

περίληψη

Το ανθρώπινο σώμα είναι μια καταπληκτική μηχανή. Καθώς διαβάζετε αυτή την εισαγωγή, αμέτρητα τέλεια συντονισμένα γεγονότα συμβαίνουν ταυτόχρονα στο σώμα σας. Αυτά τα γεγονότα επιτρέπουν σε σύνθετες λειτουργίες, όπως την ακοή, την όραση, την αναπνοή και την επεξεργασία πληροφοριών, να λειτουργούν χωρίς τη συνειδητή προσπάθειά σας. Εάν σηκωθείτε, βγείτε έξω από την πόρτα, και τρέξετε γύρω από το τετράγωνο, σχεδόν όλα τα συστήματα του σώματος θα κληθούν σε δράση, επιτρέποντάς σας να μετατοπιστείτε επιτυχώς από την ανάπαυση στην άσκηση. Εάν συνεχίζετε αυτήν την ρουτίνα καθημερινά για εβδομάδες ή μήνες και αυξήσετε βαθμιαία τη διάρκεια και την ένταση της άσκησης, το σώμα σας θα προσαρμοστεί έτσι ώστε να μπορείτε να αποδώσετε καλύτερα.

Για αιώνες, οι επιστήμονες μελετούν πώς δουλεύει το ανθρώπινο σώμα. Κατά τη διάρκεια των προηγούμενων αιώνων, μια μικρή αλλά αυξανόμενη ομάδα επιστημόνων έχει εστιάσει τις μελέτες της στον τρόπο με τον οποίο η λειτουργία του σώματος, ή η φυσιολογία, αλλάζει κατά τη διάρκεια της σωματικής δραστηριότητας και του αθλητισμού. Αυτή η εισαγωγή παρουσιάζει μια ιστορική ανασκόπηση της φυσιολογίας της άσκησης και του αθλητισμού και εξηγεί κάποιες βασικές έννοιες που διαμορφώνουν τη βάση για τα κεφάλαια που ακολουθούν.



περιεχόμενα

Εστίαση στη Φυσιολογία της Άσκησης και του Αθλητισμού	3
Ιστορικά Γεγονότα	3
Αρχές της Ανατομίας και της Φυσιολογίας	4
Ιστορικές Πτυχές από τη Φυσιολογία Άσκησης	4
Εργαστήριο Κόπωσης του Harvard (Harvard Fatigue Laboratory)	6
Σκανδιναβική Σχολή	8
Σύγχρονη Φυσιολογία της Άσκησης	10
Οξείες Φυσιολογικές Αποκρίσεις κατά την Άσκηση	13
Παράγοντες που πρέπει να Εξετάζονται κατά τη Διάρκεια του Ελέγχου	14
Χρήση Εργομέτρων	14
Ειδικότητα της Δοκιμασίας	19
Χρόνιες Φυσιολογικές Προσαρμογές με την Προπόνηση	20
Αρχή της Εξατομίκευσης	20
Αρχή της Εξειδίκευσης	20
Αρχή της Αντιστροφής	20
Αρχή της Προοδευτικής Υπερφόρτισης	20
Αρχή της Ποικιλομορφίας (δύσκολου/εύκολου)	21
Αρχή της Περιοδικότητας	21
Έρευνα: Βάση της Κατανόησης	21
Ανάγνωση και Ερμηνεία των Πινάκων και των Γραφικών Παραστάσεων	22
Σχεδιασμός της Έρευνας	23
Έλεγχος της Έρευνας	25
Χώρος Διεξαγωγής της Έρευνας	26
Κλείνοντας...	27



Ένα μεγάλο μέρος της ιστορίας της φυσιολογίας της άσκησης στις Ηνωμένες Πολιτείες μπορεί να επισημανθεί στην προσπάθεια ενός νεαρού αγρότη από το Κάνσας, του David Bruce ("D.B.") Dill, του οποίου το ενδιαφέρον για τη φυσιολογία τον οδήγησε αρχικά να μελετήσει τη σύνθεση του αίματος των κροκοδείλων. Ευτυχώς για μας, αυτός ο νέος επιστήμονας επαναπροσανατόλισε την έρευνά του στους ανθρώπους όταν έγινε ο πρώτος διευθυντής του Εργαστηρίου Κόπωσης του Harvard (Harvard Fatigue Laboratory), που ιδρύθηκε το 1927. Καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του, του προκαλούσαν την περιέργεια η φυσιολογία και η προσαρμοστικότητα πολλών ζώων που επιβιώνουν σε ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες· τον θυμόμαστε όμως κυρίως για την έρευνά του στις ανθρώπινες αντιδράσεις με την άσκηση, τη θερμότητα, το μεγάλο υψόμετρο, και άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες. Ο Δρ Dill εχρησίμευε πάντα ως ένα από τα ανθρώπινα "ινδικά χοιρίδια" σε αυτές τις μελέτες. Στην εικοσαετή λειτουργία του Εργαστηρίου Κόπωσης του Harvard (Harvard Fatigue Laboratory), αυτός και οι συνάδελφοί του δημοσίευσαν 330 επιστημονικά άρθρα, καθώς και ένα κλασικό βιβλίο με τον τίτλο Ζωή, Θερμότητα και Υψόμετρο (Life, Heat, and Altitude).⁸

Αφότου έκλεισε τις πόρτες του το Εργαστήριο Κόπωσης του Harvard (Harvard Fatigue Laboratory) το 1947, άρχισε μια δεύτερη σταδιοδρομία ως αναπληρωτής διευθυντής της ιατρικής έρευνας για τα Χημικά Σώματα Στρατού, μια θέση που κράτησε μέχρι την αποχώρησή του το 1961. Ο Δρ Dill ήταν τότε 70 ετών- ηλικία που θεωρήσει πάρα πολύ μικρή για αποχώρηση-έτσι μετέφερε την έρευνά του για την άσκηση στο πανεπιστήμιο της Ινδιάνα, όπου υπηρέτησε ως φυσιολόγος έως το 1966. Το 1967 έλαβε τη χρηματοδότηση για να ιδρύσει το Desert Research Laboratory στο πανεπιστήμιο της Νεβάδας στο Las Vegas. Ο Δρ Dill χρησιμοποίησε αυτό το εργαστήριο ως βάση για τις μελέτες του στην ανθρώπινη ανοχή κατά την άσκηση στην έρημο και σε μεγάλο υψόμετρο. Συνέχισε την έρευνά και το γράψιμό του μέχρι την τελική αποχώρησή του, σε ηλικία 93, το ίδιο έτος που έβγαλε την τελευταία δημοσίευσή του, ένα βιβλίο με τον τίτλο Η Θερμή Ζωή του Ανθρώπου και του Κτήνους (The Hot Life of Man and Beast).¹⁰ Ο Δρ. Dill καυχώθηκε μία φορά σε μένα (DLC) ότι ήταν ο μόνος επιστήμονας που έχει αποσυρθεί τέσσερις φορές.

Καθώς ο πολυάσχολος ανώτερος υπάλληλος βγαίνει για το πρωινό του τρέξιμο και η αρχηγός κατευθύνει την ομάδα της στο γήπεδο καλαθοσφαίρισης για ένα γρήγορο τρέξιμο, οι οργανισμοί τους πρέπει να διενεργήσουν πολλές προσαρμογές, οι οποίες απαιτούν μια σειρά σύνθετων αλληλεπιδράσεων που περιλαμβάνουν πολλά συστήματα του σώματος. Ας εξετάσουμε μερικά παραδείγματα:

- Το σκελετικό σύστημα παρέχει το βασικό πλαίσιο μέσω του οποίου ενεργούν οι μύες.
- Το καρδιαγγειακό σύστημα παραδίδει τις θρεπτικές ουσίες στα διάφορα κύτταρα του σώματος και απομακρύνει τα απόβλητα.
- Το καρδιαγγειακό και αναπνευστικό σύστημα παρέχουν από κοινού οξυγόνο στα κύτταρα και απομακρύνουν το διοξείδιο του άνθρακα.
- Το δέρμα βοηθά στη διατήρηση της θερμοκρασίας του σώματος, επιτρέποντας την ανταλλαγή της θερμότητας μεταξύ του σώματος και του περιβάλλοντός του.
- Το ουροποιητικό σύστημα βοηθά στη διατήρηση του ισοζυγίου υγρών και ηλεκτρολυτών και στη μακροπρόθεσμη ρύθμιση της πίεσης του αίματος.

