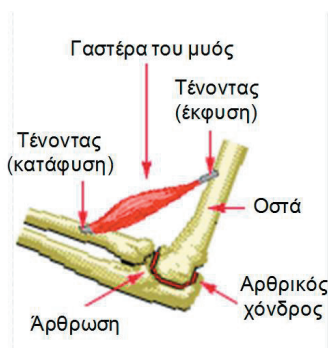
Κινησιολογία

Ο όρος κινησιολογία, μέρος της οποίας αποτελεί η βιομηχανική, χρησιμοποιήθηκε αρχικά στα τέλη του 19^{ου} αιώνα και έγινε δημοφιλής κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα. Οι ρίζες της αφορούν στη μελέτη της κίνησης γενικά, αλλά στις σημερινή εποχή η χρήση του όρου αναφέρεται στη μελέτη της ανθρώπινης κίνησης, συνδυάζοντας τις γνώσεις της εφαρμοσμένης (λειτουργικής) ανατομικής με τις αρχές της μηχανικής και της φυσιολογίας. Η βιο-μηχανική αφορά στη μελέτη των δυνάμεων και στην επίδρασή τους στα λειτουργικά συστήματα του ανθρώπου, ενώ η αθλητική βιο-μηχανική μελετά αυτές τις δυνάμεις και τις επιδράσεις τους κατά την άσκηση και τον αθλητισμό.

Πολλοί από τους όρους που χρησιμοποιούνται στην κινησιολογία και στη μηχανική είναι δανεικοί από την ανατομία, στο πλαίσιο της οποίας έχει αναπτυχθεί ένα σύστημα για την περιγραφή διάφορων θέσεων του σώματος και οι σχετικές κινήσεις των επιμέρους μελών και μερών του. Η στοιχειώδης γνώση των προπονητών σχετικά με το μυοσκελετικό σύστημα και τη λειτουργία του, είναι αναγκαία για τη δόμηση ενός αποτελεσματικού προγράμματος προπόνησης.

Η μυοσκελετική λειτουργία

Το σώμα του ανθρώπου είναι δομημένο γύρω από ένα σκελετό από οστά. Όταν δύο ή περισσότερα οστά συναντώνται, σχηματίζουν μια άρθρωση, η οποία σταθεροποιείται από ανθεκτικές ταινίες συνδετικού ιστού (Σχήμα 2.1). Ο σκελετός καλύπτεται από περισσότερους από 600 διαφορετικούς μυς που αντιπροσωπεύουν το 30-35% και 42-47% της συνολικής σωματικής μάζας σε γυναίκες και άνδρες, αντίστοιχα (McComas 1996, Tortora και Grabowski 1996). Οι σκελετικοί μυς αποελούνται από



Σχήμα 2.1. Η κατ' αγκώνα άρθρωση. Αντιπροσωπευτική παράσταση της διάταξης των ιστών του μυοσκελετικού συστήματος.

70% νερό, 22% πρωτεΐνες και το υπόλοιπο από λιπίδια και ανόργανα άλατα (Wolfe 1982). Το ποσοστό της μυϊκής μάζας στο σύνολο της μάζας του σώματος μπορεί να αυξηθεί με την άσκηση και να μειωθεί με την απραξία (Riley 1982). Τα δύο άκρα κάθε μυ καταλήγουν στους τένοντες, που συνδέουν τους μυς με τα οστά. Ο τένοντας που βρίσκεται πιο κοντά στο σώμα ή το κεφάλι καλείται έκφυση και προσδιορίζει την αφετηρία του μυός, ενώ ο τένοντας που βρίσκεται στο άλλο άκρο του μυός καλείται κατάφυση. Όταν ο μυς συστέλλεται, η τάση που αναπτύσσεται διοχετεύεται στα οστά μέσω αυτού του τενοντώδους ιστού. Όσο πιο μεγάλη είναι η ένταση τόσο πιο δυνατή είναι η έλξη στους τένοντες και στα οστά και τόσο πιο ισχυρή θα είναι η κίνηση που θα προκύψει (Brzycki 1995, Fleck και Kraemer 1997, Zatsiorsky 1995).

Το ανθρώπινο σώμα μπορεί να λαμβάνει πολλές διαφορετικές θέσεις. Η πιο συνηθισμένη στάση του σώματος ορίζεται ως ανατομική στάση και προσδιορίζεται όταν το άτομο στέκεται όρθιο, ευθυτενές, με το βλέμμα εμπρός και τα πόδια σε παράλληλη θέση με τα δάκτυλα προς τα εμπρός, τα χέρια τεντωμένα στα πλευρά κάτω από τους ώμους, με τις παλάμες προς τα εμπρός και τα δάκτυλα τεντωμένα. Η στάση αυτή είναι η σταθερή θέση αναφοράς όταν περιγράφονται θέσεις και στάσεις ή κινήσεις των επιμέρους μελών του.

Η κίνηση του σώματος

Στα οργανικά όντα η κίνηση αποτελεί το αποκλειστικό μέσο εκδήλωσης της ζωής και είναι το κυρίαρχο στοιχείο με το οποίο ο άνθρωπος δρα σε όλα τα αθλήματα και αγωνίσματα. Κατά συνέπεια, ο γυμναστής θα πρέπει πάνω απ' όλα να έχει σαφή γνώση της κίνησης όχι μόνο σαν φυσικό φαινόμενο, αλλά και σε σχέση με όλα τα επιμέρους χαρακτηριστικά και τις διάφορες μορφές έκφρασής της, καθώς επίσης και τις ιδιαιτερότητες, που υπάρχουν από άτομο σε άτομο σε σχέση με τα βιολογικά χαρακτηριστικά τους.

Στον άνθρωπο, η κίνηση μπορεί να αφορά ολόκληρο το σώμα του σαν σύνολο ή να αφορά επιμέρους σημεία του σώματός του. Όταν υπάρχει ακινησία ή κίνηση σε επιμέρους σημεία του σώματος με τρόπο ώστε το κέντρο βάρους να διατηρείται πάνω στα σημεία στήριξης, που είναι στις περισσότερες περιπτώσεις τα πόδια, τότε το σώμα σαν σύνολο βρίσκεται σε ισορροπία. Η πραγματοποίηση οποιασδήποτε μορφής μετακίνησης του ατόμου στο χώρο, που συνεπάγεται μετατόπιση ολόκληρου του σώματος, γίνεται με την έντεχνη μετατόπιση του κέντρου βάρους έξω απ' τα σημεία στήριξης (πόδια). Η εκούσια και ελεγχόμενη μετατόπιση του κέντρου βάρους έξω από τα σημεία στήριξης, επιφέρει απώλεια ισορροπίας,

αναπτύσσοντας αναπόφευκτα μια τάση (ροπή) του σώματος για πτώση προς την ίδια κατεύθυνση. Ανάλογα με την ένταση της ροπής αυτής, το άτομο, για να αποφύγει την πτώση, αναγκάζεται να περπατήσει, να τρέξει, να πηδήξει. Το ίδιο ακριβώς συμβαίνει εντελώς μηχανικά και όταν η μετατόπιση του κέντρου βάρους προκληθεί από εξωτερική δύναμη, χωρίς τη βούληση του ατόμου.

Για την πραγματοποίηση κάθε μορφής κίνησης, είναι αναγκαία η συμμετοχή των αρθρώσεων, οι οποίες μπορεί να δραστηριοποιηθούν με ποικιλία συνδυασμών. Η επιτυχία της συνδυασμένης δράσης των αρθρώσεων εξαρτάται από μια εξειδικευμένη συνεργία μυϊκών συστολών, που τελικά προσδιορίζουν την αποτελεσματικότητα οποιασδήποτε δραστηριότητας (Winhed 1984).

Η κίνηση ολόκληρου του σώματος καθώς και η κίνηση στις επιμέρους αρθρώσεις μπορεί να περιγραφούν σαν περιστροφικές κινήσεις γύρω από άξονες. Στο ανθρώπινο σώμα διακρίνουμε 3 βασικούς άξονες περιστροφής που σε θεωρητικό επίπεδο υπάρχουν και σε κάθε άρθρωση ξεχωριστά (Σχήμα 2.2). Τον *κατακόρυφο άξονα* ο οποίος διαπερνά το σώμα από την κορυφή της κεφαλής μέχρι τα πέλματα, τον *εγκάρσιο άξονα* ο οποίος διαπερνά το σώμα πλευρικά, ενώνοντας τα δύο λαγόνια οστά και τον *προσθιοπίσθιο άξονα* ο οποίος διαπερνά το σώμα από την πρόσθια επιφάνειά του μέχρι την οπίσθια, στο κέντρο περίπου της λεκάνης (McGinnis 1999, Zatsiorsky 1998, Winhed 1984).

Η πρωταρχική μορφή κίνησης εκφράζεται μέσα στο μυ, ο οποίος ανάλογα με την ένταση των ερεθισμάτων που δέχεται από το νευρικό σύστημα συστέλλεται και, μέσω του ερειστικού συστήματος και των αρθρώσεων, μεταφέρει την κίνηση στην καθημερινή πράξη. Αυτή η κίνηση του μυός εκφράζει μια δύναμη, που είναι ανάλογη με την ένταση συστολής του και είναι ευνόητο ότι, από τη δράση αυτή του μυός παράγεται έργο. Όσο πιο μεγάλη είναι η δύναμη των μυών που συνεργούν για την πραγματοποίηση της κίνησης, τόσο μεγαλύτερο είναι το έργο που παράγεται (McGinnis 1999).

Η σχέση κίνησης και δύναμης ενός μυ, καθώς και του έργου που μπορεί να παραχθεί από τη συστολή του, είναι ανάλογο με την ταχύτητα της μυϊκής συστολής (ταχυ-δυναμική σχέση) και το αρχικό μήκος του μυός (μηκο-δυναμική σχέση). Εξαρτάται ακόμη, από το είδος και τη διάταξη των μυϊκών ινών, το είδος της μυϊκής συστολής, τη μάζα του μυός, το μοχλικό σύστημα, καθώς και από την ηλικία, το φύλο και τη ψυχική ετοιμότητα του ατόμου (Κλεισούρας 1997).

