

Εμβιομηχανική και συναφείς επιστήμες της κίνησης

ΜΑΘΗΣΙΑΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

- 1 Να κατανοηθεί η επιστήμη της εμβιομηχανικής.
- 2 Να κατανοηθεί η σχέση της εμβιομηχανικής με τις συναφείς επιστήμες της κίνησης.

1.1 ΟΦΕΛΗ ΤΗΣ ΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Παρατηρήσατε ποτέ ότι όλα τα άκρα σας λεπταίνουν προοδευτικά προς τα κάτω; Τι θα συνέβαινε εάν δεν λέπτυναν; Έχει κάποια σχέση αυτή η εκλέπτυνση με το πώς πετούν τα πουλιά; Ή, ακόμη, πώς πετάει το μπούμερανγκ; Γιατί ανεβαίνει η μπάλα του γκολφ και γιατί έχει όλα αυτά τα «λακκάκια»; Τι σχέση έχουν τα «λακκάκια» με τους κολυμβητές; Είναι η ταχύτητα του ροπάλου στο μπέιζμπολ όντως ο σημαντικότερος παράγοντας για ένα χτύπημα που στέλνει τη μπάλα έξω από το γήπεδο (home run); Εν τέλει είναι πιο δύσκολο να χτυπήσεις μια ανερχόμενη γρήγορη μπάλα (fastball) στο μπέιζμπολ επειδή αυτή κινείται ανοδικά; Έχει αυτό το γεγονός κάποια σχέση με το χτύπημα κόρνερ στο ποδόσφαιρο;

Η σφαιρική κατανόηση της εμβιομηχανικής μας δίνει ουσιαστικά τη δυνατότητα να απαντήσουμε σε όλες τις πιο πάνω ερωτήσεις. Κάποιες φορές αναρωτιόμαστε για τέτοιου είδους πράγματα από απλή περιέργεια, αλλά μετά συνήθως τα παρατάμε. Μάλιστα, είναι εκπληκτικό ότι πολλές από τις ερωτήσεις μας συχνά έχουν κάποια σχέση μεταξύ τους, αλλά ίσως ποτέ να μην τις συνδέουμε. Η ικανότητά μας, ωστόσο, να κάνουμε τέτοιες συνδέσεις προάγει την κατανόησή μας για τις επιστήμες που σχετίζονται με την κίνηση, πράγμα που με τη σειρά του μας κάνει ικανότερους επαγγελματίες. Πέρα όμως από την επαγγελ-

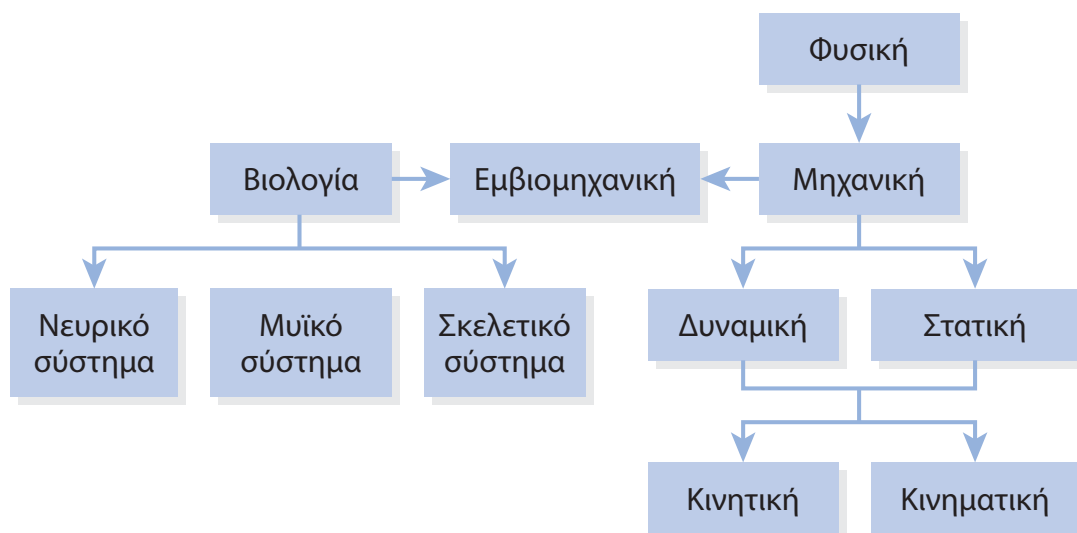
ματική πράξη, η γνώση της εμβιομηχανικής μας βοηθάει να αντιληφθούμε τι είναι ο άνθρωπος. Επιπλέον, η κατανόηση της σύνδεσης ανάμεσα στον άνθρωπο και το περιβάλλον με το οποίο αλληλεπιδρά μας προσφέρει ένα βαθύ αίσθημα πληρότητας. Η κύρια δυσκολία στην κατανόηση έγκειται στο ότι οι συνδέσεις δεν είναι πάντα προφανείς. Για να μπορέσουμε να εκτιμήσουμε πλήρως την εμβιομηχανική, πρέπει πρώτα να κατανοήσουμε τη σχέση της με τις άλλες επιστήμες που ασχολούνται με την κίνηση. Μία τελευταία ερώτηση: Τι είναι η εμβιομηχανική;

1.2 ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΗΣ ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Η **εμβιομηχανική** δεν είναι άλλο από τη φυσική (μηχανική) της κίνησης που παρουσιάζουν ή παράγουν τα βιολογικά συστήματα. Η εμβιομηχανική θεωρείται μερικές φορές συνώνυμη με την **κινησιολογία**, την επιστήμη που ασχολείται με τη μελέτη της ανθρώπινης κίνησης. Ορισμένες επιστήμες θεωρούν την κινησιολογία ως εφαρμοσμένη ή λειτουργική ανατομία. Στο δικό μας πεδίο, ο όρος της κινησιολογίας διευρύνθηκε για να συμπεριλάβει όλα τα επιστημονικά πεδία που σχετίζονται με την κίνηση: τις ανατομικές, βιομηχανικές, πολιτισμικές, κινητικές, παιδαγωγικές, φυσιολογικές, ψυχολογικές και κοινωνιολογικές πτυχές της κίνησης. Το παρόν διδακτικό σύγγραμμα επι-

Εμβιομηχανική (Biomechanics) Φυσική (Μηχανική) της κίνησης που παρουσιάζουν ή παράγουν τα βιολογικά συστήματα.

Κινησιολογία (Kinesiology) Διεπιστημονική μελέτη της ανθρώπινης κίνησης, που περιλαμβάνει τις ανατομικές, τις εμβιομηχανικές, τις πολιτισμικές, τις κινητικές, τις παιδαγωγικές, τις φυσιολογικές, τις ψυχολογικές και τις κοινωνιολογικές πτυχές της κίνησης.



Εικόνα 1.1 Σχέση της εμβιομηχανικής με τη βιολογία και τη φυσική (μηχανική)

κεντρώνεται ασφαλώς σε μία από όλες τις υποεπιστήμες της κνησιολογίας, την εμβιομηχανική, αλλά δεν θα έπρεπε σε καμία περίπτωση να θεωρηθεί πως η εμβιομηχανική είναι εντελώς ανεξάρτητη από τις υπόλοιπες επιστήμες της κίνησης.

Ειδικότερα, η εμβιομηχανική είναι ένα πεδίο μελέτης με έντονη διεπιστημονικότητα το οποίο εξετάζει τόσο τις δυνάμεις που ενεργούν πάνω και μέσα στο σώμα όσο και τις δυνάμεις που παράγονται από το σώμα (Εικόνα 1.1).

Η μελέτη της εμβιομηχανικής περιλαμβάνει επίσης τη θεώρηση των επιπτώσεων που έχουν οι κινήσεις που παράγονται ως αποτέλεσμα των δυνάμεων. Η ιδιαιτερότητα της εμβιομηχανικής έγκειται στο ότι συνδυάζει με ολοκληρωμένο τρόπο τα βιολογικά χαρακτηριστικά με την παραδοσιακή **μηχανική** (τον κλάδο της φυσικής που ασχολείται ειδικά με την επίδραση των δυνάμεων και της ενέργειας στην κίνηση των σωμάτων). Εντός του κλάδου της μηχανικής, κάποιος μπορεί να ασχολείται ειδικότερα με τη **στατική**, δηλαδή τη μελέτη των συστημάτων όταν αυτά βρίσκονται σε κατάσταση ισορροπίας (σε ηρεμία ή σε σταθερή κατάσταση κίνησης) ή με τη **δυναμική**, δηλαδή τη μελέτη των συστημάτων που βρίσκονται σε κατάσταση επιταχυνόμενης ή γενικότερα μεταβαλλόμενης κίνησης (Serway & Jewett, 2019). Το εάν ένα σύστημα βρίσκεται σε κατάσταση ισορροπίας ή σε κατάσταση

επιτάχυνσης μπορεί να αναλυθεί από δύο σκοπίες: από εκείνη της **κινητικής** και από εκείνη της **κινηματικής**. Η κινητική είναι η μελέτη των δυνάμεων που αναστέλλουν, προκαλούν, διευκολύνουν ή τροποποιούν την κίνηση ενός σώματος. Κάποια παραδείγματα εννοιών της κινητικής που χρησιμοποιούνται στην κοινή γλώσσα είναι οι λέξεις **τριβή**, **βαρύτητα** και **πίεση**. Αντίθετα, η κινηματική είναι η μελέτη ή η περιγραφή των **χωρικών** (κατεύθυνση ως προς τον τρισδιάστατο κόσμο) και **χρονικών** (κίνηση ως προς τον χρόνο) χαρακτηριστικών της κίνησης, ανεξάρτητα από τις δυνάμεις που την προκαλούν (Serway & Jewett, 2019). Στην πραγματικότητα, πολλοί άνθρωποι είναι αρκετά εξοικειωμένοι με κινηματικά χαρακτηριστικά, όπως η μετατόπιση (απόσταση που διανύθηκε σε μέτρα ή σε μίλλες) και η διανυσματική ταχύτητα (μετατόπιση σε συγκεκριμένο χρόνο –π.χ., μέτρα ανά δευτερόλεπτο ή μίλλες ανά δευτερόλεπτο). Η εμβιομηχανική ανάλυση βρίσκει εφαρμογή σε πλήθος καταστάσεων, κάποιες από τις οποίες μπορεί και να μας εκπλήξουν. Στη συνέχεια, θα δώσουμε ένα μικρό δείγμα τέτοιων καταστάσεων.

Ο όρος **εμβιομηχανική** μερικές φορές συνδέεται αυτόματα με τον αθλητικό κόσμο. Επειδή πράγματι εμβιομηχανικές έννοιες εφαρμόζονται συχνά σε αθλητικές καταστάσεις, θα αρχίσουμε με μερικά κλασικά

Μηχανική (Mechanics) Κλάδος της Φυσικής που ασχολείται με την επίδραση των δυνάμεων και της ενέργειας στην κίνηση των σωμάτων.