- Το νευρικό και ενδοκρινικό σύστημα συντονίζουν και κατευθύνουν όλη αυτή την δραστηριότητα, ώστε να ικανοποιηθούν οι ανάγκες του σώματος.

Ρυθμίσεις εμφανίζονται ακόμη και σε κυτταρικό και μοριακό επίπεδο. Παραδείγματος χάριν, για να μπορέσει ο δικέφαλος μυς να συσταλεί για να ανυψώσει ένα βάρος 20-kg, νευρικά κύτταρα από τον εγκέφαλο, καλούμενα κινητικοί νευρώνες, στέλνουν ηλεκτρικές ώσεις από το νωτιαίο μυελό στο βραχίονα. Φτάνοντας στο δικέφαλο μυ, αυτοί οι νευρώνες απελευθερώνουν χημικούς διαβιβαστές που διασχίζουν το χάσμα μεταξύ του νεύρου και του μυός, με κάθε νευρώνα να διεγείρει διάφορα μεμονωμένα κύτταρα ή μυϊκές ίνες. Μόλις οι νευρικές ώσεις διασχίσουν αυτό το χάσμα, μεταδίδονται κατά μήκος κάθε μυϊκής ίνας, μέσω μικρών πόρων. Μόλις βρεθεί μέσα στη μυϊκή ίνα, η ώση ενεργοποιεί τις διαδικασίες συστολής της μυϊκής ίνας, οι οποίες περιλαμβάνουν συγκεκριμένα πρωτεϊνικά μόρια –την ακτίνη και τη μυοσίνη– και ένα πολύπλοκο ενεργειακό σύστημα που παρέχει τα απαραίτητα καύσιμα για να στηρίξουν τη συγκεκριμένη συστολή, αλλά και αυτές που θα ακολουθήσουν. Είναι σε αυτό το επί-

πεδο που άλλα μόρια, όπως η τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP) και η φωσφοκρεατίνη (PCr), διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο για την παροχή της ενέργειας που είναι απαραίτητη για τη μυϊκή συστολή.

Η σωματική δραστηριότητα είναι μια περίπλοκη διαδικασία. Οι επιστήμονες πρέπει να εξετάσουν κάθε προσαρμογή που κάνει το σώμα παρατηρώντας αυτά τα γεγονότα και μεμονωμένα και συλλογικά. Εδώ εξετάζουμε το πώς οι επιστήμονες προσεγγίζουν αυτόν τον στόχο.

Εστίαση στην Φυσιολογία της Άσκησης και του Αθλητισμού

Η φυσιολογία της άσκησης και του αθλητισμού έχει εξελιχθεί από την ανατομία και τη φυσιολογία. Η ανατομία είναι η μελέτη της δομής ενός οργανισμού ή της μορφολογίας του. Από την ανατομία, μαθαίνουμε τη βασική δομή των διάφορων μερών του σώματος και των αλληλεξαρτήσεών τους. Η φυσιολογία είναι η μελέτη της λειτουργίας του σώματος. Στη φυσιολογία, μελετάμε πώς λειτουργούν τα συστήματα οργάνων, οι ιστοί, τα κύτταρα, και τα μόρια μέσα στα κύτταρα και πώς οι λειτουργίες τους συνδυάζονται για να ρυθμίσουν το εσωτερικό περιβάλλον μας. Επειδή η φυσιολογία εστιάζει στις λειτουργίες των δομών, δεν μπορούμε να συζητήσουμε εύκολα τη φυσιολογία χωρίς να έχουμε κατανοήσει την ανατομία.

Η **φυσιολογία άσκησης** είναι η μελέτη του πώς η δομή και οι λειτουργίες των οργανισμών μας αλλάζουν όταν εκτιθόμαστε σε έντονες και χρόνιες περιόδους άσκησης. Η **φυσιολογία του αθλητισμού** εφαρμόζει περαιτέρω τις έννοιες της φυσιολογίας της άσκησης στην προπόνηση του αθλητή και την βελτίωση της αθλητικής απόδοσής του. Κατά συνέπεια, η εργοφυσιολογία προέρχεται από τη φυσιολογία άσκησης.

Η φυσιολογία της άσκησης έχει εξελιχθεί από την γονεϊκή επιστήμη της, την φυσιολογία. Ασχολείται με τη μελέτη του πώς το σώμα προσαρμόζεται φυσιολογικά στο οξύ στρες της άσκησης, ή της σωματικής δραστηριότητας, και το χρόνιο στρες της σωματικής προπόνησης. Αν και διάφορες φυσιολογικές μελέτες διεξήχθησαν στα μέσα του 19^{ου} αιώνα, μπορεί να υποστηριχτεί ότι η φυσιολογία της άσκησης όπως την ξέρουμε σήμερα ήταν μια εξέλιξη της εργοφυσιολογίας, επειδή πολλές από τις πρώτες φυσιολογικές μελέτες εστιάστηκαν στους αθλητές και την αθλητική απόδοση.

Ας δούμε ένα παράδειγμα για να μας βοηθήσει να διακρίνουμε μεταξύ αυτών των δύο πολύ συγγενών

κλάδων της φυσιολογίας. Μέσω σημαντικής έρευνας στη φυσιολογία της άσκησης, έχουμε καταλάβει καλύτερα πώς οι οργανισμοί μας παράγουν ενέργεια από τις τροφές που καταναλώνουμε ώστε οι μυς να αρχίζουν και να συνεχίζουν την κίνηση. Έχουμε μάθει ότι το λίπος είναι η βασική πηγή ενέργειάς μας όταν είμαστε σε ανάπαυση και κατά τη διάρκεια της άσκησης χαμηλής έντασης, αλλά ότι ο οργανισμός μας χρησιμοποιεί αναλογικά περισσότερους υδατάνθρακες καθώς αυξάνεται η ένταση της άσκησης, ώσπου οι υδατάνθρακες να γίνουν η βασική πηγή ενέργειας. Η παρατεταμένη άσκηση μεγάλης έντασης μπορεί να μειώσει ουσιαστικά τα αποθέματα υδατανθράκων του οργανισμού, τα οποία μπορούν να συμβάλουν στην εξάντληση.

Γνωρίζοντας ότι το σώμα έχει περιορισμένα αποθέματα ενέργειας με τη μορφή υδατανθράκων, η εργοφυσιολογία χρησιμοποιεί αυτές τις πληροφορίες για να βρει τρόπους:

- να αυξήσει την χωρητικότητα αποθήκευσης υδατανθράκων του σώματος (φόρτιση υδατανθράκων),
- να μειώσει την ταχύτητα με την οποία το σώμα χρησιμοποιεί τους υδατάνθρακες κατά τη διάρκεια της φυσικής άσκησης (οικονομία υδατανθράκων), και να
- να βελτιώσει τη διατροφή του αθλητή και πριν και κατά τη διάρκεια του συναγωνισμού ελαχιστοποιώντας τον κίνδυνο μείωσης των αποθεμάτων υδατανθράκων.

Ο τομέας της αθλητικής διατροφής, ένας κλάδος της εργοφυσιολογίας, είναι από τους πιο εξελισσόμενους χώρους της έρευνας.