Η μελέτη της κίνησης και της ακινησίας των επιμέρους μερών και μελών του σώματος, η σχέση που διαμορφώνεται μεταξύ τους και η σχέση τους με την

κινητική κατάσταση ολόκληρου του σώματος, προσδιορίζει την τεχνική του μοντέλου κινητικής ανάπτυξης που επιδιώκεται με την προπόνηση, στις διάφορες αθλητικές δραστηριότητες.

Το κέντρο βάρους

Το κέντρο βάρους είναι το σημείο γύρω από το οποίο το σώμα ισορροπεί και αντιπροσωπεύει το σημείο διασταύρωσης των τριών αξόνων (Σχήμα 2.2). Στο ανθρώπινο σώμα, το κέντρο βάρους βρίσκεται περίπου στα μέσα της απόστασης μεταξύ ομφαλού και ηβικής σύμφυσης και 3 εκατοστά μπροστά από την σπονδυλική στήλη, στο κέντρο περίπου της λεκάνης. Στα παιδιά, επειδή ο κορμός τους είναι βαρύτερος σε σύγκριση με το υπόλοιπο σώμα, το κέντρο βάρους βρίσκεται σχετικά ψηλότερα, ενώ στις γυναίκες, επειδή έχουν μικρότερο θώρακα, ελαφρότερα χέρια, στενότερους ώμους, αλλά βαρύτερη λεκάνη και μηρούς, το κέντρο βάρους, σε σύγκριση με τους άνδρες, βρίσκεται χαμηλότερα. Το κέντρο βάρους αλλάζει θέση με την εισπνοή και εκπνοή, με το φαγητό, εξ αιτίας του λίπους που συσσωρεύεται σε ορισμένα σημεία του σώματος, καθώς και από τις διάφορες θέσεις των επιμέρους μελών του σώματος. Για παράδειγμα, όταν τα χέρια ενός ατόμου από τη θέση της προσοχής έρχονται στην ανάταση, το κέντρο βάρους μετατοπίζεται προς τα επάνω κατά 3 εκατοστά περίπου (Σχήμα 2.3).

Όταν το σώμα ισορροπεί, η προβολή του κέντρου βάρους στο έδαφος βρίσκεται μέσα στη βάση (πέλματα) του αθλητή. Η σχέση αυτή του κέντρου βάρους με τα



Σχήμα 2.2. Οι άξονες του σώματος και το κέντρο βάρους.

σημεία στήριξης του σώματος είναι πολύ σημαντική, για τη μελέτη της τεχνικής των ριπτικών αγωνισμάτων σε σχέση με τους τρεις άξονες. Όταν το σώμα βρίσκεται στον αέρα, η τροχιά του κέντρου βάρους δεν μπορεί να μεταβληθεί και κάθε περιστροφή γίνεται γύρω από το κέντρο βάρους.

Η λειτουργία του νευρομυϊκού συστήματος

Το μυοσκελετικό σύστημα είναι ευαίσθητο στις αλλαγές και στα επίπεδα δυσκολίας που αφορούν στις διάφορες δραστηριότητες. Η αθλητική προπόνηση επιδρά θετικά στα οστά, στους μύες και στον συνδετικό ιστό του μυοσκελετικού συστήματος, που προσαρμόζονται συντονισμένα στο ασκησιογενές ερέθισμα. Η συνολική λειτουργία του συστήματος βασίζεται στη στενή σχέση μεταξύ του συστατού ιστού (μύες) και του στηρικτικού ιστού (οστά). Αυτές οι δομές του ανθρώπινου σώματος ορίζουν το πλαίσιο μέσω του οποίου αντιμετωπίζονται οι φορτίσεις που δημιουργούνται από την μυϊκή συστολή. Η συμμετοχή σε εντατικά προγράμματα προπόνησης, οδηγεί σε σημαντικές αλλαγές στην ικανότητα των μυών να παράγουν δύναμη και έχει ως αποτέλεσμα την συντονισμένη βελτίωση της αντοχής των ιστών που περιβάλλουν τις αρθρώσεις (μύες, οστά, σύνδεσμοι) στις εξωτερικές επιβαρύνσεις.

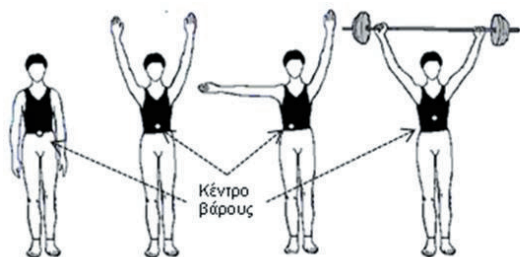
Το κεντρικό νευρικό σύστημα είναι ύψιστης σημασίας σε κάθε προσπάθεια μυοσκελετικής λειτουργίας. Το μέγεθος της δύναμης δεν καθορίζεται μόνο από την ποσότητα της μυϊκής μάζας που εμπλέκεται στη δραστηριότητα, αλλά και από την έκταση στην οποία οι μεμονωμένες ίνες ενός μυ ενεργοποιούνται εθελοντικά (ενδομυϊκή συναρμογή) και το βαθμό και τη ποιότητα της συντονισμένης δράσης πολλών μυϊκών ομάδων μαζί (διαμυϊκή συναρμογή) (Bompa και Cornacchia 1998). Οι κορυφαίοι αθλητές λόγω των καλλίτερων νευρικών προσαρμογών που έχουν αναπτύξει, μπορούν να συντονί-

σουν καλύτερα την ενεργοποίηση των μυϊκών ινών σε μεμονωμένους μυς και σε μυϊκές ομάδες, δηλαδή έχουν καλύτερη ενδομυϊκή και διαμυϊκή συναρμογή.

Στους μύες καταλήγουν δύο είδη νεύρων. Τα κινητικά νεύρα, μέσω των οποίων στέλνονται ώσεις από το κεντρικό νευρικό σύστημα στη μυϊκή ίνα και έχει ως αποτέλεσμα την μυϊκή συστολή και τα αισθητήρια νεύρα, τα οποία μεταδίδουν πληροφορίες στο κεντρικό νευρικό σύστημα για τον πόνο και τον προσανατολισμό του σώματος (Sharkey 1975, Hartman και Tunneman 1988, Tortora και Grabowski 1996). Κάθε κινητικό νεύρο που εισέρχεται σ' ένα μυ μπορεί να διεγείρει από μερικές μόνο μέχρι και χιλιάδες μυϊκές ίνες.

Η άσκηση μπορεί να αυξήσει τη μυϊκή μάζα, την ικανότητα παραγωγής δύναμης και τη μεταβολική ικανότητα. Οι αλλαγές που συμβαίνουν στις μυϊκές ίνες είναι εξειδικευμένες ως προς τις δυναμικές και μεταβολικές απαιτήσεις της συγκεκριμένης δραστηριότητας. Το εύρος των ασκησιογενών προσαρμογών που συμβαίνουν στα οστά και στο συνδετικό ιστό, σχετίζεται με τον βαθμό παραμόρφωσής τους κατά την άσκηση, δηλαδή, από την ένταση της άσκησης. Οι αλλαγές που συμβαίνουν στον συνδετικό ιστό ως αποτέλεσμα άσκησης με υψηλή ένταση, είναι η αύξηση των ινών κολλαγόνου και η ενδυνάμωσή τους μέσα από την αύξηση του αριθμού των εγκάρσιων γεφυρών εντός των ινών (Baechle και Earle 2008).

Οι σκελετικοί μύες αποτελούνται από χιλιάδες ανεξάρτητα κύτταρα (μυϊκές ίνες), οι οποίες συγκρατούνται μεταξύ τους με τη βοήθεια ενός δικτύου συνδετικού ιστού, που γίνεται συνέχεια του συνδετικού ιστού και σχηματίζει τους τένοντες. Η κύρια λειτουργία των τενόντων είναι η σύνδεση των μυών με τα οστά. Η σύνδεση αυτή, επιτρέπει στους μύες να παράγουν δύναμη και, κατ' επέκταση, κίνηση (Enoka 1988). Οι μυϊκές ίνες νευρώνονται από κινητικούς νευρώνες, οι οποίοι μεταφέρουν ένα ηλεκτροχημικό μήνυμα από το νωτιαίο μυελό στους μύες. Σε γενικές γραμμές, ένας κινητικός νευρώνας έχει πολλές διακλαδώσεις και έτσι νευρώνει πολλές διαφορετικές μυϊκές ίνες. Ο κινητικός νευρώνας και όλες οι μυϊκές ίνες τις οποίες νευρώνει ονομάζονται κινητική μονάδα, η οποία αποτελεί τη βασική λειτουργική μονάδα για την εκτέλεση της μυϊκής δραστηριότητας. Ο έλεγχος της κίνησης ενός μυός, εξαρτάται από τον αριθμό των μυϊκών ινών σε κάθε κινητική μονάδα (Fleck και Kraemer 2004). Δηλαδή, ένας μυς μπορεί να αποτελείται από διαφορετικό αριθμό κινητικών μονάδων και κάθε κινητική μονάδα από διαφορετικό αριθμό μυϊκών ινών. Οι μυϊκές ίνες μιας κινητικής μονάδας όμως, είναι πάντοτε του ίδιου τύπου (ταχείας ή βραδείας συστολής). Όταν



Σχήμα 2.3. Η μετατόπιση του κέντρου βάρους του σώματος σε διαφορετικές θέσεις και δράσεις των άνω άκρων.



Σχήμα 2.4. Το μυϊκό σύστημα του ανθρώπου.

ενεργοποιείται ένας κινητικός νευρώνας, ενεργοποιούνται ταυτόχρονα και παράγουν δύναμη όλες οι μυϊκές ίνες τις οποίες νευρώνει.