Στατική (Statics) Κλάδος της Μηχανικής που ασχολείται με τα αντικείμενα σε κατάσταση ισορροπίας (σε ηρεμία ή σε σταθερή κατάσταση κίνησης).

Δυναμική (Dynamics) Κλάδος της Μηχανικής που ασχολείται με τα αντικείμενα σε κατάσταση επιταχυνόμενης ή γενικότερα μεταβαλλόμενης κίνησης.

Κινητική (Kinetics) Μελέτη των δυνάμεων που αναστέλλουν, προκαλούν, διευκολύνουν ή τροποποιούν την κίνηση ενός σώματος.

Κινηματική (Kinematics) Μελέτη ή περιγραφή των χωρικών και χρονικών χαρακτηριστικών της κίνησης, ανεξάρτητα από τις δυνάμεις που την προκαλούν.

Χωρικός (Spatial) Που σχετίζεται με ή που αναφέρεται στον τριδιάστατο κόσμο.

Χρονικός (Temporal) Σχετιζόμενος με ή αναφερόμενος στον χρόνο.



Εικόνα 1.2 Μία ποδοσφαιρίστρια που προσπαθεί να ξεφύγει από το στενό μαρκάρισμα της αντιπάλου. Ποια στοιχεία της κατάστασης αποτελούν ενδεχόμενη αιτία τραυματισμού; © Herbert Kratky/Shutterstock

αθλητικά παραδείγματα. Το ποδόσφαιρο παρουσιάζει πολλές πτυχές όπου μπορεί να εφαρμοστεί η εμβιομηχανική ανάλυση. Για παράδειγμα, μια ποδοσφαιρίστρια μπορεί να τραυματίσει ένα γόνατο καθώς προσπαθεί να ξεφύγει από το στενό μαρκάρισμα της αντιπάλου (Εικόνα 1.2).

Από την *κινηματική* σκοπιά, θα μπορούσε να εξεταστεί το πόσο έτρεχε η ποδοσφαιρίστρια τη στιγμή του τραυματισμού (μήπως ο ελιγμός έγινε υπερβολικά γρήγορα;). Με *κινητικούς* όρους, θα μπορούσαν να εξεταστούν οι δυνάμεις που εμπλέκονται στην κατάσταση. Πόση δύναμη απορροφάται από το σώμα όταν γίνεται μια ταχεία μεταβολή κατεύθυνσης; Ποια δύναμη καθιστά δυνατή τη μεταβολή κατεύθυνσης; Πόση δύναμη απαιτείται για τη ρήξη ενός πρόσθιου χιαστού συνδέσμου; Η εμβιομηχανική μπορεί επίσης να μας βοηθήσει να καταλάβουμε το αν αυτός ο τύπος κάκωσης είναι πιθανότερο να συμβεί στον φυσικό ή σε συνθετικό χλοοτάπητα. Άλλοι εμβιομηχανικοί επιστήμονες πάλι μπορεί να ενδιαφέρονται για το εάν αυτή η κάκωση είναι συνηθέστερη στα άτομα θηλυκού από ό,τι στα άτομα αρσενικού φύλου. Αν αυτό ισχύει, ποια σωματικά χαρακτηριστικά προδιαθέτουν τους άνδρες ή τις γυναίκες στον συγκεκριμένο τύπο κάκωσης; Επιπλέον, αν κάποιος προσπαθήσει να προλάβει ή να θεραπεύσει την κάκωση με τη χρήση περιόδου ή νάρθηκα, σε ποιο βαθμό αυτό το προστατευτικό μέτρο θα εμποδίσει την απόδοση του ποδοσφαιριστή; Αυτές είναι μερικές μόνο από τις ερωτήσεις που προσπαθούν να απαντήσουν οι εμβιομηχανικοί ερευνητές.

Στο άθλημα της κολύμβησης, μπορούν επίσης να

απαντηθούν πολλές ερωτήσεις με την εφαρμογή γνώσεων της εμβιομηχανικής. Αναμφίβολα, ενδιαφερόμαστε για την ταχύτητα με την οποία μπορούν να κολυμπήσουν οι κολυμβητές και για το πόσο γρήγορα μπορούν να εκτελέσουν μια υποβρύχια στροφή (*κινηματική*) (Εικόνα 1.3), αλλά ενδιαφερόμαστε και για τις δυνάμεις που ασκούνται στον κολυμβητή καθώς κινείται σε υγρό περιβάλλον (*κινητική*). Οι εμβιομηχανικοί επιστήμονες μελετούν τις διάφορες στρατηγικές που χρησιμοποιούν οι κολυμβητές για να κινηθούν ευκολότερα στο νερό. Για παράδειγμα, αληθεύει πως το ξύρισμα του σώματος βοηθάει; Γνωρίζουμε πλέον ότι ένα παρόμοιο πλεονέκτημα έδιναν τα ολόσωμα μαγιά, τόσο που απαγορεύτηκαν μετά τους Ολυμπιακούς Αγώνες του 2008, επειδή η χρήση προηγμένων υλικών και ο προηγμένος σχεδιασμός θεωρήθηκαν ως «τεχνικό ντοπάρισμα». Ο εμβιομηχανικός μπορεί να ενδιαφέρεται να ερευνησει το κατά πόσο βοηθάει έναν κολυμβητή το να κολυμπάει δίπλα σε έναν άλλο κολυμβητή (*drafting*) ή να μελετήσει ένα συγκεκριμένο στυλ χεριάς, προκειμένου να σταθμίσει αν είναι πιθανό να οδηγήσει σε σύνδρομο υπέρχρησης. Άλλοι ερευνητές πάλι μπορεί να ενδιαφέρονται για το ποιος σωματότυπος μπορεί να εξασφαλίσει μεγαλύτερη επιτυχία στην κολύμβηση.

Τα τελευταία χρόνια, ορισμένα μη παραδοσιακά αθλήματα έγιναν εξαιρετικά δημοφιλή (π.χ., αναρρίχηση, σκέιτμπορντ και σνούμπορντ). Στο άθλημα του σκέιτμπορντ, εκτελούνται πολλοί και διάφοροι χειρισμοί που είναι ιδιαίτερα γοητευτικοί από εμβιομηχανικής σκοπιάς. Ένας πολύ συνηθισμένος χειρισμός είναι το λεγόμενο «ollie» (άλμα με τη σανίδα), μια τεχνική που οι σκέιτερ χρησιμοποιούν για να υπερπηδούν αντικείμενα ή να ανεβαίνουν και να κατεβαίνουν από υπερυψωμένες επιφάνειες (Εικόνα 1.4).



Εικόνα 1.3 Μια κολυμβήτρια που πραγματοποιεί υποβρύχια στροφή. Με ποιους τρόπους η κολυμβήτρια προσπαθεί να βελτιώσει την απόδοσή της στη στροφή; © Microgen/Shutterstock



Εικόνα 1.4 Η τεχνική ollie στο σκέιτμπορντ. Τι είναι αυτό που προκαλεί την ανύψωση της σανίδα; © rio3/Shutterstock
Εικόνα 1.5 Βρέφος που βαδίζει. Σημειώστε ότι τα άνω άκρα είναι κρατημένα ψηλά και τα πόδια σχηματίζουν πλατιά βάση στήριξης. Σε ποιες καταστάσεις θα παίρνατε την ίδια θέση; © Ivanko80/Shutterstock

Το ότι ο χειρισμός αυτός είναι κοινός, δεν σημαίνει απαραίτητα ότι είναι και απλός. Πράγματι, απαιτεί έναν ακριβή συντονισμό, αφού ο σκέιτερ και η σανίδα πρέπει να διανύσουν όμοιες εναέριες τροχιές χωρίς όμως να υπάρχει μεταξύ τους πρόσδεση. Στις κινηματικές μελέτες του ollie, εξετάζονται παράμετροι όπως το ύψος του άλματος ή η ταχύτητα κίνησης του σκέιτερ τη στιγμή της πραγματοποίησης του ollie. Η κινητική εξέταση του ελιγμού αναδεικνύει στοιχεία, όπως ο τρόπος με τον οποίο ο σκέιτερ αναγκάζει τη σανίδα να σηκωθεί στον αέρα. Επίσης, η κινητική ανάλυση θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την εξέταση των δυνάμεων που απορροφώνται από τον σκέιτερ κατά την προσγείωσή του από ένα ollie. Τέλος, ένα προφανές κινητικό ζήτημα του σκέιτμπορντ είναι ο μεγάλος αριθμός των πτώσεων και των τραυματισμών που σημειώνονται.

Πέρα από τον κόσμο του αθλητισμού, οι εμβιομηχανικοί επιστήμονες εξετάζουν και πιο συνηθισμένες ανθρώπινες κινήσεις, όπως η βάδιση. Παρατηρήστε τα χαρακτηριστικά ενός βρέφους που βαδίζει (Εικόνα 1.5). Ο εμβιομηχανικός εξετάζει το πρότυπο βάδισης του βρέφους από την άποψη κινηματικών αξιών όπως, π.χ., το μήκος του διασκελισμού, την απόσταση μεταξύ των δύο πελμάτων, το ύψος στο οποίο το βρέφος διατηρεί τα χέρια του, καθώς και την ταχύτητα βάδισης ως αποτέλεσμα των παραπάνω παραγόντων. Στην περίπτωση αυτή, η κινητική ανάλυση χρησιμοποιείται για να κατανοηθεί ο λόγος για τον οποίο το βρέφος βαδίζει με τον τρόπο αυτό.

Γιατί τα πόδια του είναι τόσο ανοιχτά και τα δάχτυλα των ποδιών του στραμμένα προς τα έξω; Ποιο όφελος παράγεται από το να κρατά τα άνω άκρα του

τόσο ψηλά; Γιατί να κάνει τόσο μικρά βήματα; Παρεμπιπτόντως, δεν έχουμε παρατηρήσει τα ίδια χαρακτηριστικά και σε ένα χιμπαντζή που περπατάει στα δύο πόδια; Γιατί άραγε να ακολουθούν το ίδιο πρότυπο βάδισης;

Πέρα από τα αναπτυξιακά πρότυπα βάδισης, ορισμένοι εμβιομηχανικοί επιστήμονες μελετούν την κίνηση σε ανθρώπους που υπέστησαν ακρωτηριασμούς ή έχουν συγγενείς σωματικές ανωμαλίες. Ο σχεδιασμός προσθετικών ειδών, για παράδειγμα, απαιτεί μεγάλη προσοχή στους εμβιομηχανικούς παράγοντες. Εάν οι κινητικές παράμετροι της μίας πλευράς του σώματος δεν είναι ίδιες με εκείνες της άλλης πλευράς, τότε αναφύονται ανωμαλίες στα κινηματικά πρότυπα που όχι μόνο προκαλούν αμηχανία στον χρήστη της πρόθεσης, αλλά ενδέχεται να οδηγήσουν και σε περαιτέρω βλάβη. Όμως, οι αρχές της εμβιομηχανικής δε χρησιμοποιούνται μόνο στα προσθετικά είδη για την αποκατάσταση της φυσικής κίνησης, αλλά και στο σχεδιασμό προσθετικών ειδών που βοηθούν την αθλητική απόδοση (Εικόνα 1.6).