Ομοίως, η φυσιολογία της άσκησης έχει αποκαλύψει μια σημαντική σειρά γεγονότων που λαμβάνουν χώρα όταν το σώμα προπονείται πέρα από τη δυνατότητά του να προσαρμοστεί, μια κατάσταση γνωστή ως υπερπροπόνηση. Η εργοφυσιολογία έχει εφαρμόσει αυτές τις πληροφορίες και στο σχέδιο και στην αξιολόγηση των προγραμμάτων κατάρτισης ώστε να μειωθεί ο κίνδυνος της υπερπροπόνησης.

Η εργοφυσιολογία όμως, δεν είναι απλά εφαρμοσμένη φυσιολογία της άσκησης. Επειδή η φυσιολογία της άσκησης επίσης έχει τις δικές της εφαρμογές, είναι συχνά δύσκολο να διακριθούν καθαρά τα δύο. Για αυτό το λόγο, η φυσιολογία της άσκησης και η εργοφυσιολογία συχνά εξετάζονται από κοινού, όπως και σε αυτό το κείμενο. Τώρα ας εξετάσουμε το πώς η φυσιολογία της άσκησης, προερχόμενη γονικά από τη φυσιολογία, έχει εξελιχθεί μέσω των χρόνων.

Ιστορικά Γεγονότα

Είναι δελεαστικό να θεωρηθεί ότι οι πληροφορίες σε αυτό το βιβλίο είναι νέες και περιέχουν την τελική λέ-

ξη σε κάθε θέμα. Οι συνεισφορές των σύγχρονων φυσιολόγων της άσκησης ίσως να φανεί ότι παρουσιάζουν νέες ιδέες που ποτέ πριν δεν δοκιμάστηκαν με τις βασικές αρχές της επιστήμης. Οι πληροφορίες που θα εξερευνήσουμε αντιπροσωπεύουν τις μακροχρόνιες προσπάθειες πολλών διαπρεπών επιστημόνων που έχουν βοηθήσει να συναρμολογηθεί ο γρίφος της ανθρώπινης κίνησης. Οι σκέψεις και οι θεωρίες των σημερινών ερευνητών της φυσιολογίας συχνά διαμορφώθηκαν από τις προσπάθειες των επιστημόνων που μπορεί να έχουν ξεχαστεί από καιρό. Αυτό που θεωρούμε ως πρωτότυπο ή καινούργιο είναι πολύ συχνά μια αφομοίωση των προηγούμενων συμπερασμάτων ή η εφαρμογή της βασικής επιστήμης στα προβλήματα της φυσιολογίας της άσκησης. Υπάρχουν, φυσικά, διάφορα βασικά επιστημονικά συμπεράσματα και ερευνητές που έχουν κάνει σημαντικά άλματα στη γνώση μας περί των φυσιολογικών και βιοχημικών αντιδράσεων κατά τη σωματική δραστηριότητα. Για να το εκτιμήσετε αυτό, ας κάνουμε μια σύντομη αναδρομή στην ιστορία και τους ανθρώπους που έχουν διαμορφώσει τον τομέα της φυσιολογίας άσκησης.

Αρχές της Ανατομίας και της Φυσιολογίας

Μια από τις πρώτες προσπάθειες να εξηγηθεί η ανθρώπινη ανατομία και φυσιολογία ήταν το ελληνικό κείμενο του Claudius Galen De Fascius, που δημοσιεύθηκε τον πρώτο αιώνα. Ως παθολόγος των μονομάχων, ο Γαληνός είχε άφθονες ευκαιρίες να μελετήσει και να πειραματιστεί στην ανθρώπινη ανατομία. Οι θεωρίες του για την ανατομία και τη φυσιολογία έγιναν τόσο ευρέως αποδεκτές, που παρέμειναν αδιαφιλονίκητες για σχεδόν 1.400 έτη. Μέχρι το 1500 δεν έγινε καμία αληθινά σημαντική συνεισφορά στην κατανόηση της δομής και της λειτουργίας του ανθρώπινου σώματος. Ένα κείμενο ορόσημο από τον Andreas Vesalius, με τον τίτλο *Fabrica Humani Corporis* [Δομή του Ανθρώπινου Σώματος], παρουσίασε τα συμπεράσματά του για την ανθρώπινη ανατομία το 1543. Αν και το βιβλίο του Vesalius εστιάζονταν κυρίως στις ανατομικές περιγραφές διάφορων οργάνων, το βιβλίο αυτό προσπάθησε περιστασιακά να εξηγήσει και τις λειτουργίες τους. Ο Βρετανός ιστορικός Sir Michael Foster έγραψε: “Αυτό το βιβλίο είναι η αρχή, όχι μόνο της σύγχρονης ανατομίας, αλλά και της σύγχρονης φυσιολογίας. Διέκοψε, μια για πάντα, την μακρόχρονη βασιλεία δεκαεσσάρων αιώνων γνώσης και άρχισε υπό μια αληθινή έννοια την αναγέννηση της ιατρικής” (σελ. 354).¹³

Οι πρώτες προσπάθειες για την εξήγηση της φυσιολογίας ήταν είτε ανακριβείς είτε τόσο ασαφείς που δεν μπορούσαν παρά να θεωρηθούν υποθέ-

σεις. Οι προσπάθειες να εξηγηθεί πώς ένας μυς παράγει δύναμη, παραδείγματος χάριν, συνήθως περιορίζονταν σε μια περιγραφή της αλλαγής του μεγέθους και της μορφολογίας του κατά τη διάρκεια της δράσης, επειδή οι παρατηρήσεις περιορίζονταν σε αυτό που μπορούσε να δει το μάτι. Από τέτοιες παρατηρήσεις, ο Hieronymus Fabricius (περίπου 1574) πρότεινε ότι η συσταλτική δύναμη ενός βρισκόταν στους ινώδεις τένοντές του, όχι στη “σάρκα” του (γαστέρα). Οι ανατόμοι δεν ανακάλυψαν την ύπαρξη των μεμονωμένων μυϊκών ινών έως ότου ο Ολλανδός επιστήμονας Anton van Leeuwenhoek εισήγαγε το μικροσκόπιο (περίπου 1660). Αλλά το πώς αυτές οι ίνες μικραίνουν και δημιουργούν δύναμη παρέμεινε ένα μυστήριο μέχρι τα μέσα του 20ού αιώνα, όταν μπόρεσε να μελετηθεί η περίπλοκη λειτουργία των πρωτεϊνών των μυών μέσω του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου.

Ιστορικές Πτυχές από τη Φυσιολογία της Άσκησης

Η φυσιολογία της άσκησης είναι σχετικά νεοφερμένη στον κόσμο της επιστήμης, αν και η μυϊκή δραστηριότητα έπαιξε έναν ενδιαφέροντα ρόλο σε μια φυσιολογική μελέτη από το 1793. Μία ονομαστή εργασία των Seguin και Lavoisier περιγράφει την κατανάλωση οξυγόνου ενός νεαρού άνδρα, όπως αυτή μετρείται σε κατάσταση ανάπαυσης και ενώ ανέβασε ένα βάρος 7,3 kg αρκετές φορές σε ένα συνολικό ύψος 200 m για 15 min. Σε ανάπαυση ο άνδρας κατανάλωνε 24 L οξυγόνου ανά ώρα (L/h), τα οποία αυξήθηκαν σε 63 L/h κατά τη διάρκεια της άσκησης. Ο Lavoisier πίστευε ότι η περιοχή της κατανάλωσης του οξυγόνου και παραγωγής του διοξειδίου του άνθρακα ήταν στους πνεύμονες. Αυτή η πεποίθηση αμφισβητήθηκε από άλλους φυσιολόγους, αλλά παρέμεινε αποδεκτό δόγμα μέχρι τα μέσα του 19^{ου} αιώνα, όταν διάφοροι γερμανοί φυσιολόγοι κατέδειξαν ότι η καύση εκτελείται στους ιστούς όλου του σώματος.