Οι μυς που χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση λεπτών κινήσεων και κινήσεων ακριβείας, όπως οι μυς των δακτύλων του χεριού, του λάρυγγα ή του ματιού, αποτελούνται από μεγάλο αριθμό κινητικών μονάδων (1500 με 3000) και κάθε κινητική μονάδα περιλαμβάνει μικρό αριθμό μυϊκών ινών (8 με 20). Αντίθετα, οι σχετικά ακατέργαστες και αδρές κινήσεις που εκτελούνται από μυς όπως ο δικέφαλος βραχιόνιος και ο γαστροκνήμιος, αποτελούνται από λιγότερες κινητικές μονάδες αλλά περιλαμβάνουν πολλές μυϊκές ίνες ανά κινητική μονάδα (περίπου 600 με 2000). Κάθε μυϊκή ίνα μπορεί να νευρώνεται μόνο από μια κινητική μονάδα και αυτό δεν μπορεί να διαφοροποιηθεί με την προπόνηση (Tortora και Grabowski 1996, Bompa και Cornacchia 1998, Σχήμα 2.5).

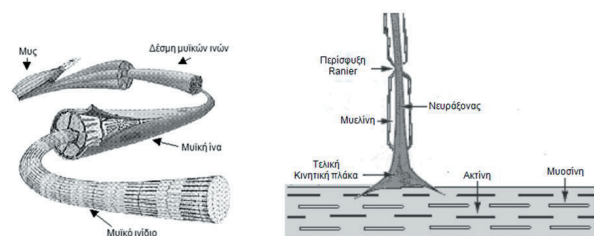
Η διέγερση των μυϊκών ινών μεταδίδεται με χημικές διεργασίες. Όλες οι μυϊκές ίνες μιας κινητικής μονάδας συστέλλονται και παράγουν δύναμη ταυτόχρονα. Πρέπει να τονιστεί ότι, δεν είναι δυνατόν η νευρική διέγερση ενός νευρώνα να προκαλέσει τη συστολή μερικών μόνο μυϊκών ινών της ίδιας κινητικής μονάδας. Δηλαδή, όταν ένα κινητικό νεύρο διεγείρεται, η ώση που στέλνεται στις μυϊκές ίνες μέσα στην ίδια κινητική μονάδα είτε διαδίδεται πλήρως ή δεν διαδίδεται καθόλου. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται νόμος του "όλον ή ουδέν" και είναι ανάλογο της εκπυρσοκρότησης ενός όπλου. Όταν εφαρμοστεί στη σκανδάλη μια συγκεκριμένη πίεση το όπλο εκπυρσοκροτεί. Ισχυρότερη πίεση της σκανδάλης δεν προκαλεί αύξηση της ταχύτητας του βλήματος.

Ο νόμος αυτός δεν έχει εφαρμογή σε ολόκληρο τον μυ, αλλά μόνο στις κινητικές μονάδες. Μολονότι όλες οι

μυϊκές ίνες μέσα σε μια κινητική μονάδα ανταποκρίνονται στη διέγερση του κινητικού νεύρου, κατά τη διάρκεια μια μυϊκής συστολής δεν δραστηριοποιούνται όλες οι κινητικές μονάδες. Για να προκληθεί συστολή των νευρούμενων μυϊκών ινών η νευρική ώση που φτάνει στη κινητική μονάδα πρέπει να είναι ενός συγκεκριμένου μεγέθους. Εάν το μέγεθος αυτό είναι σε σωστό επίπεδο, τότε όλες οι μυϊκές ίνες που συνθέτουν την κινητική μονάδα συστέλλονται, εάν όμως δεν είναι, τότε καμία από τις μυϊκές ίνες δεν υπόκειται σε συστολή (Zatsiorsky 1995).

Ο αριθμός των κινητικών μονάδων που εμπλέκονται σε μια συστολή εξαρτάται από το μέγεθος του φορτίου που επιβάλλεται στον μυ και έχει άμεση σχέση με τη δύναμη που παράγεται. Εάν το φορτίο που καλείται να υπερνικήσει ο μυς είναι ελαφρύ θα επιστρατευθεί μικρός αριθμός κινητικών μονάδων και η δύναμη συστολής θα είναι μικρή. Από την άλλη μεριά, εάν το φορτίο είναι εξαιρετικά βαρύ, τότε όλες ή σχεδόν όλες οι κινητικές μονάδες θα επιστρατευθούν με αποτέλεσμα την παραγωγή μέγιστης δύναμης. Αυτό σημαίνει ότι από τη στιγμή που οι κινητικές μονάδες ενός μυς επιστρατεύονται σε σειρά, ο μόνος τρόπος να προπονηθεί ολόκληρος ο μυς είναι να δημιουργηθεί ερέθισμα με μέγιστα φορτία επιβάρυνσης, έτσι ώστε να χρειαστεί να ενεργοποιηθούν όλες οι κινητικές μονάδες για τη μυϊκή συστολή (Bompa και Cornacchia 1998, Zatsiorsky 1995). Είναι φανερό ότι το φαινόμενο αυτό έχει τεράστια σημασία για την καθημερινή προπόνηση των αθλητών και ιδιαίτερα όταν αυτοί προετοιμάζονται για αθλήματα με έντονες απαιτήσεις παραγωγής ισχύος.

Η δύναμη που εκφράζεται από μια κινητική μονάδα εξαρτάται μεταξύ άλλων και από τον αριθμό των μυϊκών ινών που περιλαμβάνει. Οι κινητικές μονάδες με μικρό αριθμό μυϊκών ινών αναπτύσσουν σε μια συστολή μικρή



Σχήμα 2.5. Αναπαράσταση της δομής του μυός και του τελικού κλάδου του κινητικού νευρώνα που προσκολλάται στο μυ. Ο κινητικός νευρώνας, ο άξονας και όλες οι μυϊκές ίνες που συνδέονται μ' αυτόν συνιστούν μια κινητική μονάδα.

δύναμη, ενώ οι κινητικές μονάδες με μεγάλο αριθμό ινών μπορούν να αναπτύξουν μεγάλη δύναμη. Με δεδομένη τη σχετικά περιορισμένη δυνατότητα κάθε κινητικής μονάδας, η εκτέλεση μια κίνησης απαιτεί τη δραστηριοποίηση πολλών κινητικών μονάδων συγχρόνως (Hartman και Tunneman 1988).

Όσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση που πρέπει να υπερνικηθεί τόσο μεγαλύτερος ο αριθμός των κινητικών μονάδων που εμπλέκονται στην κίνηση. Κάθε κινητική μονάδα διαθέτει το ιδιαίτερο κατώφλι που θα πρέπει να επιτευχθεί για να προκύψει δραστηριοποίησή της. Μία αδύναμη νευρική ώση ενεργοποιεί μόνο τις κινητικές μονάδες που έχουν χαμηλό κατώφλι ενεργοποίησης, ενώ μια δυνατότερη νευρική ώση θα δραστηριοποιήσει επιπρόσθετα και κινητικές μονάδες με υψηλότερο κατώφλι (Bompa και Cornacchia 1998).

Η δύναμη που παράγει ένας μυς δεν εξαρτάται μόνο από τον αριθμό των κινητικών μονάδων που επιστρατεύονται κατά τη συστολή, αλλά και από τον αριθμό των μυϊκών ινών μέσα στην κινητική μονάδα. Όσο περισσότερες ίνες υπάρχουν σε μια κινητική μονάδα τόσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη που αναπτύσσεται. Ο γενετικός παράγων που προσδιορίζει τον αριθμό των μυϊκών ινών που αντιστοιχούν σε κάθε κινητικό νεύρο εξηγεί το γιατί μερικά άτομα μπορούν να αυξάνουν τη δύναμη και το μέγεθος του μυός πολύ εύκολα, ενώ άλλα θα πρέπει να προσπαθήσουν πάρα πολύ για μια μικρή βελτίωση (Brzycki 1995). Το άθροισμα των κινητικών μονάδων που επιστρατεύονται για τη πραγματοποίηση μιας μυϊκής συστολής εξαρτάται από το μέγεθος της αντίστασης που καλείται ο μυς να υπερνικήσει. Κατά τη διάρκεια μέγιστης προσπάθειας, η απόδοση των μυϊκών ινών όλων των κινητικών μονάδων αθροίζεται και οδηγεί σε εφαρμογή μέγιστης δύναμης, ενώ κατά τη διάρκεια μετρίων φορτίων επιβάρυνσης ενεργοποιούνται μερικές κινητικές μονάδες και άλλες χαλαρώνουν, με αποτέλεσμα την εφαρμογή μέτριας δύναμης (Bompa και Cornacchia 1998, Tortora και Grabowski 1996). Αυτός είναι ένας από τους κύριους λόγους για τους οποίους οι επιβαρύνσεις υψηλής έντασης οδηγούν σε υψηλότερα επίπεδα αύξησης της μέγιστης δύναμης.

Κατανομή μυϊκών ινών

Οι σκελετικοί μύες αποτελούνται από μυϊκές ίνες οι οποίες έχουν διαφορετικά μορφολογικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά. Ο απλούστερος τρόπος ταξινόμησης των μυϊκών ινών είναι με βάση την ταχύτητα συστολής τους, χρησιμοποιώντας τους όρους βραδείας-συστολής και ταχείας-συστολής. Το ίδιο σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την ταξινόμηση των κινητικών μονάδων,

αφού κάθε κινητική μονάδα, αποτελείται από ίνες με την ίδια ταχύτητα συστολής. Μια κινητική μονάδα ταχείας-συστολής έχει μικρό χρόνο σύσπασης, δεδομένου ότι παράγει δύναμη πολύ γρήγορα και χαλαρώνει πολύ γρήγορα. Αντίθετα, οι κινητικές μονάδες βραδείας-συστολής αναπτύσσουν τη δύναμή τους αργά και χαλαρώνουν αργά, δηλαδή, έχουν μεγάλο χρόνο σύσπασης.