Ο κοινός τόπος σε όλα τα πιο πάνω παραδείγματα (ίσως με εξαίρεση εκείνο του βρέφους) είναι τα πολυάριθμα είδη εξοπλισμού που χρησιμοποιούνται για την εκγύμναση των αθλητών και, στο πλαίσιο της αποκατάστασης, για την απόκτηση ή την ανάκτηση μυϊκής δύναμης και αντοχής (Εικόνα 1.7). Με τη βοήθεια της χρήσης των αρχών της εμβιομηχανικής, το κάθε τμήμα του εξοπλισμού εκγύμνασης σχεδιάζεται έτσι ώστε να παράγει βέλτιστα αποτελέσματα με ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση του κινδύνου τραυματισμού του χρήστη.

Αυτές είναι μερικές μόνο από τις πολλές καταστά-



Εικόνα 1.6 Ένα άτομο με ακρωτηριασμό που τρέχει με προσθετικά μέλη. Ποιες θεωρείτε ότι είναι οι σημαντικές πτυχές του σχεδιασμού προσθετικών μελών για αθλητές; © TTStock/Shutterstock

σεις όπου η εμβιομηχανική ανάλυση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απόκτηση μεγαλύτερης γνώσης και κατανόησης. Όπως δείχνουν αυτά τα παραδείγματα, πολλές αξίες που ορίζονται ως *κινηματικές* ή *κινητικές* στην πραγματικότητα είναι γνωστές με κάποιο τρόπο στους περισσότερους ανθρώπους. Οι εμβιομηχανικοί απλώς μελετούν τις παραμέτρους με μεγαλύτερη αναλυτικότητα. Μολονότι πολλές κινητικές και κινηματικές αξίες της εμβιομηχανικής είναι κατά κάποιο τρόπο οικείες, το πεδίο της εμβιομηχανικής συχνά θεωρείται λανθασμένα απομονωμένο από τις άλλες υποεπιστήμες της κίνησης. Επομένως, ένας από τους κύριους στόχους αυτού του συγγράμματος είναι να προσφέρει τις απαραίτητες συνδέσεις μεταξύ της εμβιομηχανικής και άλλων επιστημών. Θα ξεκινήσουμε με κάποιες εξηγήσεις σχετικά με τα συναφή πεδία μελέτης που θα αναφέρονται σε όλο το σύγγραμμα παραπέμποντας στα παραδείγματα που δώσαμε προηγουμένως για να δείξουμε τις οπτικές γωνίες από τις οποίες άλλες επιστήμες προσεγγίζουν την ίδια κατάσταση.

1.3 ΣΧΕΣΗ ΤΗΣ ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΜΕ ΑΛΛΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

Μια εγγενής δυσκολία στη μελέτη της εμβιομηχανικής είναι πως οι συνδέσεις με το περιεχόμενο άλλων



© 3DMI/Shutterstock



© Serafino Mozzo/Shutterstock



© Nestor Ryzhniak/Shutterstock



© Julian Rovagnati/Shutterstock

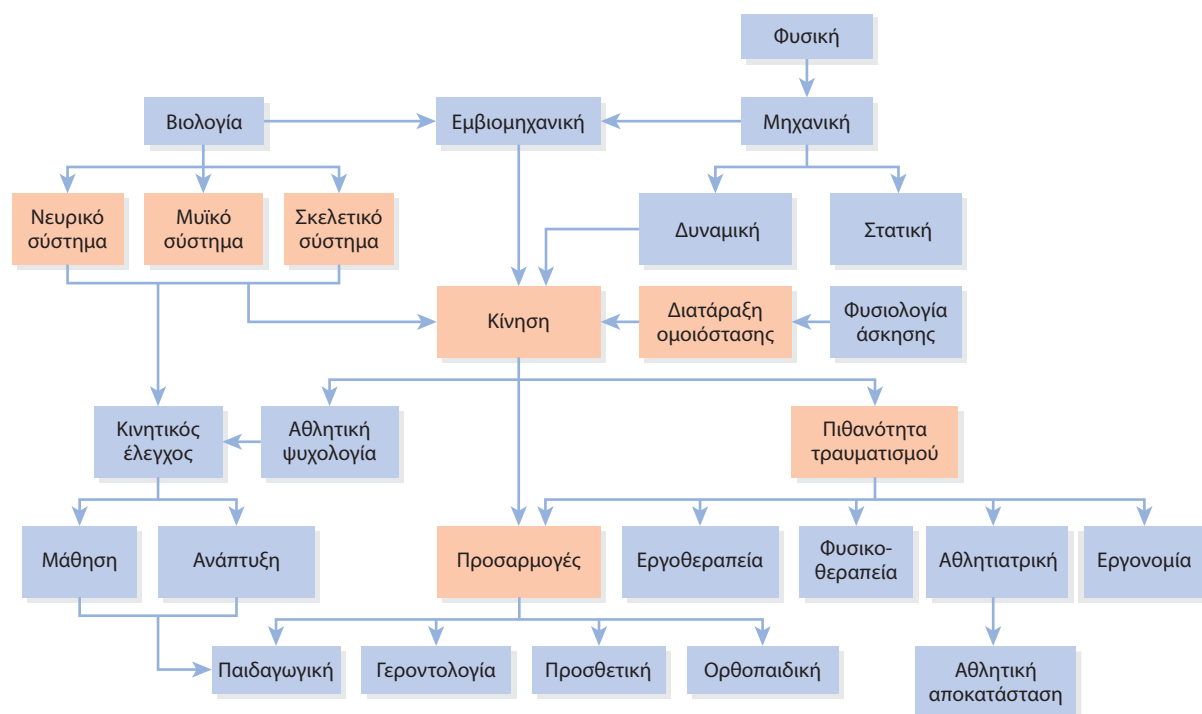
Εικόνα 1.7 Εξοπλισμός άσκησης και αποκατάστασης. Παρατηρήστε τα σχεδιαστικά στοιχεία των διάφορων οργάνων. Γιατί έχουν τόσες πολλές δομικές διαφορές;

μαθημάτων μπορεί να μην είναι τόσο άμεσα εμφανείς. Στην πραγματικότητα, είναι δύσκολο να φανταστούμε ένα πεδίο περισσότερο διεπιστημονικό από εκείνο της εμβιομηχανικής (Εικόνα 1.8).

Σε ένα επιφανειακό επίπεδο, η εμβιομηχανική αφορά την κίνηση, και η κίνηση προκαλείται από τη συστολή σκελετικών μυών. Αλλά για να κατανοηθεί η συστολή ενός σκελετικού μύος, πρέπει να θεωρήσουμε πτυχές όπως οι τύποι των μυϊκών ινών και ο μεταβολισμός, θέματα που παραδοσιακά μελετώνται από την επιστήμη της **φυσιολογίας της άσκησης** (η μελέτη της φυσιολογίας υπό συνθήκες κατά τις οποίες το σωματικό έργο έχει προκαλέσει διατάραξη της ομοιόστασης). Ο σπουδαστής της εμβιομηχανικής πρέπει επίσης να ασχοληθεί με τους μηχανισμούς που χρησιμοποιεί το νευρικό σύστημα για να ελέγξει και να συντονίσει τις πολυσύνθετες κινήσεις του μυοσκελετικού συστήματος, οι οποίες εμπίπτουν στο ειδικό πεδίο του **κινητικού ελέγχου**.

Φυσιολογία της άσκησης (Exercise physiology) Η μελέτη της φυσιολογίας υπό συνθήκες κατά τις οποίες το σωματικό έργο έχει διαταράξει την ομοιόσταση.

Κινητικός έλεγχος (Motor control) Μηχανισμοί που χρησιμοποιούνται από το νευρικό σύστημα για τον έλεγχο και τον συντονισμό των κινήσεων του μυοσκελετικού συστήματος.



Εικόνα 1.8 Διασυνδέσεις των επιστημών της κίνησης

Ο κινητικός έλεγχος εξελίσσεται σε όλο το διάστημα της ζωής του ανθρώπου (**κινητική ανάπτυξη**) και μπορεί να υποστεί σχετικά μόνιμη μεταβολή και να βελτιωθεί με την εμπειρία, την εξάσκηση ή και τα δύο (**κινητική μάθηση**). Οι μεταβολές στον κινητικό έλεγχο συνοδεύονται από μεταβολές στα εμβιομηχανικά πρότυπα κίνησης. Ορισμένα επιστημονικά πεδία της κίνησης ασχολούνται με την ανθρώπινη κίνηση όπως αυτή εφαρμόζεται στο εργασιακό περιβάλλον. Η **εργονομία**, για παράδειγμα, είναι μια επιστήμη που εξετάζει την αλληλεπίδραση ανθρώπου-μηχανής. Οι εργονόμοι χρησιμοποιούν πολλές εμβιομηχανικές τεχνικές στην ανάλυση του εργασιακού περιβάλλοντος. Άλλες συναφείς επιστήμες ασχολούνται με την πρόληψη, την άμεση θεραπεία και την αποκατάσταση τόσο σε οξείες όσο και σε χρόνιες κακώσεις που προκύπτουν από την ανθρώπινη κίνηση. Η **φυσικοθεραπεία** και η **εργοθεραπεία** είναι

Κινητική ανάπτυξη (Motor development) Πρόοδος του κινητικού ελέγχου κατά τη διάρκεια της ζωής λόγω ωρίμανσης.

Κινητική μάθηση (Motor learning) Σχετικά μόνιμες μεταβολές στην ικανότητα του κινητικού ελέγχου ως αποτέλεσμα της εμπειρίας ή της εξάσκησης.

Εργονομία (Ergonomics) Επιστημονικό πεδίο που ασχολείται με τη διάδραση ανθρώπου-μηχανής.

Φυσικοθεραπεία (Physical therapy) Επιστημονικό πεδίο που ασχολείται με την αξιολόγηση και τη θεραπεία κινητικών ανωμαλιών.

Εργοθεραπεία (Occupational therapy) Επιστημονικό πεδίο που εστιάζει στη βελτίωση της ικανότητας των ανθρώπων να εκτελούν δραστηριότητες της καθημερινής ζωής και αυτοε-

τα πεδία που ασχολούνται ειδικότερα με την αξιολόγηση και τη θεραπεία κινητικών ανωμαλιών. Η διαταραχή της κίνησης μπορεί να προκληθεί από τραυματισμό, έλλειψη συντονισμού, μυϊκή ανισορροπία ή συγγενείς παθήσεις. Οι φυσικοθεραπευτές και οι εργοθεραπευτές πρέπει να είναι εξοικειωμένοι με τις εμβιομηχανικές αρχές, έτσι ώστε να είναι σε θέση να διαγνώσουν διαταραχές της κίνησης και να σχεδιάσουν την καταλληλότερη παρέμβαση. Στον τομέα της **αθλητιατρικής**, επαγγελματίες όπως οι γυμναστές αποκατάστασης επικεντρώνονται στην πρόληψη και την άμεση διαχείριση των τραυματισμών που σημειώνονται κατά τη διάρκεια αθλητικών δραστηριοτήτων. Η πρόληψη των κακώσεων μπορεί να απαιτεί μεθόδους όπως είναι η τοποθέτηση νάρθηκα και η περίδεση, μέθοδοι και οι δύο που μπορούν να επηρεάσουν τη φυσική ανθρώπινη κίνηση. Τα πρότυπα κίνησης μπορεί να είναι ασυνήθιστα λόγω παροδικών ή μόνιμων σωματικών μεταβολών που συμβαίνουν εγγενώς ή εξαιτίας κάκωσης ή νόσου. Αν υπάρχουν τέτοιες μεταβολές, ο εμβιομηχανικός πρέπει να ασχοληθεί με την απόκλιση από τα αναμενόμενα κινητικά πρότυπα καθώς και με τις αντισταθμιστικές κινήσεις· αυτές οι μεταβολές μπο-

ξυπνήτωσης (δηλαδή «εργασίες») έπειτα από τραυματισμό, αναπηρία ή άλλη πάθηση.