Αν και έγιναν πρόοδοι στην κατανόηση της κυκλοφορίας και της αναπνοής κατά τη διάρκεια του 19ου αιώνα, ελάχιστες προσπάθειες καταβλήθηκαν να εστιάσουν στη φυσιολογία της σωματικής δραστηριότητας. Εντούτοις, το 1888, περιγράφηκε μια συσκευή που επέτρεπε στους επιστήμονες να μελετήσουν τους δοκιμαζόμενους της έρευνας κατά τη διάρκεια ορειβασίας, μολονότι οι δοκιμαζόμενοι έπρεπε να κουβαλούν ένα γκαζόμετρο 7 kg στις πλάτες τους.²²

Το πρώτο δημοσιευμένο εγχειρίδιο για τη φυσιολογία άσκησης, η Φυσιολογία της Σωματικής Άσκησης, γράφτηκε από το Fernand LaGrange το 1889,¹⁶ Εξετάζοντας τις λιγοστές έρευνες για την άσκηση που είχαν διεξαχθεί ως τότε, είναι ενδιαφέρον να διαβάσει κανείς τις περιγραφές που έκανε ο συγγραφέ-

ας για θέματα όπως “Μυϊκό Έργο”, “Κόπωση”, “Εξοικείωση με Το Έργο” και “Η Λειτουργία του Εγκεφάλου στην Άσκηση”. Αυτή η πρώτη προσπάθεια να εξηγηθεί η αντίδραση του σώματος στην άσκηση περιορίστηκε, από πολλές απόψεις, σε πολλές ασυνάρτητες θεωρίες και ελάχιστα γεγονότα. Αν και μερικές βασικές έννοιες της βιοχημείας της άσκησης προέκυπταν εκείνη την περίοδο, ο LaGrange γρήγορα αναγνώρισε ότι πολλές λεπτομέρειες ήταν ακόμα σε στάδιο διαμόρφωσης. Παραδείγματος χάριν, δήλωσε ότι η “ζωτικής σημασίας καύση [ενεργειακός μεταβολισμός] περιγράφεται πολύ περίπλοκη τελευταία – θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι κάπως μπερδεμένο, και ότι είναι δύσκολο να δώσει με μερικές λέξεις μια σαφή και συνοπτική περίληψη αυτής. Είναι ένα κεφάλαιο της φυσιολογίας που ξαναγράφεται, και δεν μπορούμε αυτήν τη στιγμή να διατυπώσουμε τα συμπεράσματά μας” (σελ. 395).¹⁶

Δεδομένου ότι το πρώτο κείμενο του LaGrange πρόσφερε μόνο περιορισμένες φυσιολογικές θεωρίες σχετικά με τις σωματικές λειτουργίες κατά την διάρκεια της σωματικής δραστηριότητας, μπορεί να υποστηριχτεί ότι η τρίτη έκδοση ενός κειμένου του F.A. Bainbridge με τίτλο “Η Φυσιολογία της Μυϊκής Άσκησης” θεωρείται το πρώτο επιστημονικό κείμενο σε αυτό το θέμα.³ Κατά τρόπο ενδιαφέροντα, εκείνη η τρίτη έκδοση γράφτηκε από τους A.V. Bock και D.B. Dill, κατά παράκληση του A.V. Hill, τρία άτομα που συζητάμε σε αυτό το κεφάλαιο.

Το πρώτο δημοσιευμένο εγχειρίδιο στη φυσιολογία της άσκησης ήταν μια εργασία το 1889 του Ferdinand LaGrange με τον τίτλο “Φυσιολογία της Σωματικής Άσκησης”.

A.V. Hill

Η 16 Οκτωβρίου του 1923, ήταν ένα ορόσημο στην ιστορία της φυσιολογίας της άσκησης. Ο A.V. Hill (εικόνα 0.1) διορίστηκε εκείνη την ημέρα Καθηγητής της Φυσιολογίας στο University College του Λονδίνου. Στην εναρκτήρια προσφώνησή του δήλωσε τις αρχές που επηρέασαν στη συνέχεια τον τομέα της φυσιολογίας της άσκησης:



▲ Εικόνα 0.1 Archibald Hill (1927). Βραβείο Νόμπελ 1921

Είναι περίεργο πόσο συχνά μια παρατήρηση σε ένα ζώο μπορεί να αναπτυχθεί και να ενισχυθεί, και να βρει την πραγματική της διάσταση όταν την εφαρμόσουμε στον άνθρωπο. Ο άνθρωπος έχει αποδειχθεί, παραδείγματος χάριν, κατά πολύ το καλύτερο εξεταζόμενο ον για τα πειράματα που αφορούν στην αναπνοή και στη μεταφορά των αερίων με το αίμα, και ένα άριστο δοκιμαζόμενο για τη μελέτη της λειτουργίας των νεφρών, των μυών, της καρδιάς και του μεταβολισμού...

Τα πειράματα στον άνθρωπο είναι μια ειδική τέχνη που απαιτεί ειδικές γνώσεις και ικανότητα, και η “ανθρώπινη φυσιολογία”, όπως μπορεί να ονομαστεί, αξίζει μια ίση θέση στον κατάλογο εκείνων των δρόμων που οδηγούν στη φυσιολογία του μέλλοντος. Οι μέθοδοι, φυσικά, είναι εκείνες της βιοχημείας, της βιοφυσικής, της πειραματικής φυσιολογίας – αλλά υπάρχει ένα συγκεκριμένο είδος τέχνης και γνώσης που απαιτείται από εκείνους που επιθυμούν να κάνουν πειράματα στους εαυτούς τους και τους φίλους τους, το είδος της ικανότητας που ο αθλητής και ο ορειβάτης πρέπει να

έχουν για να συνειδητοποιήσουν τα όρια στα οποία είναι σοφό και πρόσφορο να φτάσουν.

Αντίθετα από την άμεση φυσιολογική έρευνα στον άνθρωπο, η μελέτη των οργάνων και των μεθόδων που είναι εφαρμόσιμες στον άνθρωπο, η τυποποίηση τους, η περιγραφή τους, η αναγωγή τους σε ρουτίνα, καθώς και ο ορισμός των φυσιολογικών τιμών στον άνθρωπο είναι σίγουρο ότι θα αποδειχθούν ως μεγάλο πλεονέκτημα στην ιατρική και όχι μόνο στην ιατρική, αλλά και σε όλες εκείνες τις δραστηριότητες και τέχνες όπου ο κανονικός άνθρωπος είναι το αντικείμενο της μελέτης. Ο αθλητισμός, η φυσική αγωγή, η πτήση, η εργασία, τα υποβρύχια, ή τα ανθρακωρυχεία, όλα απαιτούν γνώση της φυσιολογίας του ατόμου, όπως επίσης και η μελέτη των συνθηκών εργασίας στα εργοστάσια. Η παρατήρηση των άρρωστων ατόμων στα νοσοκομεία δεν είναι η καλύτερη προετοιμασία για τη μελέτη του υγιούς ατόμου στην εργασία του. Είναι απαραίτητο να ενισχυθεί ένα υγιές σώμα έγκυρων επιστημονικών γνώσεων που να αφορούν στη μελέτη του υγιούς ατόμου, γιατί αυτές οι γνώσεις είναι πιθανό να αποδειχθούν μέγιστης χρησιμότητας, όχι μόνο για την ιατρική, αλλά για την καθημερινή κοινωνική και εργασιακή ζωή μας. Οι αξεπέραστες γνώσεις του Haldane για την ανθρώπινη φυσιολογία της αναπνοής συχνά έχουν παράσχει ανυπολόγιστη υπηρεσία στο έθνος, σε δραστηριότητες όπως η εργασία στα ανθρακωρυχεία ή οι καταδύσεις και αυτό που ισχύει για την ανθρώπινη φυσιολογία της αναπνοής είναι πιθανό επίσης να ισχύει για πολλές άλλες φυσιολογικές ανθρώπινες λειτουργίες.