Με βάση τα ιστοχημικά τους χαρακτηριστικά, οι κινητικές μονάδες βραδείας συστολής και ταχείας συστολής αναφέρονται ως *τύπου I* και *τύπου II*, αντίστοιχα. Υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ινών τύπου I και II, όσον αφορά την τις ενεργειακές απαιτήσεις και την προμήθεια ενέργειας για τη μυϊκή συστολή, καθώς και την αντίσταση στην κόπωση. Οι μυϊκές ίνες τύπου I, είναι, σε γενικές γραμμές, ανθεκτικές στην κόπωση, έχουν υψηλή ικανότητα για αερόβια παραγωγή ενέργειας, ενώ ο ρυθμός ανάπτυξης της δύναμης και η αναερόβια ισχύς τους είναι χαμηλά, γεγονός που οφείλεται στην χαμηλή δραστηριότητα του ενζύμου ATPάση της μυοσίνης (Castro et al. 1999).

Οι κινητικές μονάδες τύπου II, έχουν τα αντίθετα χαρακτηριστικά. Παρουσιάζουν χαμηλή ανθεκτικότητα στην κόπωση, χαμηλή αερόβια ισχύ, υψηλό ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης, υψηλή δραστηριότητα του ενζύμου ATPάση της μυοσίνης και υψηλή αναερόβια ισχύ (Castro et al. 1999). Οι μυϊκές ίνες τύπου II μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο υποκατηγορίες. Οι ίνες *τύπου IIa* και *τύπου IIx*, που διαφέρουν μεταξύ τους ως προς την ικανότητα παραγωγής ενέργειας με αερόβιες διεργασίες. Για παράδειγμα, οι μυϊκές ίνες τύπου IIa, έχουν υψηλότερη ικανότητα αερόβιου μεταβολισμού, ενώ τις περιβάλλουν περισσότερα τριχοειδή αγγεία σε σχέση με τις ίνες τύπου IIx, συνεπώς, είναι περισσότερο ανθεκτικές στην κόπωση (Hather et al. 1991, Kent-Braun et al. 1997, Ploutz et al. 1994). Με βάση αυτές τις διαφορές, είναι αναμενόμενο ότι οι μύες οι οποίοι υποστηρίζουν τη στάση του σώματος, όπως ο υποκνημίδιος, περιέχουν υψηλό ποσοστό ινών τύπου I, ενώ μύες οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την κίνηση του σώματος, όπως ο τετρακέφαλος μηριαίος, περιέχουν παρόμοια ποσοστά μυϊκών ινών τύπου I και II, προκειμένου να αντεπεξέλθουν σε δραστηριότητες οι οποίες απαιτούν είτε χαμηλή είτε υψηλή παραγωγή ισχύος (δρόμος αντοχής και δρόμος ταχύτητας, αντίστοιχα).

Επιστράτευση των κινητικών μονάδων

Η δύναμη την οποία παράγει ένας μυς, μπορεί να μεταβάλλεται σε αρκετά μεγάλο εύρος. Η κλιμάκωση αυτή είναι απαραίτητη για μια ομαλή και συντονισμένη κίνηση και μπορεί να γίνει με δύο τρόπους.

Ο ένας τρόπος είναι η μεταβολή της συχνότητας ενεργοποίησης. Η συστολή μιας κινητικής μονάδας για μια και μόνη φορά δεν είναι ικανή να παράγει μεγάλα μεγέθη δύναμης. Αυξάνοντας τη συχνότητα ενεργοποίησης της κινητικής μονάδας αθροίζεται η δύναμη. Αυτός ο τρόπος, χρησιμοποιείται κυρίως σε μικρούς μύες όπως αυτούς της παλάμης. Ακόμη και σε χαμηλά επίπεδα δύναμης, δραστηριοποιούνται οι περισσότερες από τις κινητικές μονάδες με χαμηλή συχνότητα. Η μυϊκή δύναμη που παράγει όλος ο μυς αυξάνεται με την αύξηση της συχνότητας ενεργοποίησης των μεμονωμένων κινητικών μονάδων.

Ο δεύτερος τρόπος κλιμάκωσης της παραγόμενης δύναμης, είναι η μεταβολή του αριθμού των κινητικών μονάδων που ενεργοποιούνται, μια διαδικασία γνωστή ως επιστράτευση. Σε μεγάλους μύες, όπως αυτούς του μηρού, οι κινητικές μονάδες επιστρατεύονται με συχνότητα που πλησιάζει την τετανική συστολή, σχεδόν από την πρώτη στιγμή της ενεργοποίησής τους. Έτσι, η αύξηση της παραγόμενης μυϊκής δύναμης σε αυτούς τους μύες, γίνεται με την αύξηση του αριθμού των κινητικών μονάδων που επιστρατεύονται.

Ο τύπος των κινητικών μονάδων οι οποίες επιστρατεύονται σε μια δραστηριότητα, καθορίζεται από τα χαρακτηριστικά της δραστηριότητας αυτής. Σε μια ήπια δραστηριότητα όπως είναι το τρέξιμο αντοχής, επιστρατεύονται οι κινητικές μονάδες βραδείας συστολής, εξαιτίας της ικανότητας αντοχής και της ανθεκτικότητάς τους στην κόπωση. Όταν υπάρχει ανάγκη για αυξημένη παραγωγή μυϊκής δύναμης και ισχύος, επιστρατεύονται και οι κινητικές μονάδες ταχείας συστολής. Ωστόσο, εξαιτίας των φυσιολογικών χαρακτηριστικών των κινητικών μονάδων ταχείας-συστολής, αυτό δεν είναι δυνατό να διατηρηθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα. Όταν η δραστηριότητα απαιτεί σχεδόν μέγιστη απόδοση, όπως στην κίνηση του επωμισμού στην άρση βαρών, ή στο αγώνισμα της σφυροβολίας, επιστρατεύονται όλες οι κινητικές μονάδες, ενώ οι ταχείας συστολής (και ειδικά οι τύπου IIx) συμβάλλουν περισσότερο στην προσπάθεια.

Σε αγύμναστα άτομα είναι, μάλλον, αδύνατη η ενεργοποίηση όλων των κινητικών μονάδων κατά τη διάρκεια μιας μυϊκής προσπάθειας (Dudley et al. 1990, Harris et al. 1994). Αν καταβληθεί από τα άτομα αυτά σημαντική προσπάθεια, ίσως καταφέρουν να ενεργοποιήσουν όλες τις κινητικές μονάδες ταχείας-συστολής, ίσως όμως όχι με τη μέγιστη δυνατή συχνότητα ενεργοποίησης, η οποία να επιτρέπει την παραγωγή μέγιστης δύναμης.

Μυϊκή συστολή

Οι σκελετικοί μύες είναι υπεύθυνοι και για τη συστολή

και για τη χαλάρωση. Ένας μυς συστέλλεται όταν διεγείρεται και όταν η διέγερση σταματά ο μυς χαλαρώνει. Ο ανθρώπινος σκελετός διαθέτει μια εκπληκτική ελευθερία κινήσεων, που θα ήταν αδύνατο να σταθεροποιηθεί σε οποιαδήποτε θέση χωρίς την ύπαρξη των ιστών. Η σταθεροποίηση αυτή επιτυγχάνεται κυρίως από τη συνδυασμένη συστολή διαφόρων μυϊκών ομάδων που, στις περισσότερες περιπτώσεις, δρουν ανταγωνιστικά. Αυτό σημαίνει, ότι για την πραγματοποίηση μιας κίνησης επιστρατεύεται ένας μεγάλος αριθμός μυών, μερικοί από τους οποίους, συστέλλόμενοι, προκαλούν κίνηση στις αρθρώσεις που επηρεάζουν και άλλοι την αποτρέπουν.

Μολονότι ο όρος συστολή υπονοεί τη μείωση των διαστάσεων ενός αντικειμένου, στην αθλητική επιστήμη η μυϊκή συστολή χρησιμοποιείται με την ευρύτερη έννοια της κατανάλωσης ενέργειας για την παραγωγή έργου, μετά από σχετικό ερέθισμα (Γεωργιάδης 2003). Σ' αυτή τη διαδικασία, δεν είναι πάντοτε απαραίτητο ο μυς να βραχύνεται. Συνεπώς, ο όρος *μυϊκή δράση* είναι προτιμότερος σε σχέση με τον όρο *μυϊκή συστολή*, Έτσι, μπορούμε να διακρίνουμε τρία βασικά είδη μυϊκής δράσης. Τη *δυναμική* όταν παρατηρείται κίνηση στην άρθρωση που επηρεάζεται από τον μυ, τη *στατική* ή *ισομετρική* όταν κατά τη συστολή ενός μυός δεν υπάρχει κίνηση και την *ισοκινητική* που έχει σχέση με τη διατήρηση σταθερής ταχύτητας καθ' όλη τη διάρκεια εκτέλεσης της κίνησης (Brzyski 1995, Κλεισούρας 1996). Η βασική διάκρισή τους στηρίζεται στο γεγονός ότι, όταν ένας μυς διεγείρεται και ασκεί δύναμη σ' ένα οστό, τότε είτε διατηρεί το ίδιο μήκος (στατική ή ισομετρική δράση), είτε βραχύνεται (σύγκεντρη ή μειομετρική δράση), είτε επιμηκύνεται (έκκεντρη ή πλειομετρική δράση) (Fleck και Kraemer 1997, Fox και Mathews 1981). Στην προπόνηση μυϊκής ενδυνάμωσης οι προπονητές χρησιμοποιούν τα διαφορετικά είδη μυϊκής συστολής ανάλογα με τη φάση και το στόχο της προπόνησης, αλλά και σε σχέση με τις ιδιαίτερες απαιτήσεις του κινησιολογικού μέρους του αγωνίσματος ή του αθλήματος και τα όργανα που χρησιμοποιούν (Σχήμα 2.6).

Ισομετρική δράση

Είναι η μυϊκή δραστηριότητα κατά την οποία το μήκος του μυός δεν αλλάζει γιατί η δύναμη που εφαρμόζει ο μυς είναι ίση με την εξωτερική αντίσταση. Αυτό προκύπτει όταν η αντίσταση είναι πολύ μεγαλύτερη από τη μέγιστη δύναμη του μυ, ή όταν ο μυς δεν εφαρμόζει αρκετή δύναμη έναντι της αντίστασης ώστε να παραχθεί κίνηση (Hartman και Tunneman 1988, Hettinger 1961). Η ένταση που αναπτύσσεται από αυτόν τον τύπο της μυϊκής συστολής είναι πολλές φορές υψηλότερη από



Σχήμα 2.6. Οι τρεις τύποι μυϊκών συστολών για τους τρικέφαλους βραχιόνιους μυς κατά την εκτέλεση της άσκησης «κάμψεις-τάσεις των χεριών».