Αθλητιατρική (Sports medicine) Επιστημονικό πεδίο που ασχολείται με την πρόληψη, την άμεση θεραπεία και την αποκατάσταση κακώσεων που σημειώνονται κατά τη διάρκεια συμμετοχής σε αθλήματα.

ρούν συλλογικά να ονομαστούν **προσαρμοσμένη κίνηση**. Οποσδήποτε αλληλένδετες με όλα αυτά τα πεδία είναι οι επιστήμες της **παιδαγωγικής** (η μελέτη της διδασκαλίας) και η **προπονητική**. Οι γυμναστές και οι προπονητές εργάζονται με άτομα διαφόρων ηλικιών και ηλικιακών ομάδων και πρέπει να προσπαθήσουν να τροποποιήσουν ή να βελτιώσουν τις κινητικές συμπεριφορές, λαμβάνοντας ταυτόχρονα υπόψη τις διαφορετικές ικανότητες του πληθυσμού με τον οποίο εργάζονται. Οι διαφορές της ικανότητας τις οποίες οι γυμναστές και οι προπονητές καλούνται να αντιμετωπίσουν πηγάζουν από τις αλληλεπιδράσεις των ανατομικών, εμβιομηχανικών, κινητικών, και φυσιολογικών παραγόντων που είναι μοναδικοί για το κάθε άτομο σε μια δεδομένη χρονική στιγμή. Αυτό που μοιράζονται όλες οι επιστήμες της κίνησης είναι η κατανόηση της **λειτουργικής ανατομίας**. Ανεξάρτητα από το ποια είναι η επιστήμη της κίνησης, ο επαγγελματίας πρέπει πάντα να έχει μια διεξοδική γνώση του ανθρώπινου σώματος. Πρέπει να γνωρίζει πώς κινείται το σώμα όταν είναι υγιές για να ξέρει πότε έχει υποστεί κάκωση. Η κατανόηση των διασυνδέσεων ανάμεσα στα διάφορα συστήματα του σώματος είναι επίσης σημαντική προκειμένου να σταθμιστεί αν η βλάβη σε μια περιοχή μπορεί να προκαλέσει διαταραχές και σε μια φαινομενικά άσχετη περιοχή του σώματος.

Στην ενότητα αυτή ασχοληθήκαμε ήδη με ορισμένους από τους βασικούς όρους των επιστημών που συνδέονται με την εμβιομηχανική και παρουσιάσαμε κάποιες επιφανειακές συνδέσεις με άλλα επιστημονικά πεδία. Ωστόσο, για να γίνουν πλήρως κατανοητές οι σχέσεις μεταξύ της εμβιομηχανικής και των άλλων επιστημών της κίνησης, χρειάζεται μια κάπως βαθύτερη επισκόπηση ορισμένων από αυτές τις συναφείς επιστήμες. Τα πεδία που ακολουθούν δεν είναι τα μόνα με τα οποία σχετίζεται η εμβιομηχανική, αλλά απλώς αυτά που σχετίζονται αμεσότερα και επομένως θα συζητηθούν περισσότερο μέσα στο σύγγραμμα.

Φυσιολογία της άσκησης

Η ομορφιά του ανθρώπινου σώματος μπορεί να εκτιμηθεί καλύτερα όταν τα συστήματά του υποβάλλονται

Προσαρμοσμένη κίνηση (Adapted movement) Πρότυπα κίνησης που αναπτύσσονται ως αντιστάθμιση σε μεταβολές του φυσικού σώματος.

Παιδαγωγική (Pedagogy) Μελέτη των αρχών και των μεθόδων εκπαίδευσης.

Προπονητική (Coaching) Μελέτη των αρχών και των μεθόδων εκπαίδευσης των αθλητών.

Λειτουργική ανατομία (Functional anatomy) Μελέτη των ειδικών λειτουργιών των επιμέρους δομών που συνθέτουν έναν οργανισμό.

σε δοκιμασία, όπως π.χ. κατά την άσκηση, όπου απαιτείται η συνεργασία όλων των συστημάτων του σώματος. Το νευρικό σύστημα ενεργοποιεί τη μυϊκή συστολή ώστε να κινηθεί το σκελετικό σύστημα και στη συνέχεια συντονίζει τους διάφορους μύες για την ομαλή κίνηση καθόλη τη διάρκεια της άσκησης. Η αυξημένη δραστηριότητα του μυϊκού συστήματος απαιτεί την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας για την τροφοδότηση της μυϊκής συστολής, ενέργεια η οποία παρέχεται από τα μεταβολικά συστήματα υπό τη μορφή τριφωσφορικής αδενοσίνης (ATP). Για τη σύνθεση ATP από τον μεταβολικό μηχανισμό απαιτούνται δύο πράγματα: οξυγόνο και διατροφικά «καύσιμα», όπως το λίπος και οι υδατάνθρακες. Το αναπνευστικό σύστημα εισάγει οξυγόνο με τη μορφή αέρα (και απομακρύνει το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται κατά τον μεταβολισμό). Το οξυγόνο που εισέρχεται στο σώμα πρέπει με κάποιο τρόπο να μεταφερθεί, όπως άλλωστε και το λίπος και οι υδατάνθρακες που χρησιμοποιούνται ως καύσιμα. Το καρδιαγγειακό σύστημα μεταφέρει το οξυγόνο και τα καύσιμα μέσω του αίματος που ρέει στα αγγεία, με την καρδιά να λειτουργεί ως κυκλοφορική αντλία. Το καύσιμο –λίπος και υδατάνθρακες– εισέρχεται στο σώμα μέσω του πεπτικού συστήματος. Όμως, είναι το ενδοκρινικό σύστημα που ελέγχει το κατά πόσο αυτά τα καύσιμα θα αποθηκευτούν στους ιστούς του σώματος ή θα ελευθερωθούν στην αιματική ροή προκειμένου να μεταφερθούν. Ανάμεσα στις μυριάδες άλλες λειτουργίες του, το ενδοκρινικό σύστημα, επηρεάζει τους ρυθμούς των μεταβολικών οδών και τις ποικίλες οξείες (άμεσες) και χρόνιες (μακροπρόθεσμες) φυσιολογικές προσαρμογές στην άσκηση. Κατά τη διαδικασία της μυϊκής συστολής και του μεταβολισμού, παράγονται μεγάλες ποσότητες θερμότητας. Για να προληφθεί η θερμοπληξία, η ποσότητα της θερμότητας που παράγεται κατά τη διάρκεια του μεταβολισμού πρέπει να μεταφερθεί (και πάλι από το καρδιαγγειακό σύστημα) στο δέρμα (καλυπτήριο σύστημα), προκειμένου να διαχυθεί. Μεγάλο μέρος της μεταβολικής θερμότητας τελικά χάνεται με την εξάτμιση του ιδρώτα. Η λειτουργία των ιδρωτοποιών αδένων και η πρόληψη της αφυδάτωσης που προκαλείται από την απώλεια του νερού του ιδρώτα ρυθμίζεται εν μέρει από το ενδοκρινικό σύστημα. Έτσι, το πεδίο της φυσιολογίας της άσκησης γεννήθηκε από τη μελέτη των διάφορων οξέων και χρόνιων μεταβολών που σημειώνονται στα συστήματα του ανθρώπινου σώματος όταν διαταράσσεται η ομοιόστασή του. Όπως δείχνει αυτή η εξαιρετικά απλουστευτική αλληλουχία συμβάντων, τίποτα δεν προκαλεί μεγαλύτερη διαταραχή της ομοιόστασης από την άσκηση.

Στα προηγούμενα παραδείγματα, αναφέραμε μια

ποδοσφαιρίστρια, μια κολυμβήτρια, έναν σκέιτερ και ένα βρέφος που βαδίζει. Θα έμπαινε κάποιος στον πειρασμό να περιοριστεί λέγοντας ότι ο φυσιολόγος της άσκησης προσεγγίζει την κάθε κατάσταση εξετάζοντας τις μεταβολικές ανάγκες, τις ανάγκες άσκησης, κ.ο.κ., αλλά η κάθε κατάσταση είναι πιο πολύπλοκη από ό,τι δείχνει εκ πρώτης όψεως. Οι μύες παράγουν δυνάμεις και οι δυνάμεις εμπίπτουν στο πεδίο της *κινητικής* ανάλυσης. Επομένως, η εμβιομηχανική και η φυσιολογία της άσκησης συνδέονται αυτομάτως μέσω του μυϊκού συστήματος. Στην περίπτωση της τραυματισμένης ποδοσφαιρίστριάς μας, ένας αιτιολογικός παράγοντας της κάκωσης που υπέστη μπορεί να είναι ο μυϊκός κάματος (κόπωση). Η δύναμη που παράγεται από τους μύες δεν χρησιμοποιείται μόνο για να κινηθεί το σώμα, αλλά και για τη διατήρηση της ακεραιότητας των αρθρώσεων. Έτσι, καθώς οι μύες κουράζονται, η κινηματική του σώματος μεταβάλλεται και μειώνεται η ικανότητα τους να συγκρατούν γερά την άρθρωση, με αποτέλεσμα να προκαλείται κάκωση λόγω μεταβολής της *κινητικής*. Στην περίπτωση της κολυμβήτριας, η κινητική που προκύπτει από τη μυϊκή δύναμη είναι επίσης ένα πρόβλημα. Όμως μπορεί να υπάρχουν και λιγότερο προφανείς παράγοντες. Η απόδοση στο νερό επηρεάζεται από τη θερμοκρασία. Το μυϊκό σύστημα βοηθά στη διατήρηση της σωστής θερμοκρασίας του σώματος με το να τρέμει όταν κάνει πολύ κρύο. Όταν οι μύες τρέμουν, δεν μπορούν να συμβάλουν στη χεριά τόσο αποτελεσματικά όσο χρειάζεται (κινητική μεταβολή), οπότε η κινηματική της κολύμβησης μεταβάλλεται. Οι μυϊκές δυνάμεις είναι απαραίτητες για να αναγκάσουν τη σανίδα να αναπηδήσει από το έδαφος κατά την εκτέλεση ενός ollie. Όταν ο σκέιτερ πραγματοποιεί το ollie, απαιτούνται μυϊκές δυνάμεις για την ελεγχόμενη προσγείωση. Τέλος, ένας αναγκαίος παράγοντας για να περπατήσει ένα βρέφος είναι η μυϊκή δύναμη, η οποία χρειάζεται για να σταθεί όρθιο, για να κινηθεί το ένα πόδι εμπρός και για να υποστηρίξει το βάρος του σώματός του στο ένα πόδι. Επομένως, καθώς μεταβάλλεται η μυϊκή δύναμη, μεταβάλλεται και η κινηματική της βάρδισης.