Κατά το τέλος του 19ου αιώνα, πολλές θεωρίες προτάθηκαν για να εξηγήσουν την πηγή της ενέργειας που δαπανάται κατά τη διάρκεια της μυϊκής συστολής. Ήταν γνωστό ότι οι μύες παράγουν πολλή θερμότητα κατά τη διάρκεια της άσκησης, έτσι μερικές θεωρίες πρότειναν ότι αυτή η θερμότητα χρησιμοποιούταν άμεσα ή έμμεσα για να βραχαιίνει τις μυϊκές ίνες. Με την αλλαγή του αιώνα, ο Walter Fletcher και ο Sir Frederick Gowland Hopkins παρατήρησαν μια στενή σχέση μεταξύ της δράσης των μυών και του σχηματισμού γαλακτικού οξέος. Αυτή η παρατήρηση οδήγησε στο συμπέρασμα ότι η ενέργεια για τη δράση των μυών προέρχεται από τη διάσπαση του μυϊκού γλυκογόνου σε γαλακτικό οξύ (κεφάλαιο 4), αν και οι λεπτομέρειες αυτής της αντίδρασης παρέμειναν σκοτεινές.

Επειδή οι ενεργειακές ανάγκες για τη δράση των μυών είναι υψηλές, ο μυϊκός ιστός χρησίμευσε ως ένα ιδανικό πρότυπο στη βοήθεια να διευκρινιστούν τα μυστήρια του κυτταρικού μεταβολισμού. Το 1921, ο Archibald V. (A.V.) Hill έλαβε το βραβείο Νόμπελ για τα συμπεράσματά του περί τον ενεργειακό μεταβολισμό. Εκείνη την περίοδο, η βιοχημεία ήταν στις αρχές της, αν και κέρδιζε γρήγορα την αναγνώριση μέσω των ερευνητικών προσπαθειών επιστημόνων που τιμήθηκαν με βραβείο Νόμπελ όπως ο Albert Szent Gorgyi, ο Otto Meyerhof, ο August Krogh και ο Hans Krebs, οι οποίοι μελετούσαν τον τρόπο με τον οποίο τα ζωντανά κύτταρα παράγουν ενέργεια.

Αν και ένα μεγάλο μέρος της έρευνας του Hill πραγματοποιήθηκε με απομονωμένους μυς βατράχων, πραγματοποίησε επίσης μερικές από τις πρώτες φυσιολογικές μελέτες σε δρομείς. Οι μελέτες αυτές έγιναν δυνατές μέσω των τεχνικών συνεισφορών του John S. Haldane, ο οποίος ανέπτυξε τις μεθόδους και τον εξοπλισμό που απαιτούνταν για να μετρηθεί η κατανάλωση οξυγόνου κατά τη διάρκεια της άσκησης.



▲ **Εικόνα 0.2** David Bruce (D.B.) Dill ως διευθυντής του Εργαστηρίου Κόπωσης του Harvard (Harvard Fatigue Laboratory).

Αυτοί και άλλοι ερευνητές παρείχαν το βασικό πλαίσιο για την κατανόηση της συνολικής παραγωγής ενέργειας στο σώμα μας, στην οποία εστίασε σημαντικό μέρος της έρευνας στα μέσα αυτού του αιώνα. Το βασικό αυτό θεωρητικό πλαίσιο ενσωματώθηκε στα υπολογιστικά συστήματα που χρησιμοποιούνται σήμερα για να μετρήσουν την κατανάλωση οξυγόνου στα εργαστήρια φυσιολογίας της άσκησης.

Εργαστήριο Κόπωσης του Harvard (Harvard Fatigue Laboratory)

Κανένα εργαστήριο δεν έχει ασκήσει μεγαλύτερη επίδραση στον τομέα της φυσιολογίας της άσκησης από το Εργαστήριο Κόπωσης του Harvard (Harvard Fatigue Laboratory) (HFL). Μια επίσκεψη του A.V. Hill στο πανεπιστήμιο του Harvard το 1926 κατέστη αρκετή για να οδηγήσει στην ίδρυση και τη λειτουργία του HFL, η οποία άρχισε ένα έτος αργότερα. Η δημιουργία αυτού του εργαστηρίου αποδίδεται στον οξυδερκή προγραμματισμό του παγκοσμίως διάσημου Νομπελίστα βιοχημικού, Lawrence J. Henderson. Επειδή δεν ενδιαφερόταν να είναι επικεφαλής του προγράμματος έρευνας του εργαστηρίου, επέλεξε έναν νέο βιοχημικό από το Πανεπιστήμιο του Stanford, τον David Bruce "D.B." Dill (Εικόνα 0.2) ως πρώτο διευθυντή.

Όπως σημειώθηκε νωρίτερα, ο Dill βοήθησε τον A.V. Bock στο γράψιμο της τρίτης έκδοσης του κειμένου του Bainbridge για τη φυσιολογία της άσκησης. Αργότερα στη σταδιοδρομία του απέδωσε στο γράψιμο εκείνου του εγχειριδίου "τη διαμόρφωση του προγράμματος του Εργαστηρίου Κόπωσης". Αν και είχε λίγη εμπειρία στην εφαρμοσμένη ανθρώπινη φυσιολογία, η δημιουργική σκέψη του Dill και η δυνατότητα να περιβληθεί από νέους, ταλαντούχους επιστήμονες, δημιούργησαν ένα περιβάλλον που θα έθετε τα θεμέλια για τη σύγχρονη φυσιολογία της άσκησης. Παραδείγματος χάριν, το προσωπικό του HFL εξέτασε τη φυσιολογία της άσκησης αντοχής και περιέγραψε τις φυσικές απαιτήσεις για την επιτυχία σε αθλήματα όπως οι δρόμοι μεγάλων αποστάσεων. Μερικές από τις σημαντικότερες έρευνες στο HFL διεξήχθησαν όχι στο εργαστήριο αλλά στην έρημο της Νεβάδα, στο δέλτα του Μισισσιπή, και στο λευκό όρος της Καλιφόρνιας (ύψος 3.962 m ή 13.000 FT). Αυτές και άλλες μελέτες αποτέλεσαν τη βάση για μελλοντικές έρευνες στην επίδραση του περιβάλλοντος στη φυσική απόδοση και την ανθρώπινη φυσιολογία.

Στα πρώτα έτη του, το HFL εστίασε την ερευνητική του δραστηριότητα στα γενικά προβλήματα της άσκησης, της διατροφής, και της υγείας. Παραδείγματος χάριν, μελέτες για την άσκηση και την γήρανση διεξήχθησαν αρχικά το 1939 από τον Sid Robinson (Εικόνα 0.3), έναν σπουδαστή του HFL. Βασισμένος στις μελέτες ατόμων από 6 έως 91 ετών, ο

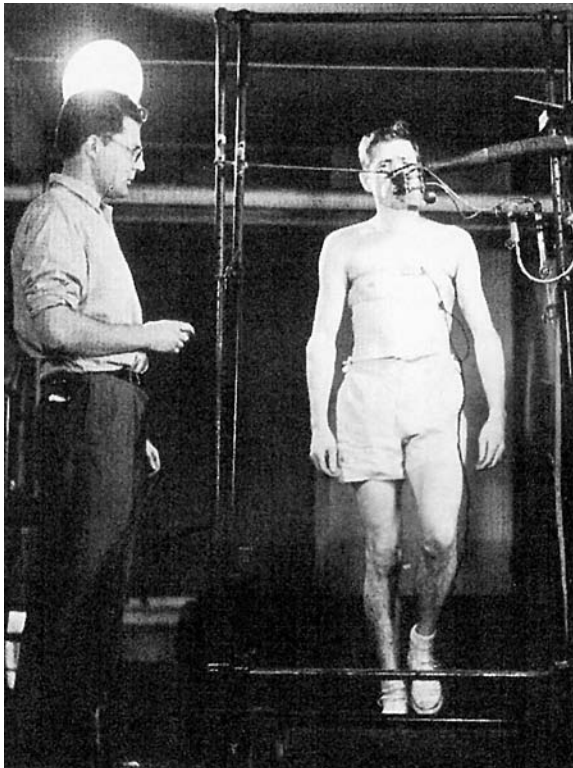
Robinson περιέγραψε την επίδραση της γήρανσης στον μέγιστο καρδιακό ρυθμό και στη κατανάλωση οξυγόνου. Στην αρχή του Β' Παγκόσμιου Πολέμου, το HFL πήρε μια διαφορετική κατεύθυνση. Οι Henderson και Dill συνειδητοποίησαν την πιθανή συμβολή του HFL στην πολεμική προσπάθεια. Αυτοί και το υπόλοιπο προσωπικό του HFL συνέβαλαν στη διαμόρφωση νέων εργαστηρίων για το Στρατό, το Ναυτικό, και τα Σώματα Εναέριου Στρατού (που τώρα ονομάζεται Πολεμική Αεροπορία). Δημοσίευσαν επίσης τις απαραίτητες μεθοδολογίες για τη σχετική στρατιωτική έρευνα· εκείνες οι μέθοδοι εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται σε όλο τον κόσμο.