αυτή που αναπτύσσεται στην ισοτονική συστολή, όπως για παράδειγμα συμβαίνει όταν ένας αθλητής προσπαθήσει να σπρώξει ένα τοίχο με όλη του τη δύναμη, όπου αναπτύσσεται μεν ένταση στο μυ, αλλά το μήκος του δεν αλλάζει.

Η ισομετρική συστολή πραγματοποιείται συνήθως όταν κατά τη διάρκεια της προπόνησης ο αθλητής καλείται να καταβάλει δύναμη ενάντια στην αντίσταση που προσφέρεται από ένα αμετακίνητο αντικείμενο όπως ο τοίχος, ή από μια σταθερή ή υπερφορτωμένη, πέρα από την μέγιστη ικανότητα του ασκούμενου, μπάρα άρσης βαρών (Σχήμα 2.7). Το είδος αυτής της προπόνησης έγινε πολύ δημοφιλές στις δεκαετίες του '50 και '60 και βασίστηκε σε έρευνα των Hettinger και Muller (1953) στην οποία αναφέρονταν ότι είναι δυνατό να υπάρξει βελτίωση της δύναμης κατά 5% την εβδομάδα.

Οι ισομετρικές συστολές, πέρα από τη συμβολή τους στη στατική του σώματος, είναι χρήσιμες και σε κάθε μορφής αθλητική κίνηση (Σχήμα 2.7). Για την εκτέλεση του κινητικού μέρους της τεχνικής του αγωνίσματός τους, οι ρίπτες δεν αρκεί να βελτιώνουν τη δύναμή τους

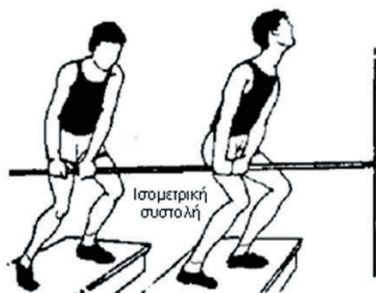
μόνο με προπόνηση σε δυναμικές (ισοτονικού τύπου) μυϊκές δράσεις. Πρέπει να αναπτύξουν επαρκώς και τη μέγιστη ισομετρική δύναμή τους, για να διατηρήσουν τη θέση του κορμού ή των μελών τους σταθερή σε κρίσιμες επιδεξιότητες, στις οποίες θα πρέπει να εξισορροπείται η δύναμη που εφαρμόζεται από την αντίσταση (Σχήμα 2.8). Η προβληματική τεχνική τις περισσότερες φορές οφείλεται στην αδυναμία σταθεροποίησης των διαφόρων μελών και σημείων του σώματος με ισομετρικές συστολές, ιδιαίτερα σε κινήσεις που πραγματοποιούνται με μεγάλη ταχύτητα (Baechle και Groves 1992).

Δυναμική δράση

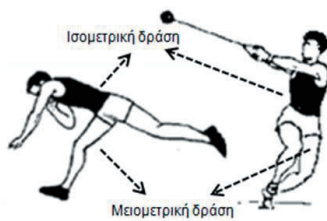
Είναι το είδος μυϊκής δραστηριότητας κατά την οποία το μήκος του μυός διαφοροποιείται ανάλογα με το μέγεθος της αντίστασης. Είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος μυϊκής συστολής κατά τη διάρκεια της οποίας η ένταση είναι σταθερή σε όλο το εύρος της κίνησης και προκύπτει όταν η δύναμη που εκφράζεται από τον αθλητή δεν εξισορροπεί αλλά είτε υπερτερεί είτε υπολείπεται της αντίστασης ενώ επηρεάζεται και από τις αλλαγές στη γωνία της άρθρωσης και στο μήκος του μυός κατά τη διάρκεια εκτέλεσης της κίνησης (Fox και Mathews 1981, Baechle και Groves 1992). Υπάρχουν δυο είδη δυναμικής δράσης. Η μειομετρική ή σύγκεντρη ή θετική και η πλειομετρική ή έκκεντρη ή αρνητική.

Η *μειομετρική* ή σύγκεντρη δράση αναφέρεται σε συστολές κατά τις οποίες ο μυς βραχύνεται για να παραχθεί θετικό μηχανικό έργο και προκύπτει όταν η αντίσταση είναι λίγο ή πολύ μικρότερη από την μέγιστη ικανότητα του μυός, όπως συμβαίνει σε όλες τις φυσιολογικές κινήσεις, όπως η κάμψη του αγκώνα ή η έκταση του γόνατος κ.α.. Οι περισσότερες από τις δραστηριότητες στον αθλητισμό, μεταξύ των οποίων και οι αθλητικές ρίψεις ή οι ασκήσεις με αντίσταση, περιλαμβάνουν μειομετρική μυϊκή δραστηριότητα.

Η *πλειομετρική* ή έκκεντρη δράση αναφέρεται σε συστολές κατά τις οποίες το μήκος του μυός αυξάνει και



Σχήμα 2.7. Ισομετρική δράση. Η εφαρμογή δύναμης σε σταθερή μπάρα.



Σχήμα 2.8. Ενδεικτικά παραδείγματα μειομετρικής και ισομετρικής δράσης στα αγωνίσματα της σφαιροβολίας και της σφυροβολίας.

αφορά στη λειτουργία που αντιστρέφει τη διαδικασία της μειομετρικής δράσης. Κατά την πλειομετρική συστολή, οι μύες είτε υποχωρούν στη δύναμη της βαρύτητας, όπως συμβαίνει όταν χρησιμοποιούνται τα ελεύθερα βάρη, είτε υποκύπτουν στη δύναμη έλξης ή πίεσης της αντίστασης ενός μηχανήματος ενδυνάμωσης (Zatsiorsky 1995, Hartman και Tunnehan 1988). Υπό αυτές τις συνθήκες ο μυς επιμηκύνεται, η γωνία της άρθρωσης μεγαλώνει και ο ασκούμενος αντιλαμβάνεται μια διαρκή και ελεγχόμενη ένταση. Αυτό σημαίνει ότι οι πλειομετρικές συστολές επιτρέπουν την επιστροφή του μυός στο φυσιολογικό του μήκος και στο αρχικό σημείο έναρξης της κανονικής άσκησης, όπως, για παράδειγμα, κατά τη διάρκεια της κάμψης του δικέφαλου, όπου η πλειομετρική διαδικασία συμβαίνει όταν το χέρι εκτείνεται στην αρχική του θέση μετά την κάμψη, ή κατά την έκταση του ποδιού όπου η πλειομετρική διαδικασία προκύπτει όταν τα πόδια κάμπτονται στα γόνατα προς την αρχική θέση (Bompa και Cornacchia 1998, Fleck και Kraemer 1997). Αυτού του είδους η μυϊκή δραστηριότητα παρατηρείται ιδιαίτερα στην προπόνηση δύναμης με μπάρα, κατά την ελεγχόμενη κίνηση της επαναφοράς του βάρους στην αρχική θέση. Στην περίπτωση αυτή, η πλειομετρική μυϊκή δράση αποτρέπει την επιτάχυνση του βάρους προς τα κάτω, εξαιτίας της βαρύτητας, χωρίς να πέφτει με ταχύτητα στο έδαφος ή στο σώμα του αθλητή. Η ικανότητα παραγωγής μυϊκής δύναμης μεγιστοποιείται κατά τη διάρκεια της πλειομετρικής δραστηριότητας.

Η πλειομετρική ή αρνητική μυϊκή δράση διακρίνεται σε δύο υποομάδες. Την *ελαστική πλειομετρική* κατά την οποία η αντίσταση είναι μικρότερη από την μέγιστη

δύναμη του αθλητή, όπως για παράδειγμα συμβαίνει κατά τη διάρκεια πολλαπλών συνεχόμενων αλματικών ενεργειών (άλμα τριπλούν, πενταπλούν κ.τ.λ.) (Bompa, 1993). Αυτή η μορφή δράσης, θεωρείται εξαιρετικής σπουδαιότητας και χρησιμοποιείται ευρέως στις μεθόδους προπόνησης για την ανάπτυξη δύναμης, συνήθως με την μορφή των αλμάτων βάθους. Τη *δυναμική πλειομετρική* όπου η αντίσταση είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη ισομετρική δύναμη του αθλητή σε όλο το εύρος της κίνησης, όπως συμβαίνει κατά την εκτέλεση ασκήσεων με υπερμέγιστη αντίσταση. Κατά την πλειομετρική δράση αυτής της μορφής, μπορεί να αναπτυχθούν πολύ υψηλότερες εντάσεις και γι' αυτό το λόγο, η διαδικασία προσαρμογής του μυός είναι πολύ πιο αποτελεσματική (Komi και Buskirk 1972). Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι υπάρχουν σοβαρά μειονεκτήματα που αφορούν κυρίως στην αύξηση του κινδύνου τραυματισμού, λόγω της πολύ μεγάλης επιβάρυνσης. Για το λόγο αυτό η προπόνηση αυτής της μορφής έχει σχεδόν εξαλειφθεί. Σε κάθε περίπτωση όμως οι αντίστοιχες ασκήσεις, μπορεί να εκτελούνται μόνο από τους πολύ έμπειρους αθλητές, για τους οποίους θα πρέπει να εξασφαλίζονται συνθήκες υψηλής ασφάλειας για την ολοκλήρωσή τους. Ένα ακόμη μειονέκτημα της πλειομετρικής συστολής, είναι η ανάπτυξη μεγαλύτερου μυϊκού πόνου από αυτόν που συνήθως εμφανίζεται στις άλλες μορφές προπόνησης δύναμης μετά την άσκηση (Fleck και Schutt 1985).