Όπως δείχνουν αυτά τα παραδείγματα, ο σύνδεσμος μεταξύ φυσιολογίας της άσκησης και εμβιομηχανικής είναι το νευρομυϊκό σύστημα. Οι μύες είναι οι μεταβολικές μηχανές που προκαλούν την κίνηση του σκελετικού συστήματος, και τόσο οι μύες όσο και ο σκελετός υπόκεινται σε διάφορους εμβιομηχανικούς παράγοντες. Επομένως, οι μύες είναι ένας *κινητικός* παράγοντας που επηρεάζει τις *κινηματικές* αξίες. Επιπλέον, οι μύες ελέγχονται από το νευρικό σύστημα και βασίζονται σε αυτό για την ελεγχόμενη,

σκόπιμη κίνηση. Το μυοσκελετικό και το νευρικό (κινητικό) σύστημα είναι τόσο αλληλένδετα, που ο σπουδαστής πρέπει να διαθέτει μια βαθιά κατανόηση του κινητικού συστήματος για να κατανοήσει πλήρως την εμβιομηχανική.

Κινητική συμπεριφορά

Στην ενότητα αυτή θα συζητηθούν τέσσερις όροι που είναι παρόμοιοι και αυτό συχνά μπορεί να προκαλέσει σύγχυση. Ο λόγος για τον οποίο κατατάσσονται μαζί είναι η λέξη που όλοι μοιράζονται: *κινητικός* (-ή). Η κινητική συμπεριφορά ορίζεται από τρεις υποπεριοχές: τον κινητικό έλεγχο, την κινητική ανάπτυξη και την κινητική μάθηση. Ο καθένας από αυτούς τους όρους ορίζει την ανθρώπινη κίνηση με διαφορετικό τρόπο, αλλά είναι όλοι τους αλληλένδετοι. Ο κινητικός έλεγχος είναι μια θεωρητική περιοχή που περιγράφει με ποιον τρόπο το νευρικό σύστημα ελέγχει τη μυϊκή ενεργοποίηση για τη συντονισμένη εκτέλεση μιας κινητικής δεξιότητας. Η κινητική ανάπτυξη ασχολείται με τους τρόπους με τους οποίους ο κινητικός έλεγχος μεταβάλλεται μέσα στον χρόνο. Τέλος, η κινητική μάθηση περιγράφει τους τρόπους με τους οποίους οι άνθρωποι μαθαίνουν κινητικές δεξιότητες και τις βελτιώνουν.

Κινητικός έλεγχος

Οι θεωρίες του κινητικού ελέγχου επιχειρούν να εξηγήσουν με ποιον τρόπο το νευρικό σύστημα ελέγχει τους μύες κατά τη διάρκεια σύνθετων κινήσεων. Ανάλογα με την κίνηση, οι άνθρωποι βασίζονται σε ένα από τα δύο συστήματα ελέγχου: το σύστημα ανοικτού ή το σύστημα κλειστού κυκλώματος. Οι κινήσεις **ανοικτού κυκλώματος** συμβαίνουν τόσο γρήγορα, που ο εγκέφαλος δεν έχει αρκετό χρόνο για να λάβει ανατροφοδότηση που να μπορεί να επηρεάσει την απόδοσή του εκείνη τη στιγμή, ενώ οι κινήσεις **κλειστού κυκλώματος** μπορούν να μεταβληθούν κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης, επειδή ο εγκέφαλος λαμβάνει αισθητηριακή ανατροφοδότηση από τα μάτια, τα αυτιά, και τους **ιδιοδεκτικούς υποδοχείς**, δηλ. εσωτερικούς υποδοχείς που βρίσκονται σε όλο το

Ανοικτό κύκλωμα ελέγχου (Open-loop) Κινήσεις που εκτελούνται τόσο γρήγορα ώστε να μην μπορούν να τροποποιηθούν από την αισθητηριακή ανατροφοδότηση.

Κλειστό κύκλωμα ελέγχου (Closed-loop) Κινήσεις που μπορούν να μεταβληθούν κατά τη διάρκεια της εκτέλεσής τους λόγω αισθητηριακής ανατροφοδότησης.

Ιδιοδεκτικοί υποδοχείς (Proprioceptors) Υποδοχείς υπεύθυνοι για την παροχή πληροφοριών που αφορούν τη θέση των αρθρώσεων, την ταχύτητα, τη μυϊκή τάση και τον ρυθμό μεταβολής του μήκους του μυός, καθώς και άλλες σημαντικές πληροφορίες που σχετίζονται με τη διατήρηση της ισορροπίας.



Εικόνα 1.9 Μια κίνηση ανοικτού κυκλώματος ελέγχου που εκτελείται από μια μπάτερ του σόφτμπολ. Ποιο είναι το κύριο στοιχείο που την ορίζει ως κίνηση ανοικτού κυκλώματος ελέγχου; © Jon Osumi/Shutterstock

σώμα και παρέχουν πληροφορίες για τη δύναμη, την ταχύτητα και τη θέση.

Ένα παράδειγμα μιας δραστηριότητας ανοικτού κυκλώματος είναι το χτύπημα της μπάλας μετά από μια ταχεία ρίψη στο σόφτμπολ (Εικόνα 1.9). Καθώς η πίτσερ πετάει με το χέρι της τη μπάλα, η μπάτερ πρέπει να αποφασίσει γρήγορα αν θα περιστρέψει ή όχι το ρόπαλο για να χτυπήσει τη μπάλα. Αν η μπάτερ αποφασίσει να χτυπήσει, επιλέγεται ένα κινητικό πρόγραμμα και η πληροφορία διαβιβάζεται μονομιάς στους μύες. Άπαξ και ξεκινήσει μια δυνατή περιστροφή, είναι σχεδόν αδύνατο να σταματήσει, και η παίκτρια μπορεί να τραυματιστεί στην προσπάθεια της να ανακόψει την περιστροφή και να μην χτυπήσει τη μπάλα (check swing). Μολονότι η μπάτερ λαμβάνει αισθητηριακή ανατροφοδότηση κατά τη διάρκεια της περιστροφικής κίνησης του ροπαλού (δηλαδή, αγγίζει ή χάνει τη μπάλα), η κίνηση αυτή συμβαίνει τόσο γρήγορα που δεν έχει την ευκαιρία να μεταβάλει την εκτέλεσή της. Οι αισθητηριακές πληροφορίες που συλλέγονται κατά την περιστροφή μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην επόμενη εκτέλεση, αλλά όχι εκείνη τη στιγμή.

Αντίθετα, κατά τη διάρκεια των κινήσεων κλειστού κυκλώματος ελέγχου ο εκτελεστής λαμβάνει ανατροφοδότηση που μπορεί να επηρεάσει την κίνηση που βρίσκεται σε εξέλιξη. Με άλλα λόγια, ο εγκέφαλος δίνει εντολή για την κίνηση και εν συνεχεία ο εκτελεστής αναπροσαρμόζεται σε μια δυναμική κατάσταση με τη χρήση της ανατροφοδότησης. Συνεχίζοντας το παράδειγμα του σόφτμπολ, ας υποθέσουμε ότι η μπάτερ αγγίζει τη μπάλα και η μπάλα διανύει τροχιά μέσα στην εσωτερική περιοχή του παιχνιδιού. Για να καταλάβουμε την κίνηση κλειστού κυκλώματος, ας υποθέσουμε ότι η μπάλα χτυπήθηκε

και στάλθηκε ψηλά προς την εξωτερική περιοχή. Μια εξωτερική παίκτρια (outfielder) αρχίζει να κινείται προς την κατεύθυνση της μπάλας, αλλά μπορεί να χρειαστεί να αναπροσαρμόσει τη θέση ή την ταχύτητά της, χρησιμοποιώντας οπτική ανατροφοδότηση για να πιάσει τη μπάλα εκεί όπου τελικά θα πέσει. Περιβαλλοντικοί παράγοντες όπως ο άνεμος ενδέχεται να καθιστούν απαραίτητες διάφορες διορθώσεις και οι διορθώσεις αυτές γίνονται με βάση την ανατροφοδότηση που λαμβάνεται από τον εγκέφαλο κατά τη διάρκεια της κίνησης (Εικόνα 1.10).

Όλες οι κινήσεις που αναφέρθηκαν προηγουμένως (ποδόσφαιρο, κολύμπι, σκέιτμπορντ και βιάτση) αποτελούν συντονισμένες δεξιότητες που πρέπει να ελεγχθούν από το νευρικό σύστημα. Τα αθλήματα του ποδοσφαίρου, της κολύμβησης και του σκέιτμπορντ απαιτούν πολλές και διάφορες δεξιότητες. Σε ορισμένες περιπτώσεις, πρόκειται για δεξιότητες ανοικτού κυκλώματος, ενώ σε άλλες για δεξιότητες κλειστού κυκλώματος. Παρότι η εξωτερική *κινητική* της κατάστασης μπορεί να μην επηρεάζεται από το αν η δεξιότητα είναι ανοικτού ή κλειστού κυκλώματος, είναι δυνατό να επηρεάζεται η εσωτερική *κινητική* (μυϊκές δυνάμεις) και η προκύπτουσα *κινηματική*. Με άλλα λόγια, όταν η εξωτερική ανατροφοδότηση λαμβάνεται από τον εκτελεστή κατά τη διάρκεια της κίνησης, ο τρόπος με τον οποίο εκτελείται η κίνηση μπορεί να μεταβάλλεται από στιγμή σε στιγμή. Η ποδοσφαιρίστρια, π.χ., μπορεί να έχει προσλάβει κάποια αποπροσανατολιστική ανατροφοδότηση κατά την εκτέλεση της κίνησης και η απόσπαση της συγκέντρωσης μπορεί να έχει μεταβάλει τη μυϊκή *κινητική* και την *κινηματική* της δεξιότητας με τέτοιο τρόπο, που να αυξήθηκαν οι πιθανότητες τραυματισμού. Ομοίως, η *κινητική* και η *κινηματική* των δεξιοτήτων στην κολύμβηση και το σκέιτμπορντ επηρεάζονται από το κατά πόσο αυτές είναι ανοικτού ή κλειστού κυκλώματος ελέγχου. Αν η δεξιότητα είναι ανοικτού κυκλώματος, η *κινητική* και η *κινηματική* μπορεί να μεταβληθούν κατά τη διάρκεια της κίνησης. Αυτές οι μεταβολές μπορεί να αποβούν προς το καλύτερο, αλλά και προς το χειρότερο.