Οι σημερινοί σπουδαστές της φυσιολογίας της άσκησης θα έμεναν κατάπληκτοι από την τεχνολογία που χρησιμοποιούταν τις πρώτες ημέρες του HFL και από τον χρόνο και την ενέργεια που αφιερώθηκαν στις πρώτες έρευνες. Αυτό που τώρα κατορθώνεται σε λίγα χιλιοστά του δευτερολέπτου με την βοήθεια των υπολογιστών και των αυτόματων συσκευών ανάλυσης απαιτούσε ημέρες προσπάθειας από το προσωπικό του HFL. Οι μετρήσεις της κατανάλωσης οξυγόνου κατά τη διάρκεια της άσκησης, παραδείγματος χάριν, απαιτούσαν την συλλογή της εκπνοής σε σακούλες Douglas και την ανάλυση της περιεκτικότητας σε οξυγόνο και διοξείδιο του άνθρακα με τη χρησιμοποίηση μιας χειροκίνητης συσκευής χημικής ανάλυσης, χωρίς τη βοήθεια υπολογιστή, φυσικά (Εικόνα

0.4, στη σελίδα 8). Η ανάλυση ενός δείγματος εκπνεομένου για 1 λεπτό απαιτούσε 20 έως 30 min προσπάθειας από έναν ή περισσότερους εργαζόμενους στο εργαστήριο. Σήμερα, το προσωπικό του εργαστηρίου κάνει τέτοιες μετρήσεις σχεδόν στιγμιαία με λίγη προσπάθεια. Πρέπει να θαυμάζουμε την αφοσίωση των πρωτοπόρων της γνώσης του HFL.

Το HFL ήταν ένα επιστημονικό κέντρο που προσέλκυσε νέους φυσιολόγους από πολλά μέρη. Μελετητές από 15 χώρες εργάστηκαν στο HFL από το 1927 έως το 1947, όταν έκλεισε. Οι περισσότεροι ανέπτυξαν δικά τους εργαστήρια και έγιναν διεθνώς γνωστοί στη φυσιολογία της άσκησης. Κατά συνέπεια, το HFL φύτεψε τους σπόρους της επιστήμης αυτής σε όλο τον κόσμο και οδήγησε σε μια έκρηξη γνώσης και ενδιαφέροντος για αυτόν τον νέο τομέα.

Από την ίδρυση του, από το βιοχημικό L.J. Henderson το 1927 και υπό τη διεύθυνση του D.B. Dill, μέχρι το κλείσιμό του το 1947, το Εργαστήριο Κόπωσης του Harvard (Harvard Fatigue Laboratory) (HFL) εκπαίδευσε τους περισσότερους από εκείνους που έγιναν παγκόσμιοι ηγέτες στη φυσιολογία της άσκησης κατά τη διάρκεια των δεκαετιών του '50 και του '60. Οι περισσότεροι σύγχρονοι φυσιολόγοι της άσκησης μπορούν να εντοπίσουν τις ρίζες τους στο HFL.

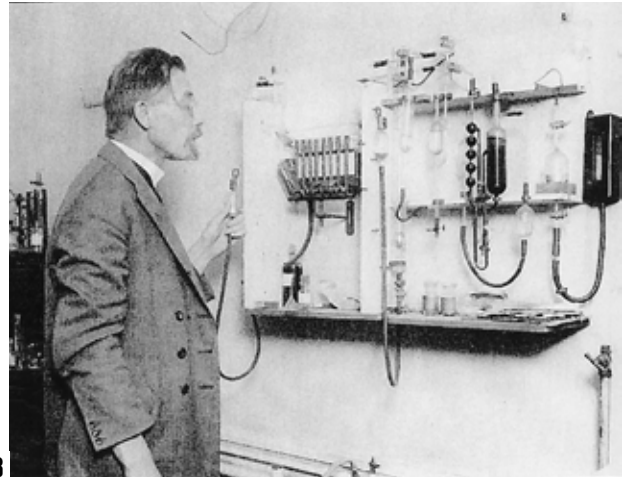
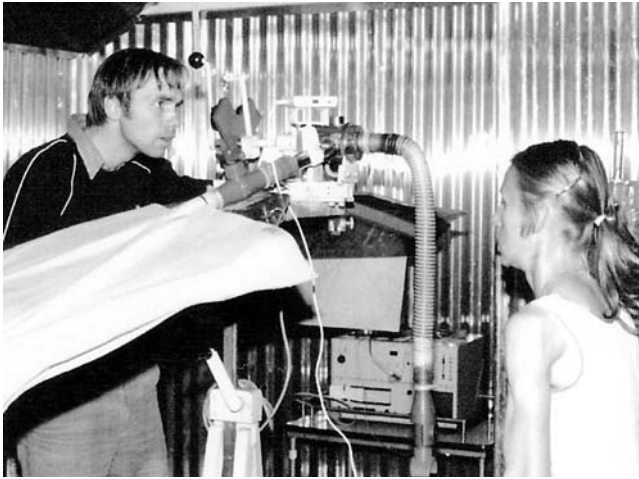


α



β

▲ **Εικόνα 0.3** Ο Sid Robinson εξετάζεται από τον R.E. Johnson στον κλυτόμενο τάπητα στο Εργαστήριο Κόπωσης του Harvard (Harvard Fatigue Laboratory) (αριστερά), ως σπουδαστής του Harvard και αθλητής (δεξιά) το 1938.



▲ **Εικόνα 0.4** Οι πρώτες μετρήσεις των μεταβολικών αντιδράσεων κατά την άσκηση απαιτούσαν τη συλλογή των αερίων της εκπνοής σε μια σφραγισμένη σακούλα γνωστή ως σακούλα Douglas (α). Κατόπιν, σε ένα δείγμα εκείνου του αερίου προσδιορίζονταν το οξυγόνο και το διοξείδιο του άνθρακα, χρησιμοποιώντας ένα χημικό αναλυτή αερίων, ο οποίος παρουσιάζεται στην φωτογραφία (β), από τον Νομπελίστα August Krogh.

Σκανδιναβική Σχολή

Ως αποτέλεσμα των επαφών μεταξύ του D.B. Dill και του August Krogh, ένας Δανού Νομπελίστα, τρεις νέοι Δανοί φυσιολόγοι ήρθαν στο HFL στη δεκαετία του '30. Ο Krogh ενθάρρυνε τους Erik Hohwü-Christensen, Erling Asmussen, και Marius Nielsen να διαθέσουν χρόνο στο Harvard μελετώντας την άσκηση στη ζέστη και σε μεγάλο υψόμετρο. Όταν επέστρεψε στην Σκανδιναβία, ο κάθε άνδρας ακολούθησε μια διαφορετική πορεία έρευνας. Οι Asmussen και Nielsen έγιναν καθηγητές στο Πανεπιστήμιο της Κοπεγχάγης, όπου ο Asmussen μελέτησε τις μηχανικές ιδιότητες των μυών και ο Nielsen πραγματοποίησε μελέτες για την θερμορύθμιση του σώματος. Και οι δύο παρέμειναν ενεργοί στο Ίδρυμα του August Krogh στο Πανεπιστήμιο της Κοπεγχάγης μέχρι τη συνταξιοδότησή τους.