Ισοκινητικές συστολές: Ο τύπος αυτός μυϊκής δράσης αναφέρεται σε συστολή που πραγματοποιείται με σταθερή ταχύτητα σε όλο το εύρος της κίνησης. Η ισοκινητική δράση χρειάζεται ειδικά μηχανήματα που σχεδιάστηκαν για να διευκολύνουν τη διατήρηση σταθερής ταχύτητας συστολής, ανεξάρτητα από το μέγεθος της αντίστασης. Κατά τη διάρκεια της κίνησης πραγματοποιούνται τόσο η πλειομετρική όσο και η μειομετρική συστολή, δεδομένου ότι το μηχανήμα έχει τη δυνατότητα συνεχούς αναπροσαρμογής της αντίστασης ώστε να είναι ίση με τη δύναμη που εφαρμόζεται από τον ίδιο τον αθλητή. Η προπόνηση αυτής της μορφής επιτρέπει στο μυ να δουλεύει με την ίδια ένταση καθ' όλη τη διάρκεια της κίνησης (Bompa και Cornacchia 1998).

Οι μοχλοί

Το ανθρώπινο σώμα είναι μια σύνθετη μηχανή, η οποία αποτελείται σχεδόν αποκλειστικά από μοχλούς. Οι βραχίονες των μοχλών είναι τα οστά, το υπομόχλιο οι αρθρώσεις και οι δυνάμεις παράγονται και εκφράζονται από την ένταση συστολής των μυών. Οι μύες κινούν τα οστά και τα διάφορα φορτία, που βρίσκονται συνδεδεμένα σ' αυτά, ή ολόκληρο το βάρος του αθλητή με πρόσθε-

το εξωτερικό φορτίο, όπως η μπάρα με τα βάρη, ένας συνασκούμενος κ.τ.λ..

Η αποτελεσματικότητα των μοχλών, εξαρτάται από συγκεκριμένους μηχανικούς παράγοντες, απ' τους οποίους πρωταρχικής σημασίας είναι το ακριβές σημείο εφαρμογής της δύναμης πάνω στο βραχίονα, το ακριβές σημείο τοποθέτησης της αντίστασης και το ακριβές σημείο γύρω απ' το οποίο περιστρέφονται οι μοχλοβραχίονες. Η σχέση μεταξύ των τριών αυτών σημείων προσδιορίζει και την αξία των μοχλών, που ταξινομούνται σε τρία είδη, ανάλογα με την θέση του σημείου περιστροφής (υπομόχλιο), της αντίστασης και της δύναμης (Σχήμα 2.9). Η απόσταση από το υπομόχλιο μέχρι το σημείο εφαρμογής της δύναμης προσδιορίζει τον μοχλοβραχίονα της δύναμης, ενώ η απόσταση από το υπομόχλιο μέχρι το κέντρο βάρους της αντίστασης προσδιορίζεται σαν μοχλοβραχίονας αντίστασης (McGinnis 1999).

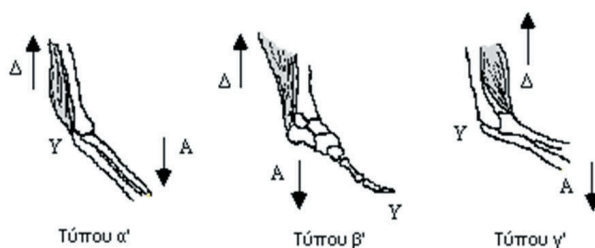
Χωρίς να είναι απαραίτητο να αναλυθούν όλες οι λεπτομέρειες λειτουργίας των μοχλών, μια σύντομη αναφορά, για τον τρόπο με τον οποίο οι μοχλοί επηρεάζουν τις κινήσεις του σώματος, μπορεί να βοηθήσει στη τεχνική ανάλυση και στον τρόπο εκτέλεσης των διαφόρων κινήσεων.

Συνοπτικά, μπορούμε να πούμε, ότι ο μοχλός τύπου α', έχει το υπομόχλιο ανάμεσα στη δύναμη και την αντίσταση και υποστηρίζει την ισορροπία, ενώ συμβάλλει στη σταθεροποίηση ολόκληρου ή ορισμένων μελών του σώματος, εξισορροπώντας τις αντίρροπες δυνάμεις. Παράδειγμα τέτοιου είδους μοχλού είναι η δράση του τρικέφαλου βραχιόνιου κατά την έκταση του βραχίονα. Ο μοχλός τύπου β', έχει την αντίσταση ανάμεσα στη δύναμη και το υπομόχλιο και χρησιμεύει για αποθήκευση και εφαρμογή μεγάλων δυνάμεων. Τέτοιου είδους μοχλός είναι η δράση του γαστροκνημίου κατά την ανόρθωση σε ακροστασία, με την προϋπόθεση, ότι το κέντρο βάρους

του σώματος βρίσκεται στη μέση του πέλματος. Ο μοχλός τύπου γ', έχει τη δύναμη ανάμεσα στο υπομόχλιο και την αντίσταση και συμβάλλει στην ανάπτυξη μεγάλης ταχύτητας, προσδίδοντας και μεγάλο εύρος κίνησης. Τέτοιου είδους μοχλός προκύπτει από τη δράση του δικέφαλου βραχιόνιου κατά την κάμψη του αγκώνα (Tortora και Grabowski 1996).

Κάθε μοχλικό σύστημα ισορροπεί, όταν το γινόμενο της δύναμης επί το μοχλοβραχίονα δύναμης είναι ίσο με το γινόμενο της αντίστασης επί το μοχλοβραχίονα της αντίστασης. Αυτό σημαίνει ότι: α) η δύναμη και η αντίσταση θα είναι ίσες μόνο όταν οι μοχλοβραχίονες δύναμης και αντίστασης θα έχουν το ίδιο μήκος και β) το μέγεθος της δύναμης που απαιτείται για να υπερνικηθεί η αντίσταση είναι αντίστροφα ανάλογο με το μήκος του μοχλοβραχίονα της δύναμης. Πρέπει ακόμα να σημειωθεί, ότι μεγάλη σημασία έχει και η κατεύθυνση εφαρμογής της δύναμης που προσδιορίζει τη γραμμή έλξεως και εξαρτάται από τον τρόπο και το είδος σύνδεσης των οστών σε μια άρθρωση (Γεωργιάδης 2001).

Η γραμμή έλξεως είναι η φανταστική γραμμή κατά μήκος της γαστέρας του μυός, που συνδέει την έκφυση και την κατάφυση. Η πιο φυσιολογική και αποτελεσματικότερη από μηχανικής απόψεως μυϊκή συστολή, επιτυγχάνεται όταν η συστολή πραγματοποιείται κατά μήκος της γραμμής έλξεως. Για παράδειγμα, η κάμψη του αγκώνα μπορεί να εκτελεστεί με την παλάμη σε πολλές διαφορετικές θέσεις. Με τη ράχη της παλάμης προς τα κάτω η γραμμή έλξεως είναι ευθεία μεγιστοποιώντας την αποτελεσματικότητα της μυϊκής συστολής. Με την ράχη της παλάμης προς τα πάνω, η αποτελεσματικότητα της συστολής μειώνεται, επειδή ο τένοντας του δικέφαλου δεν είναι ευθυγραμμισμένος με το βραχιόνιο οστό, αλλά τυλίγεται γύρω από αυτό (Rasch 1979). Σε αυτή την περίπτωση η γραμμή έλξεως δεν είναι ευθεία και συνε-



Σχήμα 2.9. Ενδεικτική απεικόνιση των τριών ειδών μοχλών στο ανθρώπινο σώμα (Δ = Δύναμη, Y = Υπομόχλιο, A = Αντίσταση).

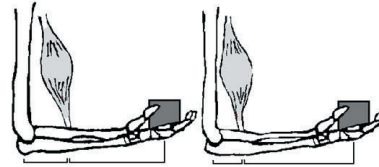
πάγεται την απώλεια μεγάλου ποσοστού της δύναμης συστολής. Μια μικρή αλλά σωστή αλλαγή στην κατεύθυνση εφαρμογής της δύναμης, μπορεί να αυξήσει το μήκος του μοχλοβραχίονα δύναμης και να μεγιστοποιήσει το μηχανικό αποτέλεσμα από την συστολή του μυός (Riley 1982, Westcott 1983).

Ανατομικές διαφορές και πλεονεκτήματα

Μερικά άτομα διαθέτουν σωματικές αναλογίες (οστά-μοχλούς) που τους δίνουν σημαντικά πλεονεκτήματα ή μειονεκτήματα στο μοχλικό σύστημα, με συνέπεια να επηρεάζεται ανάλογα και η αθλητική τους απόδοση. Για παράδειγμα, οι καλύτεροι αθλητές άρσης βαρών τείνουν να έχουν σχετικά παρόμοιες σωματικές αναλογίες, δηλαδή σχετικά κοντά χέρια και αδύνατο στήθος, βραχύ κορμό, λεπτούς κοιλιακούς, ανοικτή λεκάνη και κοντά πόδια (Zatsiorsky 1995). Αυτά τα άτομα έχουν σημαντικό πλεονέκτημα στις περισσότερες ελκτικές και ωθητικές κινήσεις, επειδή δεν είναι υποχρεωμένοι να μετακινούν το βάρος σε απόσταση τόση, όση τα άτομα με μεγάλα άκρα. Από μηχανικής άποψης, ένας υψηλόσωμος αθλητής με μακριά άκρα, μπορεί να εκτελεί περισσότερο έργο από κάποιον βραχύσωμο. Εάν π.χ. κάποιος έχει μήκος χεριών 45cm και ένας άλλος 50cm και σηκώνουν βάρος 100Kg το έργο που παράγεται θα είναι: $0,45 \times 100 = 4500\text{J}$ και $0,50 \times 100 = 5000\text{J}$, αντίστοιχα.

Το μέγεθος της δύναμης που εκφράζεται μέσω μιας κίνησης, εξαρτάται από το σημείο κατάφυσης του μυός. Το μηχανικό πλεονέκτημα που προκύπτει από ένα μοχλό, έχει άμεση σχέση με τη δύναμη συστολής του μυός και το εύρος κίνησης της άρθρωσης που είναι αντιστρόφως ανάλογα (Tortora και Grabowski 1996).