Κινητική ανάπτυξη

Το ανθρώπινο σώμα αρχίζει ως ένα κύτταρο το οποίο πολλαπλασιάζεται σε τρισεκατομμύρια διαφοροποιημένα κύτταρα που τελικά σχηματίζουν τους νευρικούς, σκελετικούς, μυϊκούς και άλλους ιστούς. Από τη γέννηση έως την προχωρημένη ηλικία, το σώμα βρίσκεται σε μια δυναμική κατάσταση μεταβολής. Οι αρχέγονες κινήσεις που παρατηρούνται κατά τη γέννηση δεν είναι εκούσιες, αλλά αντανακλαστικές συμ-

? ΕΠΙΚΕΝΤΡΩΣΗ ΣΤΗΝ ΕΡΕΥΝΑ

Σε ολόκληρο το σύγγραμμα, περιλαμβάνουμε ενότητες που έχουν ως σκοπό να αναδείξουν την ποικιλομορφία και τη διεπιστημονικότητα της έρευνας στο πεδίο της εμβιομηχανικής. Αυτό είναι το πρώτο κεφάλαιο, και δεν έχουμε ακόμη αναπτύξει επαρκώς τις απαραίτητες έννοιες που να επιτρέπουν την πλήρη κατανόηση των ερευνητικών μελετών. Επομένως, προς το παρόν θα αναφέρουμε απλώς κάποιες μελέτες που σχετίζονται με τις εισαγωγικές μας πληροφορίες.

Σε ένα τεύχος της επιστημονικής επιθεώρησης *Journal of Strength and Conditioning Research*, περιλαμβάνεται ένα άρθρο που εξετάζει τις δράσεις και τις δυνάμεις που παρατηρούνται σε μία από τις συνηθέστερες κινήσεις της προπόνησης με βάρη, το κάθισμα: “Squatting Kinematics and Kinetics and Their Application to Exercise Performance” (Schoenfeld, 2010). Παρατηρήστε τις λέξεις *κινηματική* και *κινητική*: δείχνουν ότι η μελέτη επικεντρώνεται τόσο στα χωρικά όσο και στα χρονικά χαρακτηριστικά των κινήσεων του κάτω μέρους του σώματος, καθώς και στις δυνάμεις που τις προκαλούν. Χρησιμοποιώντας πληροφορίες που συνέλεξε κατά τη διάρκεια της μελέτης, ο συγγραφέας παρέχει συστάσεις για τη βέλτιστη απόδοση του καθίσματος και την ασφάλεια.

Η μελέτη που μόλις αναφέρθηκε είναι ένα μόνο παράδειγμα από τις ποικίλες εφαρμογές που έχει

η εμβιομηχανική έρευνα, η οποία χρησιμοποιείται και για την ενίσχυση της ασφάλειας των συμμετεχόντων σε ένα άθλημα. Ένα επίκαιρο ζήτημα στον αθλητισμό είναι η συχνότητα της διάσεισης στο αμερικανικό ποδόσφαιρο (φούτμπολ). Σε μια προσπάθεια να σχεδιάσουν εξοπλισμό που να μειώνει την πιθανότητα κακώσεων λόγω εγκεφαλικής διάσεισης, ο Broglio και οι συνάδελφοί του συνέλεξαν τηλεμετρικά δεδομένα πραγματικού χρόνου για χτυπήματα στο κεφάλι λόγω σύγκρουσης προερχόμενα από αθλητές της δευτεροβάθμιας και τριτοβάθμιας εκπαίδευσης σε μια μελέτη με τίτλο “High School and College Football Athlete Concussions: A Biomechanical Review” (Broglio et al., 2012). Η κατανόηση των δυνάμεων της γραμμικής και γωνιακής επιτάχυνσης που ασκούνται στο κεφάλι κατά τη διάρκεια ενός χτυπήματος μπορούν να βοηθήσουν στον σχεδιασμό ενός καλύτερου κράνους και στην εξέταση κανόνων που θα μπορούσαν να μειώσουν τη συχνότητα και τη σοβαρότητα των τραυματικών εγκεφαλικών κακώσεων. Καθώς θα αναπτύσσουμε τις εμβιομηχανικές έννοιες σε μεγαλύτερο βάθος, θα περιλαμβάνουμε όλο και περισσότερα στοιχεία στην ενότητα «Επικέντρωση στην έρευνα». Προς το παρόν, αρκεί να αρχίσουμε να σκεπτόμαστε για τα διάφορα ζητήματα που μπορούν να ερευνηθούν με τη χρήση των αρχών της εμβιομηχανικής.

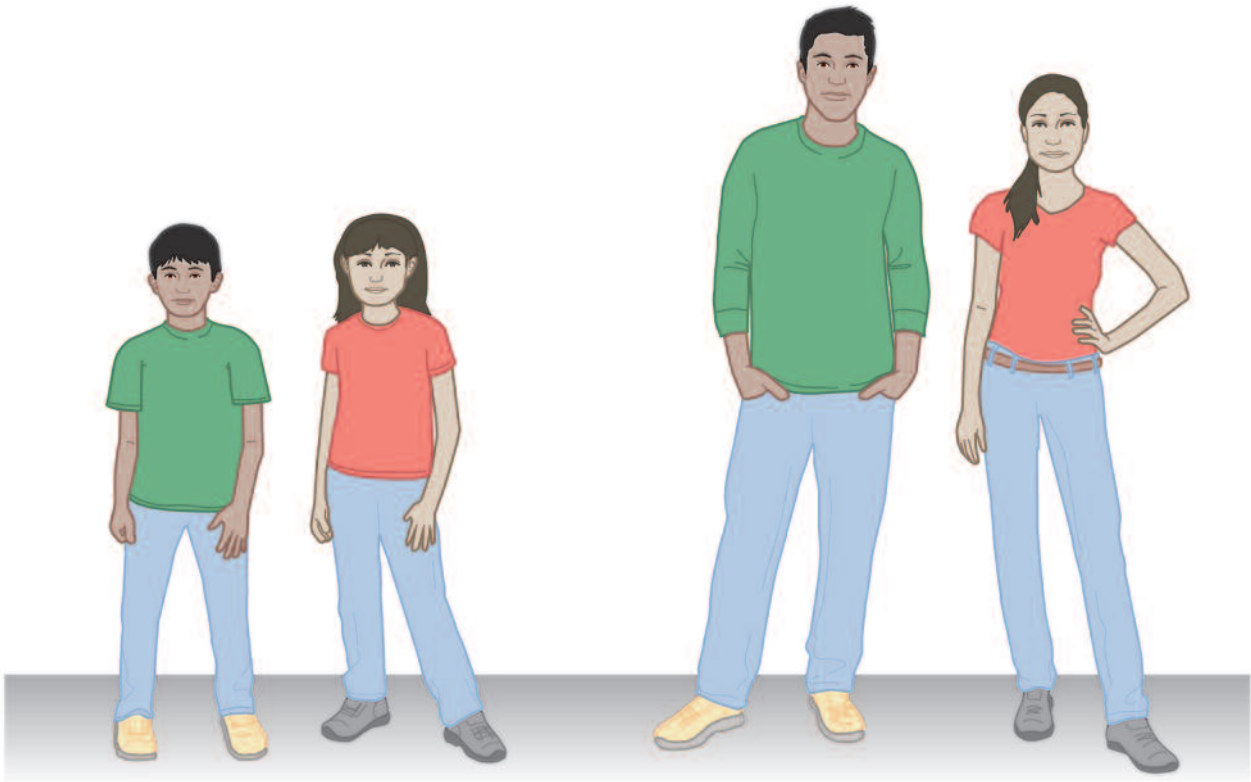


Εικόνα 1.10 Μια κίνηση κλειστού κυκλώματος ελέγχου: εναέρια μπαλιά (fly ball). Μπορείτε να σκεφτείτε μια κίνηση ανοικτού κυκλώματος από μια εξωτερική παίκτηρια; © Chris Allan/Shutterstock

περιφορές σχεδιασμένες για τη συλλογή πληροφοριών που σχετίζονται με τη θρέψη και την προστασία του σώματος. Η εκούσια κίνηση αρχίζει μόνο όταν το

νευρικό και το μυϊκό σύστημα είναι επαρκώς έτοιμα, με τα αντανακλαστικά να αναστέλλονται καθώς αναλαμβάνει ο εκούσιος έλεγχος. Η ανάπτυξη είναι αρκετά σταθερή από τη γέννηση μέχρι την εφηβεία, οπότε το σώμα αρχίζει να υφίσταται τεράστιες μεταβολές. Ως αποτέλεσμα των περιόδων σταθερής ή ταχείας ανάπτυξης, η δυναμική της κίνησης μεταβάλλεται. Τα μακρύτερα άκρα και οι μεγαλύτεροι μύες δίνουν τη δυνατότητα να αυξηθεί η απόδοση στο τρέξιμο και τη ρίψη· ωστόσο, το νευρικό σύστημα πρέπει να μάθει να προσαρμόζεται στο νέο μεγαλύτερο μήκος των άκρων.

Όσοι ενδιαφέρονται για την προπόνηση νεαρών αθλητών και των δύο φύλων, θα είναι ευτυχείς να μάθουν ότι τα κορίτσια και τα αγόρια διαφέρουν πολύ λίγο στη δομή και τη φυσιολογία μέχρι να φτάσουν στην εφηβεία. Ελάχιστοι λόγοι υπάρχουν για τον διαχωρισμό αγοριών και κοριτσιών σε δραστηριότητες αναψυχής και στις αθλητικές δραστηριότητες. Όλα τα παιδιά έχουν παρόμοιες δυνατότητες και παρόμοιους μηχανισμούς απόκτησης δύναμης, αερο-



Εικόνα 1.11 Μέγεθος σώματος των ατόμων θηλυκού και αρσενικού φύλου πριν και μετά την εφηβεία. Με ποιο τρόπο οι σωματικές μεταβολές που οφείλονται στην ωρίμανση θα μπορούσαν να επηρεάσουν την κίνηση του σώματος και τις αθλητικές αποδόσεις;

βικής αντοχής και κινητικών δεξιοτήτων· οι διαφορές στην απόδοση είναι συνήθως απόρροια των παρεχόμενων ευκαιριών και της εξάσκησης. Με την έναρξη της εφηβείας, αρχίζουν να σημειώνονται δραματικές μεταβολές με σχετικά γρήγορο ρυθμό και με δραματικές συνέπειες.