Το 1941, ο Hohwü-Christensen (Εικόνα 0.5) μετακόμισε στην Στοκχόλμη για να γίνει ο πρώτος καθηγητής φυσιολογίας στο Κολλέγιο της Φυσικής Αγωγής στο Gymnastik-och Idrottshogskolan (GIH). Προς το τέλος της δεκαετίας του '30, συνεργάστηκε με τον Ole Hansen για να πραγματοποιήσει και να δημοσιεύσει μια σειρά πέντε μελετών για τους υδατάνθρακες και τον μεταβολισμό του λίπους κατά τη διάρκεια της άσκησης. Αυτές οι μελέτες ακόμα αναφέρονται συχνά και θεωρούνται μεταξύ των πρώτων και πιο σημαντικών μελετών αθλητικής διατροφής. Ο Hohwü-Christensen εισήγαγε τον Per-Olof (P.-O.) Astrand στον τομέα της φυσιολογίας της άσκησης. Ο Astrand, που πραγματοποίησε πολυάριθμες μελέτες σχετικές με την φυσική κατάσταση και ικανότητα αντοχής κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του '50 και του '60, έγινε διευθυντής στο GIH αφότου αποσύρθηκε ο Hohwü-Christensen, το

1960. Κατά την περίοδο που διεύθυνε το GIH, ο Hohwü-Christensen συμβούλευε διάφορους σημαντικούς επιστήμονες, συμπεριλαμβανομένου του Bengt Saltin, ο οποίος ήταν ο νικητής του Ολυμπιακού Βραβείου το 2002 για τις πολλές συνεισφορές του στον τομέα της φυσιολογίας της άσκησης και της κλινικής φυσιολογίας (Εικόνα 0.5β).

Εκτός από την εργασία τους στο GIH, και ο Hohwü-Christensen και ο Astrand είχαν επαφές με τους φυσιολόγους στο Ίδρυμα Karolinska στη Στοκχόλμη που μελετούσαν τις κλινικές εφαρμογές της άσκησης. Είναι δύσκολο να επιλεχθούν οι σημαντικότερες συνεισφορές αυτού του ιδρύματος, αλλά η επανεισαγωγή της βελόνας βιοψιών (περίπου το 1966) του Jonas Bergstrom για την δειγματοληψία μυϊκού ιστού ήταν ένα κεντρικό σημείο στη μελέτη της βιοχημείας και της θρέψης των ανθρώπινων μυών (Εικόνα 0.5γ). Αυτή η τεχνική, που περιλαμβάνει την απόσυρση ενός μικροσκοπικού δείγματος ιστού μέσω μιας μικρής τομής, εισήχθη αρχικά στις αρχές του 20ου αιώνα για τη μελέτη μυϊκής δυστροφίας. Η βιοψία λεπτής βελόνας επέτρεψε στους φυσιολόγους να πραγματοποιήσουν ιστολογικές και βιοχημικές μελέτες του ανθρώπινου μυός πριν, κατά τη διάρκεια, και μετά από την άσκηση.

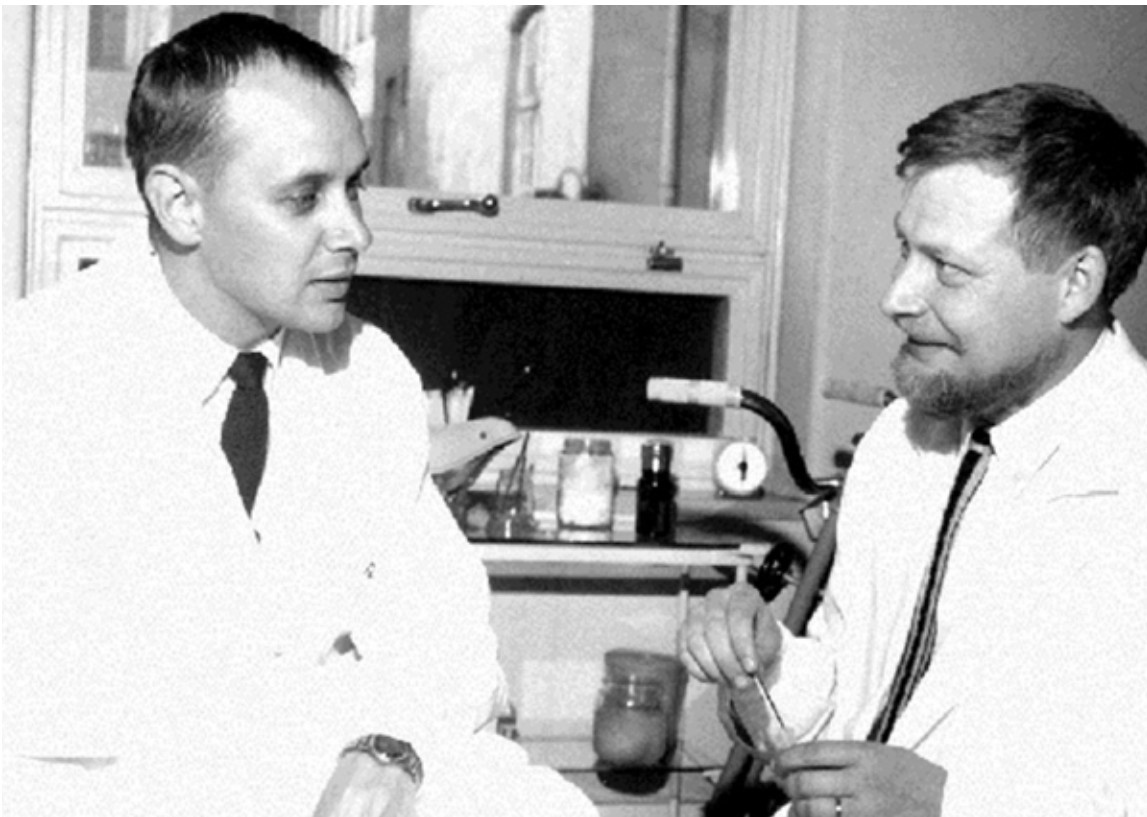
Άλλες επεμβατικές μελέτες της κυκλοφορίας του αίματος πραγματοποιήθηκαν στη συνέχεια από φυσιολόγους στο GIH και στο Ίδρυμα Karolinska. Ακριβώς όπως το HFL ήταν η Μέκκα στην έρευνα της φυσιολογίας της άσκησης μεταξύ 1927 και 1947, τα Σκανδιναβικά εργαστήρια ήταν εξίσου σημαντικά από τα τέλη της δεκαετίας του '40. Πολλές καίριες έρευνες κατά τη διάρκεια των προηγούμενων 35 ετών ήταν συνεργασίες μεταξύ Αμερικανών και Σκανδιναβών φυσιολόγων της άσκησης. (Για μια πιο λεπτομερή λίστα των Σκανδιναβικών συνεισφο-



α



β



γ

▲ **Εικόνα 0.5** Ο Erik Hohwu-Christensen (α) ήταν ο πρώτος καθηγητής φυσιολογίας στο Κολλέγιο της Φυσικής Αγωγής στο Gymnastik-och Idrottshogskolan στη Στοκχόλμη της Σουηδίας. Ο Bengt Saltin (β), νικητής του Ολυμπιακού Βραβείου του 2002. (γ) Ο Jonas Bergstrom (αριστερά) και ο Eric Hultman (δεξιά) ήταν οι πρώτοι που χρησιμοποίησαν τη βιοψία μυών για να μελετήσουν την χρήση του μυϊκού γλυκογόνου και την αποκατάστασή του πριν, κατά τη διάρκεια, και μετά από την άσκηση.