Εάν υποθέσουμε ότι έχουμε δύο ακριβώς ίδιους μυς που συνδέονται και επηρεάζουν την ίδια άρθρωση και ο ένας καταφύεται σε μεγαλύτερη απόσταση απ' ό,τι ο άλλος, αυτός που καταφύεται μακρύτερα από την άρθρωση θα παράγει αρκετά πιο ισχυρή κίνηση, επειδή και ο μοχλοβραχίονας της δύναμης θα είναι μεγαλύτερος (McComas 1996, Brzycki 1995). Αντίθετα, ο μυς που συνδέεται κοντύτερα προς την άρθρωση, συμβάλει στην αύξηση του εύρους και της ταχύτητας εκτέλεσης της κίνησης (Σχήμα 2.10). Το μήκος της γαστέρας του μυός και η σχέση της με το μήκος του τένοντα προσδιορίζει επίσης τη δυνατότητα ενός ατόμου να αυξάνει το μέγεθος και τη δύναμη των μυών του. Στο μυϊκό σύστημα παρατηρούνται 2 περιπτώσεις: Η πρώτη αναφέρεται σε σχετικά μακριά γαστέρα και βραχύ τένοντα και η δεύτερη σε βραχύτερη γαστέρα και μακρύ τένοντα (Σχήμα 2.11). Τα άτομα που διαθέτουν μυς με μακριά γαστέρα έχουν τη δυνατότητα να αυξήσουν τη δύναμή τους περισσότε-

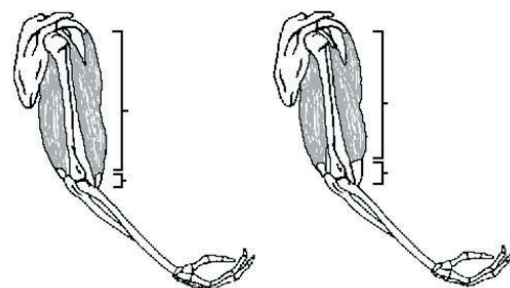


Σχήμα 2.10. Οι διαφορές στο σημείο κατάφυσης του δικέφαλου βραχίονιου επηρεάζουν τους μοχλοβραχίονες δύναμης και αντίστασης και συνεπώς, το μέγεθος της δύναμης που εφαρμόζεται.

ρο απ' ό,τι τα άτομα που διαθέτουν μυς με βραχύτερη γαστέρα (McComas 1996, Riley 1982, Westcott 1983).

Μολονότι η δύναμη είναι άμεσα συνδεδεμένη με την εγκάρσια διατομή του μυός, τα διαφορετικά σημεία κατάφυσης και η διαφορετική σχέση μεταξύ του μήκους της γαστέρας και του μήκους των τενόντων, εξηγεί και το φαινόμενο να βλέπουμε άτομα με σχετικά ισχνό μυϊκό σύστημα να διαθέτουν πολύ μεγαλύτερη δύναμη από αυτή που έχουμε υπολογίσει. Οι ανατομικές διαφορές που παρατηρούνται στο μυϊκό σύστημα και επηρεάζουν, από μηχανική και φυσιολογική άποψη, την αποτελεσματικότητα των κινήσεων, είναι μία από τις βασικές αιτίες που το ίδιο πρόγραμμα προπόνησης μπορεί να μην έχει τα ίδια αποτελέσματα σε δύο ή περισσότερα άτομα (Riley 1982, Brzycki 1995).

Αυτή η σύντομη αναφορά στους μοχλούς και η σαφής γνώση του τρόπου λειτουργίας ολόκληρου του μοχλικού συστήματος στο ανθρώπινο σώμα, μπορεί να βοηθήσει



Σχήμα 2.11. Ενδεικτική απεικόνιση των διαφορών στη σχέση του μήκους της γαστέρας και του τένοντα στο δικέφαλο βραχίονιο μυ, που επηρεάζουν το μέγεθος της δύναμης.

τους προπονητές στην εξατομίκευση της επιλογής των μεθόδων ανάπτυξης της δύναμης, ώστε να μεγιστοποιηθεί η αποτελεσματικότητα της προπόνησης.

Η λειτουργία των αρθρώσεων

Το εύρος κίνησης ολόκληρου του σώματος ή των επιμέρους μερών και μελών του, εξαρτάται απόλυτα από το βαθμό λειτουργικότητας των αρθρώσεων σε κάθε συγκεκριμένη περιοχή, η οποία στις περισσότερες περιπτώσεις επηρεάζεται από περιοριστικούς παράγοντες, που οφείλονται στο είδος των ιστών, που περιβάλλουν ή επηρεάζουν την άρθρωση (Alter 1996).

Οι κινήσεις, που πραγματοποιούνται στις διάφορες αρθρώσεις του σώματος, χαρακτηρίζονται από τις επιμέρους ενέργειες της κάμψης, της έκτασης, της προσαγωγής, της απαγωγής και της περιστροφής, που είναι ο συνδυασμός όλων αυτών (Winhed 1984). Η σαφής γνώση αυτών των ενεργειών και η μελέτη τους σε σχέση με τις τρεις βασικές περιοχές, των άνω άκρων, των κάτω άκρων, της σπονδυλικής στήλης και του κορμού, επιτρέπει την παραπέρα αξιολόγηση των κινήσεων που οδηγούν στην επιλογή των ασκήσεων που θα χρησιμοποιηθούν σε σχέση με την ιδιαίτερη τεχνική του εξειδικευμένου αγωνίσματος (Σχήμα 2.12). Πρέπει όμως να σημειωθεί, ότι ο γυμναστής-προπονητής, μολονότι για να διδάξει την ορθή εκτέλεση της άσκησης είναι υποχρεωμένος να εξετάζει με λεπτομέρεια τη λειτουργία των αρθρώσεων, σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να φτάσει στο σημείο να αντιμετωπίζει τη λειτουργία κάθε άρθρωσης απομονωμένα, αλλά πάντοτε σαν μέρος της συνολικής κίνησης (Γεωργιάδης 1991).

Το σύστημα των άνω άκρων

Περιλαμβάνει τις αρθρώσεις των ώμων, των αγκώνων, των καρπών και των δακτύλων και αποτελεί τον τελικό κρίκο στην αρμονική αλληλουχία εφαρμογής της δύναμης για όλες τις δραστηριότητες (Winhed 1984, McGinnis 1999). Έχει την ικανότητα να ανταποκρίνεται άμεσα και με μεγάλη ταχύτητα στα ερεθίσματα και μπορεί να πραγματοποιεί πολυάριθμες κινήσεις που χαρακτηρίζονται από εκπληκτική ευκινησία και επιδεξιότητα, η οποία εξαρτάται από τη δυνατότητα συνδυασμού της δράσης των τεσσάρων αρθρώσεων (McComas 1996). Κατά την προπόνηση των άνω άκρων θα πρέπει να διασφαλιστεί, ότι η συμμετοχή αυτής της περιοχής στη συνεργασία των επιμέρους μελών και μερών του σώματος στην αθλητική πράξη, θα αρχίζει την κατάλληλη, για κάθε περίπτωση, στιγμή και σε σχέση με τη συνδυασμένη ενεργοποίηση των αρθρώσεων στις άλλες δύο περιοχές (Weineck 1998).

Το σύστημα των κάτω άκρων

Περιλαμβάνει τις αρθρώσεις των ισχίων, των γονάτων, των ποδοκνημικών και των δακτύλων του άκρου ποδός. Το σύστημα των κάτω άκρων είναι ο πρώτος κρίκος της αλυσίδας στην αλληλουχία κινήσεων και ενεργειών, σε όλες τις αθλητικές δραστηριότητες (Winhed 1984). Μολονότι το σύστημα αυτό έχει περιορισμένο εύρος κινήσεων σε σύγκριση με τα άνω άκρα, παρουσιάζει μια εκπληκτική σταθερότητα και μπορεί να εφαρμόζει σχετικά πολύ μεγάλες δυνάμεις (McGinnis 1999). Οι δύο αυτές ικανότητες είναι θεμελιώδους σημασίας για τη συγκράτηση του σωματικού βάρους και την μετατόπιση, που είναι δυο πολύ βασικές λειτουργίες του ανθρώπινου σώματος (Tortora και Grabowski 1996).

Πολύ συχνά όμως, η περιοχή αυτή είναι υποχρεωμένη να εφαρμόζει μεγάλες δυνάμεις στον ελάχιστο δυνατό χρόνο σε στιγμιαία επαφή με το έδαφος. Ακόμα, θα πρέπει να διαθέτει επαρκή ευκινησία και αυξημένη ικανότητα μυϊκής συνεργίας, ώστε να διευκολύνεται η άμεση και γρήγορη προσαρμογή σε κάθε μορφής επιφάνεια. Κατά συνέπεια, η προπόνηση των κάτω άκρων θα πρέπει να αποβλέπει στην ανάπτυξη της ευκινησίας, της σταθερότητας και της εκρηκτικότητας (Zatsiorsky 1998).

Η σπονδυλική στήλη

Είναι ένα σύστημα αρθρώσεων με αξιοθαύμαστο εύρος κίνησης και αποτελεί ένα πανίσχυρο κρίκο, που συνδέει το σύστημα των κάτω και άνω άκρων, συμβάλλοντας αποτελεσματικά σ' όλες τις δραστηριότητες (Winhed 1984). Η σπονδυλική στήλη αποτελείται από 33 σπόνδυλους οι οποίοι ομαδοποιούνται σε αυχενικούς (7), θωρακικούς (12), οσφυϊκούς (5), ιερούς (5) που συνοστούνται σε ένα οστό και κοκκυγικούς (4) που συνοστούνται σε ένα ή δύο οστά. Οι σπόνδυλοι, με τη βοήθεια των μεσοσπονδύλιων δίσκων, έχουν τη δυνατότητα να λειτουργούν άλλοτε σαν ένας άκαμπτος και πανίσχυρος άξονας και άλλοτε σαν ένα σύστημα πολλών αρθρώσεων, που κινούνται σε διαφορετικούς άξονες (Alter 1996).