Οι αλλαγές που σημειώνονται κατά τη διάρκεια της εφηβείας και έπειτα από την αυτήν μπορούν να έχουν θετικές και αρνητικές επιδράσεις στην απόδοση. Οι αθλητές που είχαν μάθει να αποδίδουν σε υψηλότερα επίπεδα με τα προεφηβικά τους σώματα ενδέχεται ξαφνικά να αισθανθούν άβολα με το νέο σχήμα του σώματός τους. Η Nadia Comăneci ήταν μια ολυμπιονίκης της ενόργανης γυμναστικής, η οποία όμως ποτέ δεν επέστρεψε στα κορυφαία αγωνιστικά επίπεδα αφότου άλλαξε το μέγεθος και το βάρος του σώματός της. Ο Michael Jordan αποκλείστηκε από τη σχολική ομάδα μπάσκετ ως μαθητής της πρώτης τάξης του γυμνασίου, αλλά διέπρεψε στη συνέχεια, μόλις προσαρμόστηκε στα νέα δεδομένα μεγέθους και δύναμης. Μετά την εφηβεία, τα αγόρια αρχίζουν να παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα συγκριτικά με τα κορίτσια ως προς πολλούς φυσιολογικούς παράγοντες που επηρεάζουν

την απόδοση, όπως μεταξύ άλλων το ύψος, το σχήμα (π.χ., λόγος πλάτους ώμων-ισχίων), μήκος άκρων, λόγος μυϊκής μάζας-λίπους, καθώς και ως προς το δυναμικό να χτίσουν μεγαλύτερους μύες μέσω της υπερτροφίας (Εικόνα 1.11). Όλοι αυτοί οι παράγοντες έχουν τη δυνατότητα να επηρεάσουν τις εμβιομηχανικές αρχές στο σώμα.

Η *κινητική* και η *κινηματική* όλων των δεξιοτήτων αλλάζει με την κινητική ανάπτυξη. Στο παράδειγμα του βρέφους που βαδίζει, μπορούμε να εντοπίσουμε αρκετούς διακριτούς κινηματικούς παράγοντες: άνω άκρα κρατημένα ψηλά, πλατιά βάση στήριξης, μικρός βηματισμός, επαφές με όλο το πέλμα, και μικρή στροφή ισχίων. Καθώς το παιδί αναπτύσσεται σωματικά και νευρολογικά, αυτές οι κινηματικές αξίες μεταβάλλονται: τα άνω άκρα χαμηλώνουν και αιωρούνται σε κατεύθυνση αντίθετη με εκείνη των ποδιών, η βάση στήριξης στενεύει, ο βηματισμός μακραίνει, η επαφή των πελμάτων με το έδαφος γίνεται πρώτα με την πτέρνα και μετά με τα δάχτυλα και η στροφή των ισχίων μεγαλώνει. Τα πεδία της κινητικής ανάπτυξης και της εμβιομηχανικής συναντώνται σε μια προσπάθεια να κατανοηθεί η κινητική αυτής της αναπτυξιακής μεταβολής στη μηχανική της βάδισης.

Κινητική μάθηση

Η διαδικασία της μάθησης ξεκινά στα πρώιμα στάδια της βρεφικής ηλικίας, όταν οι άνθρωποι είναι ουσιαστικά «μηχανές αντανάκλαστικών» που αντιδρούν σε περιβαλλοντικά ερεθίσματα. Η πρώιμη κινητική μάθηση είναι μια διαδικασία «πειραματισμού και σφάλματος» (trial-and-error), όπου τα βρέφη επιχειρούν νέες δραστηριότητες. Όπως μπορεί να μαρτυρήσει οποιοσδήποτε γονέας έχει δει τα πρώτα βήματα του παιδιού του, η αποτυχία είναι μέρος της μαθησιακής διαδικασίας. Καθώς μεγαλώνουμε, μαθαίνουμε νέες δραστηριότητες με ποικίλους τρόπους. Μερικές φορές ανακαλύπτουμε παλιό αθλητικό εξοπλισμό σε ένα υπόγειο και μαθαίνουμε πώς να τον χρησιμοποιήσουμε μέσα από τους πειραματισμούς και τα λάθη μας. Οι άνθρωποι συχνά μιμούνται τους άλλους, δοκιμάζοντας δραστηριότητες που φαίνονται ελκυστικές και διδάσκονται νέες δραστηριότητες από συγγενείς, φίλους και, σε πιο τυπικά πλαίσια, από γυμναστές και προπονητές.

Μολονότι η αποτυχία είναι ένα κοινό φαινόμενο κατά τη μάθηση νέων κινητικών δεξιοτήτων, γυμναστές και οι προπονητές χρησιμοποιούν ποικίλες συμβουλές και διδακτικές τεχνικές για να αυξήσουν την πιθανότητα της επιτυχίας. Η αποστολή της φυσικής αγωγής στα σχολεία είναι να βοηθήσει τους μαθητές να κινούνται επιδέξια και να αποκτήσουν ένα ποικίλο σύνολο δεξιοτήτων. Ιδανικά, η φυσική αγωγή τους ενσταλάζει την επιθυμία να επιδιώκουν ευκαιρίες αναψυχής και αθλητικής δραστηριότητας σε όλη τους τη ζωή. Οι προπονητές προσπαθούν να μετατρέψουν τα άτομα που κινούνται επιδέξια σε αθλητές υψηλότερου επιπέδου με εξειδικευμένες δεξιότητες. Με την κατανόηση των αρχών της κινητικής μάθησης, τόσο οι γυμναστές όσο και οι προπονητές, έχουν τη δυνατότητα να οδηγηθούν σε βελτίωση της αξιολόγησης, σε ταχύτερη και βαθύτερη μάθηση και σε καλύτερη διατήρηση των δεξιοτήτων.

Η κινητική μάθηση λαμβάνει υπόψη τις δομικές και τις φυσιολογικές μεταβολές που συντελούνται κατά τη διάρκεια του βίου αλλά επικεντρώνεται κυρίως στις νευρολογικές πτυχές της επίτευξης και της διατήρησης των κινητικών δεξιοτήτων. Κατά την εκμάθηση και την τελειοποίηση οποιασδήποτε κινητικής δεξιότητας, η εξάσκηση είναι απαραίτητη προϋπόθεση της επιτυχίας, αλλά ποιο είδος εξάσκησης είναι το καλύτερο; Σχεδόν όλοι έχουν ακούσει το απόφθεγμα «η τελειότητα έρχεται με την εξάσκηση»· στον αθλητισμό το απόφθεγμα αυτό θα μπορούσε να διατυπωθεί καλύτερα ως «η τελειότητα έρχεται με την τέλεια εξάσκηση». Χιλιάδες παίκτες του γκολφ συχνάζουν σε τοπικούς χώρους εξάσκησης κάθε μέρα

στην προσπάθειά τους να γίνουν καλύτεροι παίκτες. Εξασκούνται επί ώρες και απορούν γιατί δεν καταφέρνουν να αλλάξουν τα σκορ τους. Για ορισμένους, αυτό θα μπορούσε να οφείλεται στο γεγονός ότι χρησιμοποιούν εξοπλισμό που δεν ταιριάζει στο σώμα τους και δεν επιτρέπει την εμβιομηχανική αποτελεσματικότητα, αλλά αυτό το θέμα ανήκει σε ένα άλλο πεδίο του συγγράμματος. Οι περισσότεροι έχουν επαρκή εξοπλισμό, αλλά χρησιμοποιούν λανθασμένες τεχνικές. Μολονότι μερικοί παίκτες του γκολφ χωρίς τυπική εκπαίδευση κατορθώνουν τελικά να γίνουν επιδέξιοι στο παιχνίδι με την πρακτική «του πειραματισμού και του σφάλματος», οι περισσότεροι έχουν λιγοστές πιθανότητες να αποκτήσουν ένα υψηλό επίπεδο επάρκειας χωρίς κάποιον δάσκαλο που να γνωρίζει και να παρέχει ανατροφοδότηση. Η χαμηλού επιπέδου εξάσκηση δεξιοτήτων καταλήγει στην εκμάθηση δεξιοτήτων χαμηλού επιπέδου. Ανάλογα με τη δεξιότητα ή ακόμη το επίπεδο του εκτελεστή σε μια δεξιότητα (δηλαδή, αρχάριος, επαρκής, άριστος), διαφέρουν ο τύπος και η ποσότητα της εξάσκησης για την επίτευξη της μέγιστης απόδοσης.

Η εξάσκηση αποτελεί μία μόνο από τις συνιστώσες της κινητικής μάθησης. Η πλειονότητα των αθλητικών δραστηριοτήτων και των δραστηριοτήτων αναψυχής απαιτούν από το άτομο προσοχή στα σχετικά ερεθίσματα, και υπάρχουν στρατηγικές για την εκμάθηση της διάκρισης των σωστών ερεθισμάτων από τις άσχετες πληροφορίες. Ορισμένες μέθοδοι επίδειξης ασκήσεων και παροχής προφορικών οδηγιών είναι σαφέστερες και παραγωγικότερες από άλλες. Οι μέθοδοι αυτές, παράλληλα με τις κατάλληλες συμπεριφορές των γυμναστών κατά τη διάρκεια της εξάσκησης, αυξάνουν την κατανόηση. Μόλις οι μαθητές ή οι αθλητές αρχίζουν να εκτελούν την άσκηση, οι καλοί γυμναστές και προπονητές γίνονται «μηχανές ανατροφοδότησης», προκειμένου να ενθαρρύνουν τη βαθύτερη μάθηση και τη διατήρηση των δεξιοτήτων. Η ανατροφοδότηση μπορεί να έχει πολλές μορφές και να παρέχεται με ποικίλη συχνότητα, ανάλογα με το άτομο που εκτελεί την άσκηση ή την ίδια την άσκηση. Για παράδειγμα, οι αρχάριοι μαθαίνουν καλύτερα με την άμεση ανατροφοδότηση έπειτα από κάθε προσπάθεια, αλλά η ίδια συχνότητα ανατροφοδότησης μπορεί να εμποδίσει έμπειρους αθλητές, οι οποίοι ενδέχεται να αποκτήσουν εξάρτηση και να μην είναι ικανοί να αποδώσουν καλά χωρίς αυτή.

Οι επιτυχημένοι γυμναστές και προπονητές ίσως να μην κατανοούν επακριβώς τους μηχανισμούς που οδηγούν τα άτομα στην ανάπτυξη υψηλών δεξιοτήτων, αλλά βασίζονται στις νευρολογικές διαδικασίες που εμπλέκονται στην κινητική μάθηση. Γνωρίζουν

ότι οι ασκήσεις πρέπει να αρχίζουν με σαφείς οδηγίες και μια επίδειξη. Αντιλαμβάνονται ότι τα άτομα έχουν ανάγκη από ανατροφοδότηση σχετικά με τη δεξιότητα που εκτελούν και μάλιστα στην κατάλληλη στιγμή. Γνωρίζουν ότι για να αποδώσουν επιτυχώς, οι παίκτες πρέπει να εστιάζουν την προσοχή τους σε σχετικά ερεθίσματα και να αγνοούν εκείνα που είναι άσχετα. Τέλος, αντιλαμβάνονται ότι δεν είναι καλή εξάσκηση κάθε εξάσκηση. Οι αρχές της κινητικής μάθησης βοηθούν τους προπονητές και τους γυμναστές να ελαχιστοποιήσουν την αποτυχία που είναι σύμφυτη με τη μάθηση, να τελειοποιήσουν τις κινητικές δεξιότητες του κάθε ατόμου και να μεγιστοποιήσουν το δυναμικό του.

Η κινητική μάθηση είναι ένας μείζων παράγοντας σε όλες τις δεξιότητες που χρησιμοποιήσαμε ως παραδείγματα (ποδόσφαιρο, κολύμβηση, σκέιτμπορντ και βάδιση). Ο νευρολογικός έλεγχος όλων αυτών των δεξιοτήτων βελτιώνεται με την εξάσκηση και τις κατάλληλες μαθησιακές στρατηγικές – για παράδειγμα, περισσότερα εύστοχα σουτ στο ποδόσφαιρο, καλύτερες στροφές στην κολύμβηση, άνετη εκτέλεση ενός ollie, και ομαλοί διασκελισμοί κατά τη βάδιση. Παρατηρήστε ότι όλα τα επίπεδα της κινητικής συμπεριφοράς είναι αλληλένδετα τόσο με την κινητική όσο και με την κινηματική της προκύπτουσας κίνησης. Άλλη μια φορά λοιπόν, η κατανόηση ενός άλλου επιστημονικού πεδίου που σχετίζεται με την κίνηση ωφελείται από την κατανόηση της εμβιομηχανικής.

Εργονομία

Όπως αναφέραμε λίγο πιο πάνω στο κεφάλαιο, *εργονομία* είναι η επιστήμη που ασχολείται με την αλληλεπίδραση των ανθρώπων με τις μηχανές και με τους παράγοντες που επηρεάζουν αυτή την αλληλεπίδραση (Bridger, 2018). Χωρίς την κατάλληλη ανάλυση του περιβάλλοντος εργασίας, τα εργασιακά καθήκοντα μπορεί να εκτελούνται αναποτελεσματικά – αλλά το ακόμη σπουδαιότερο είναι πώς υπάρχει πιθανότητα για σοβαρό τραυματισμό του εργαζομένου. Οι εργονόμοι επιχειρούν επομένως να βελτιώσουν το σύστημα ανθρώπου-μηχανής και επιτυγχάνουν τον σκοπό τους εισάγοντας μέσω του σχεδιασμού μια καλύτερη διεπαφή ανθρώπου-μηχανής ή αποκλείοντας μέσω του σχεδιασμού παράγοντες στον εργασιακό χώρο ή σε ένα συγκεκριμένο εργασιακό καθήκον που παρεμβάλλονται στην απόδοση του συστήματος. Γενικά, το σύστημα ανθρώπου-μηχανής βελτιώνεται με τους ακόλουθους τρόπους (Bridger, 2018):

1. σχεδιάζοντας τη *διεπαφή* ανθρώπου-μηχανής, έτσι ώστε αυτή να γίνει πιο ανθεκτική σε κοινά ανθρώπινα σφάλματα,

2. παρεμβαίνοντας στο εργασιακό περιβάλλον έτσι ώστε να βελτιώνεται τόσο η καταλληλότητά του για το καθήκον όσο και η ασφάλεια,
3. εισάγοντας μεταβολές στο ίδιο το εργασιακό καθήκον έτσι ώστε αυτό να γίνει πιο συμβατό με τα χαρακτηριστικά του χρήστη, και
4. βελτιώνοντας την *οργάνωση* των εργασιακών καθηκόντων για καλύτερη ανταπόκριση στις ψυχολογικές και τις κοινωνικές ανάγκες του χρήστη.

Μολονότι η εμβιομηχανική είναι ένα πεδίο που συχνά συνδέεται με τον αθλητισμό, είναι εύκολο να κατανοήσουμε τον τρόπο με τον οποίο εφαρμόζεται στην εργονομία. Αυτή η σύνδεση είναι φυσική, στο βαθμό που η άσκηση είναι σωματικό έργο, και το σωματικό έργο είναι άσκηση. Η εμβιομηχανική και η εργονομία είναι αλληλένδετες σε τέτοιο βαθμό, που η εργονομία μερικές φορές να αναφέρεται ως **εμβιομηχανική εργασιακού χώρου**. Πολλοί κινητικοί παράγοντες επηρεάζουν τα εργασιακά καθήκοντα: μυϊκές δυνάμεις, βάρος εξοπλισμού, δονήσεις, υφές επιφανειών, κ.ο.κ. Για παράδειγμα, ένας εργάτης θα έπρεπε να κρατάει ένα αντικείμενο κοντά ή μακριά από το σώμα του όταν το σηκώνει (Εικόνα 1.12);

Η κινηματική ενός εργασιακού καθήκοντος μπορεί να αναλυθεί από τους εργονόμους για τον υπολογισμό των επιδράσεων των παραπάνω κινητικών παραγόντων στη διεπαφή ανθρώπου-μηχανής. Αυτές οι επιδράσεις μπορεί να αφορούν την πιθανότητα τραυματισμών ή την αποτελεσματικότητα της εργασίας. Με βάση τα ευρήματα της εμβιομηχανικής ανάλυσης, οι εργονόμοι μπορούν να λάβουν τεκμηριωμένες αποφάσεις για τη βελτίωση του συστήματος ανθρώπου-μηχανής. Οι τεχνικές της εμβιομηχανικής ανάλυσης μπορούν, επομένως να χρησιμοποιηθούν για την παρατήρηση των παραγόμενων κινητικών και κινηματικών μεταβολών και για την επαλήθευση της αποτελεσματικότητας της παρέμβασης. Τα πεδία της εργονομίας και της εμβιομηχανικής είναι άρα στενά συνυφασμένα, επειδή, ανεξάρτητα από την κινητική κατάσταση, εμπλέκονται δυνάμεις και από αυτές τις δυνάμεις προκύπτουν συγκεκριμένα κινητικά πρότυπα.

Τραυματολογία

Ενδεχομένως να είστε ήδη ενήμεροι για ορισμένες επιστήμες της κίνησης που ασχολούνται κατά κύριο λόγο με την πρόληψη, την άμεση διαχείριση και την αποκατάσταση τόσο από οξείες όσο και από χρόνιες

Εμβιομηχανική εργασιακού χώρου (Occupational biomechanics) Ειδικό πεδίο της εμβιομηχανικής που επικεντρώνεται στη μηχανική του ανθρώπου σε περιβάλλοντα εργασίας.



Εικόνα 1.12 Ένα αντικείμενο σηκώνεται χρησιμοποιώντας δύο διαφορετικές τεχνικές. Ποια από τις δύο θεωρείτε πως είναι ασφαλέστερη και γιατί; © studiolo/Shutterstock

κακώσεις που προκύπτουν από την ανθρώπινη κίνηση. Ίσως όμως, να μην είστε εξίσου ενήμεροι για τη σχέση τους με την εμβιομηχανική. Πολλοί άνθρωποι έχουν δεχθεί φυσικοθεραπεία, αλλά πώς οι φυσικοθεραπευτές λαμβάνουν τις θεραπευτικές τους αποφάσεις;

Φυσικοθεραπεία

Η φυσικοθεραπεία είναι ένα πεδίο που ασχολείται ειδικά με την πρόληψη, την αξιολόγηση και τη θεραπεία κινητικών ανωμαλιών. Η διαταραχή της κίνησης μπορεί να προκληθεί από κάκωση, νόσο, μυϊκή ανισορροπία ή συγγενείς παθήσεις. Επιπλέον, η μη κανονική κίνηση σε μια άρθρωση συχνά συνδέεται με μη κανονική κίνηση σε μίαν άλλη άρθρωση. Για παράδειγμα, μια άρθρωση μπορεί να παρουσιάζει κινητική ανωμαλία εξαιτίας δομικών ελαττωμάτων, τα οποία μπορεί να είναι συγγενή ή να οφείλονται σε κάκωση ή νόσο. Η ανωμαλία στην κίνηση (όπως αυτή μετράται κινηματικά) είναι πιθανό να συνδέεται με ανωμαλία στις δυνάμεις που ενεργούν πάνω στη συγκεκριμένη δομή (κινητική) και οδηγούν σε περαιτέρω κινητική ανωμαλία (Oatis, 2017). Επιπλέον, η ανωμαλία της κίνησης σε μίαν άρθρωση μπορεί να προκαλέσει μη κανονική εφαρμογή δύναμης σε μια άλλη αρθρική δομή. Για παράδειγμα, η αφύσικη κίνηση στα ισχία μπορεί να οδηγήσει σε πόνο και δυσλειτουργία του γόνατος και του αστραγάλου (Oatis, 2017). Οι φυσικοθεραπευτές πρέπει να είναι εξοικειωμένοι με τις εμβιομηχανικές αρχές ώστε να μπορούν να αναγνωρίσουν και να διαγνώσουν σωστά το υποκείμενο αίτιο (ή αίτια) της κινητικής διαταραχής (αξιολόγηση). Ουσιαστικά, η αναγνώριση της κινητικής ανω-

μαλίας απαιτεί μια κινηματική ανάλυση. Το υποκείμενο αίτιο της διαταραχής της κίνησης είναι η μη κανονική ή υπερβολική εφαρμογή ή κατανομή δυνάμεων. Οι δυνάμεις (κινητική) που εμπλέκονται στη μη κανονική κίνηση μπορεί να έχουν προέλθει από έξω από το σώμα (εξωτερικές) εξαιτίας τραυματισμού ή μπορεί να έχουν προκληθεί από τη μη κανονική κίνηση σε μια άλλη άρθρωση (εσωτερικές). Με βάση την εμβιομηχανική ανάλυση, ο φυσικοθεραπευτής μπορεί επομένως να σχεδιάσει την καταλληλότερη παρέμβαση για τη μεγιστοποίηση του κινητικού δυναμικού (θεραπεία).

Στο παράδειγμα της ποδοσφαιρίστριάς μας με το τραυματισμένο γόνατο, ο φυσικοθεραπευτής θα μπορούσε να εξετάσει την κάκωση σε διάφορα επίπεδα. Πρώτον, ποιο ήταν το υποκείμενο αίτιο; Μήπως ήταν το άμεσο τραύμα της πρόσκρουσης με το έδαφος (εξωτερική κινητική); Ή μήπως προκλήθηκε από ανωμαλία σε μια άρθρωση που καθιστά μία άλλη άρθρωση πιο ευάλωτη στον τραυματισμό (συνδυασμός εξωτερικής και εσωτερικής κινητικής); Αφού εκτιμηθεί το αρχικό αίτιο της κάκωσης, ο φυσικοθεραπευτής πρέπει εν συνεχεία να σχεδιάσει την κατάλληλη παρέμβαση για την αποτελεσματική αποκατάσταση από τον τραυματισμό (Εικόνα 1.13).

Επιπλέον, εφόσον βρέθηκε ότι το αίτιο συνδέεται μερικώς με μια ανωμαλία στη λειτουργία μιας άλλης (μη-τραυματισμένης) άρθρωσης, ο φυσικοθεραπευτής πρέπει να σχεδιάσει μια παρέμβαση για να επιλύσει το εσωτερικό κινητικό πρόβλημα. Επομένως, οι φυσικοθεραπευτές χρησιμοποιούν τις εμβιομηχανικές έννοιες σε κάθε επίπεδο, από τον εντοπισμό έως τη θεραπεία.