Ως ένας και ενιαίος άξονας έχει την ικανότητα να αντέχει σε μεγάλα φορτία ή να δέχεται και να αντέχει τις επιβαρύνσεις, που προέρχονται από τη δυναμική έκταση των κάτω άκρων, για να ωθήσουν μαζί με το σώμα οποιασδήποτε μορφής αντίσταση ή πρόσθετο βάρος. Ως σύστημα αρθρώσεων παρουσιάζει μια εκπληκτική ευκινησία και μπορεί να απορροφά τους κραδασμούς από τις έντονες και απότομες πιέσεις, που προέρχονται είτε από πάνω, είτε από κάτω. Κατά την προπόνηση αυτής της περιοχής, η δύναμη και η ευκινησία θα πρέπει να αναπτύσσονται παράλληλα και με προσοχή, ώστε να μην αντιστρατεύεται η μία την άλλη (Γεωργιάδης, 1991).

Διαφορές ανδρών και γυναικών

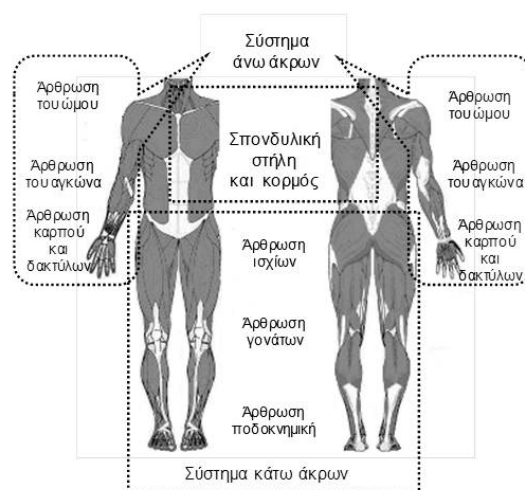
Οι ανατομικές διαφορές που υπάρχουν μεταξύ ανδρών και γυναικών, διαφοροποιούν μερικώς το μοχλικό σύστημα και το βαθμό επιβάρυνσης των επί μέρους σημείων του σώματος. Γενικά τα οστά των ανδρών είναι πιο μακριά και πιο χοντρά από αυτά των γυναικών με αποτέλεσμα και οι μύες να είναι μακρύτεροι (Tortora και Grabowski 1996). Το μεγάλο εύρος της λεκάνης των γυναικών σε σχέση με τη λεκάνη των ανδρών, δημιουργεί πρόσθετη πλευρική επιβάρυνση στην άρθρωση του μηρού και της κνήμης, που αποτελεί μειονέκτημα κατά την εφαρμογή δύναμης στην έκταση του γόνατος και του ισχίου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αυξάνεται η πιθανότητα τραυματισμού, όχι μόνο στις δύο αυτές περιοχές, αλλά και στη σύμφυση του ιερού με το λαγόνιο, καθώς και στην ηβική σύμφυση, που είναι λιγότερο σταθερή στις γυναίκες απ' ό τι στους άνδρες (Zatsiorsky 1998, Rasch 1979, Fox και Mathews 1981).

Επίσης, οι γυναικείοι ώμοι είναι πιο στενοί από των ανδρών και οι αγκώνες εμφανίζουν μια αισθητή υπερέκταση, προσφέροντας μικρότερη δυνατότητα εφαρμογής δύναμης σε δραστηριότητες ώθησης, ενώ δημιουργούν αισθητή διαφορά και στις περιστροφικές κινήσεις του χεριού. Το μήκος της σπονδυλικής στήλης των γυναικών είναι περίπου το 86% του μήκους της σπονδυλικής στήλης των ανδρών (Winhed 1984). Αυτή

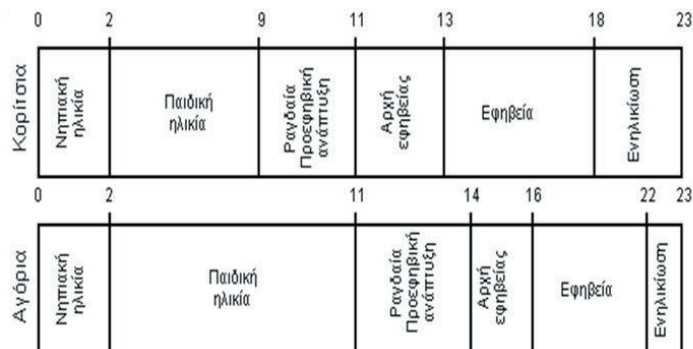
η διαφορά, σε συνδυασμό με τη μεγαλύτερη διάχυση του βάρους προς τα ισχία και τους μηρούς, δίνει στη γυναίκα ένα σχετικά χαμηλότερο κέντρο βάρους, γεγονός που αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα στα αθλήματα και αγωνίσματα που έχουν αυξημένες απαιτήσεις ισορροπίας (Zatsiorsky 1995).

Από φυσιολογικής άποψης, οι γυναίκες ωριμάζουν δύο περίπου χρόνια νωρίτερα απ' τους άνδρες (Σχήμα 2.13). Στην προεφηβική ηλικία υπάρχει μια αλματώδης σωματική ανάπτυξη, που αρχίζει από την ηλικία των 9-10 ετών και φτάνει μέχρι την ηλικία 12-13 ετών (Fox et al. 1989, Carter 1970, Mathews 1973, Γεωργιάδης 1993). Η ηλικία αυτή είναι η αρχή της εφηβείας και το στάδιο στο οποίο αρχίζει ο έμμηνος κύκλος, εξ αιτίας της αύξησης των οιστρογόνων, ενώ παράλληλα παρουσιάζεται μια αισθητή αύξηση της δύναμης. Στην προεφηβική ηλικία τα κορίτσια αποδίδουν το ίδιο με τα αγόρια της ίδιας ηλικίας σε δραστηριότητες, που έχουν σχέση με τη δύναμη, την ταχύτητα και την αντοχή, με συνέπεια οι διαφορές στην απόδοση να μην είναι εμφανείς. Αντίθετα, στο στάδιο της εφηβείας δημιουργείται μια διαρκώς αυξανόμενη διαφορά υπέρ των αγοριών (Σχήμα 2.14, Fox et al. 1989, Γεωργιάδης 1993).

Γενικά, οι γυναίκες έχουν μικρότερο και ελαφρύτερο σκελετό, μεγαλύτερο ποσοστό λίπους, μικρότερο ποσοστό μυϊκού ιστού, χαλαρές αρθρώσεις και συνδέσμους



Σχήμα 2.12. Σχηματική παράσταση των τριών βασικών συστημάτων αρθρώσεων των άνω και κάτω άκρων και της σπονδυλικής στήλης.



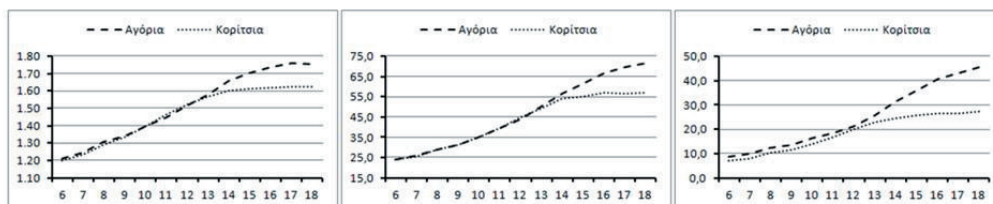
Σχήμα 2.13. Σχηματική παράσταση των διαφορών μεταξύ κοριτσιών (επάνω) και αγοριών (κάτω), στα διάφορα στάδια ανάπτυξης.

καθώς και διαφορετικό ορμονικό σύστημα (Tortora και Grabowski, 1996). Η γνώση των φυσιολογικών διαφορών μεταξύ ανδρών και γυναικών συμβάλλει και στην αποφυγή τραυματισμών.

Όπως οι άνδρες έτσι και οι γυναίκες, ανάλογα με το βάρος του σώματός τους μπορούν να αναπτύξουν όλες τις ικανότητές τους, ακολουθώντας ένα πλήρες πρόγραμμα προπόνησης χωρίς προβλήματα. Σε πολλές περιπτώσεις, οι γυναίκες φοβούνται την πιθανότητα υπέρμετρης αύξησης της μυϊκής μάζας. Υπό φυσιολογικές συνθήκες τέτοιος κίνδυνος όμως δεν υπάρχει. Τα χαμηλά επίπεδα τεστοστερόνης, της κύριας αναβολικής ορμόνης για το μυϊκό σύστημα, που στις γυναίκες είναι 10 φορές χαμηλότερα απ' ό,τι στους άνδρες και τα υψηλότερα ποσοστά λιπώδους ιστού, είναι οι κυριότεροι παράγοντες που περιορίζουν τη δυνατότητα ανάπτυ-

ξης ενός μυϊκού συστήματος παρόμοιου με του άνδρα (Costill et al. 1976, Dervich 1982).

Αυτό που πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα στις γυναίκες, είναι η ελεγχόμενη διακύμανση της έντασης της προπόνησης, που δεν πρέπει να αυξάνεται σε μεγάλο βαθμό κατά τις κρίσιμες ημέρες του κύκλου, γιατί μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη αιμορραγία. Συχνά οι γυναίκες που προπονούνται εντατικά εμφανίζουν διαταραχές του κύκλου με μεγάλες καθυστερήσεις, που οφείλονται σε συνδυασμό του χαμηλού ποσοστού λίπους με το αυξημένο άγχος, ιδιαίτερα στην προαγωνιστική και αγωνιστική περίοδο. Οι διαταραχές αυτές παύουν να υπάρχουν και ο κύκλος επανέρχεται στη φυσιολογική του περιοδικότητα όταν σταματήσει η προπόνηση ή στις περιόδους αποκατάστασης (Bompa και Cornacchia 1998).



Σχήμα 2.14. Οι διαφορές στη διακύμανση του αναστήματος (επάνω) του βάρους (μέση) και της μυϊκής δύναμης (κάτω) των Ελληνο-παιδών ηλικίας 6-18 ετών, αποδεικνύει την πρόωρο ωρίμανση των κοριτσιών έναντι των αγοριών (Γεωργιάδης, 1993).