Φυσιολογία της Άσκησης και Άλλοι Τομείς

Η φυσιολογία υπήρξε πάντα η βάση της κλινικής ιατρικής. Με τον ίδιο τρόπο, η φυσιολογία της άσκησης έχει παράσχει ουσιαστική γνώση για πολλούς άλλους τομείς, όπως η φυσική αγωγή, η φυσική κατάσταση, η φυσικοθεραπεία, και η αγωγή υγείας. Προς το τέλος του 19ου και τις αρχές του 20ου αιώνα, παθολόγοι όπως ο Edward Hitchcock, ο νεότερος (Κολλέγιο Amherst) και ο Dudley Sargent (Πανεπιστήμιο του Harvard) μελέτησαν τις αναλογίες του σώματος (ανθρωπομετρία) και τα αποτελέσματα της φυσικής κατάστασης στη δύναμη και την αντοχή. Αν και διάφοροι καθηγητές φυσικής αγωγής εισήγαγαν την επιστήμη στο προπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών πολλών Σχολών φυσικής αγωγής, ο Peter Karpovich, ένας Ρώσος μετανάστης που είχε εργαστεί για μικρό χρονικό διάστημα στο HFL, έπαιξε σημαντικό ρόλο εισάγοντας το μάθημα της φυσιολογίας στη φυσική αγωγή. Ο Karpovich (βλέπε Εικόνα 0.6α) ίδρυσε το δικό του εργαστήριο και δίδαξε φυσιολογία στο Κολλέγιο του Springfield (Μασσαχουσέτη) από το 1927 μέχρι το θάνατό του, το 1968. Αν και είχε κάνει πολυάριθμες συνεισφορές στην έρευνα της φυσικής αγωγής και της φυσιολογίας της άσκησης, τον θυμόμαστε κυρίως για τους σημαντικούς σπουδαστές που δίδαξε, συμπεριλαμβανομένου του Charles Tipton και του Loring Rowell, και οι δυο παραλήπτες των Βραβείων Τιμής και Αναφοράς του Αμερικάνικου Κολλεγίου Αθλητιατρικής.



α



β

▲ **Εικόνα 0.6** Ο Peter Karpovich (α) εισήγαγε τον τομέα της φυσιολογίας άσκησης κατά τη διάρκεια της διάρκειας αξιώματός του στο Κολλέγιο του Springfield. Ο Thomas K. Cureton (β) διηύθυνε το εργαστήριο φυσιολογίας άσκησης στο Πανεπιστήμιο του Illinois στο Urbana-Champaign από το 1941 μέχρι το 1971.

Ένα άλλο μέλος της σχολής του Springfield, ο προπονητής κολύμβησης T.K. Cureton (Εικόνα 0.6β), δημιούργησε ένα εργαστήριο φυσιολογίας της άσκησης στο Πανεπιστήμιο του Illinois, το 1941. Συνέχισε την έρευνά του και δίδαξε πολλούς από τους σημερινούς ηγέτες στη φυσική κατάσταση και τη φυσιολογία της άσκησης, μέχρι την συνταξιοδότησή του, το 1971. Τα προγράμματα φυσικής κατάστασης που αναπτύχθηκαν από τον Cureton και τους σπουδαστές του και το βιβλίο του Kenneth Cooper, *Αεροβική*, καθιέρωσαν

μία φυσιολογική λογική για τη χρησιμοποίηση της άσκησης στην προαγωγή ενός υγιή τρόπου ζωής. Αν και από τα μέσα του 17ου αιώνα κάποιοι υποστήριζαν ότι η τακτική σωματική δραστηριότητα είναι απαραίτητη για να διατηρηθεί η βέλτιστη υγεία, αυτή η άποψη δεν κέρδισε ευρεία αποδοχή παρά στα τέλη του '60. Νεότερες έρευνες συνεχίζουν να υποστηρίζουν τη σημασία της άσκησης στην αντιστροφή της φυσικής έκπτωσης που συνδέεται με τη γήρανση.

Η συνειδητοποίηση της ανάγκης για σωματική δραστηριότητα έχει ευαισθητοποιήσει το ευρύ κοινό όσον αφορά στην σημασία της προληπτικής ιατρικής και της καθιέρωσης των προγραμμάτων ευεξίας. Αν και η φυσιολογία της άσκησης δεν μπορεί να θεωρηθεί υπεύθυνη για το πρόσφατο κίνημα ευεξίας, παρέιχε τις βασικές γνώσεις και την αιτιολόγηση για να συμπεριληφθεί η άσκηση σε αυτό που ονομάζουμε υγιή τρόπο ζωής και έθεσε τα θεμέλια για την επιστήμη της άσκησης και στην ασθένεια και στην υγεία.

Η συνειδητοποίηση της ανάγκης για σωματική δραστηριότητα έχει ευαισθητοποιήσει το ευρύ κοινό όσον αφορά στην σημασία της προληπτικής ιατρικής και της καθιέρωσης των προγραμμάτων ευεξίας. Αν και η φυσιολογία της άσκησης δεν μπορεί να θεωρηθεί υπεύθυνη για το πρόσφατο κίνημα ευεξίας, παρέιχε τις βασικές γνώσεις και την αιτιολόγηση για να συμπεριληφθεί η άσκηση σε αυτό που ονομάζουμε υγιή τρόπο ζωής και έθεσε τα θεμέλια για την επιστήμη της άσκησης και στην ασθένεια και στην υγεία.

Η συνειδητοποίηση της ανάγκης για σωματική δραστηριότητα έχει ευαισθητοποιήσει το ευρύ κοινό όσον αφορά στην σημασία της προληπτικής ιατρικής και της καθιέρωσης των προγραμμάτων ευεξίας. Αν και η φυσιολογία της άσκησης δεν μπορεί να θεωρηθεί υπεύθυνη για το πρόσφατο κίνημα ευεξίας, παρέιχε τις βασικές γνώσεις και την αιτιολόγηση για να συμπεριληφθεί η άσκηση σε αυτό που ονομάζουμε υγιή τρόπο ζωής και έθεσε τα θεμέλια για την επιστήμη της άσκησης και στην ασθένεια και στην υγεία.

ρών στην φυσιολογία άσκησης, συμβουλευθείτε την ανασκόπηση του Astrand.¹⁾

Σύγχρονη Φυσιολογία της Άσκησης

Μεγάλο τμήμα της προόδου στη φυσιολογία της άσκησης πρέπει να αποδοθεί στην πρόοδο της τεχνολογίας. Παραδείγματος χάριν, στη δεκαετία του '60, η ανάπτυξη των ηλεκτρονικών συσκευών ανάλυσης για τη μέτρηση των αναπνευστικών αερίων έκανε τη μελέτη του ενεργειακού μεταβολισμού πο-

λύ ευκολότερη και παραγωγικότερη από ποτέ. Αυτή η τεχνολογία και η ραδιο-τηλεμετρία (χρησιμοποιεί ραδιο-διαβιβασθέντα σήματα), που χρησιμοποιήθηκαν για να ελέγξουν τον καρδιακό ρυθμό και τη θερμοκρασία του σώματος κατά τη διάρκεια της άσκησης, αναπτύχθηκαν στα πλαίσια του αμερικανικού διαστημικού προγράμματος. Αν και αυτά τα όργανα διευκόλυναν την έρευνα, δεν άλλαξαν την κατεύθυνση της επιστημονικής έρευνας. Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του '60, οι περισσότερες μελέτες φυσιολογίας της άσκησης εστίαζαν στην αντίδραση

ολόκληρου του σώματος στην άσκηση. Η πλειοψηφία των ερευνών περιλάμβαναν μετρήσεις μεταβλητών όπως η κατανάλωση οξυγόνου, η καρδιακή συχνότητα, η θερμοκρασία του σώματος, και το ποσοστό ιδρώτα. Οι κυτταρικές αντιδράσεις κατά την άσκηση έλαβαν λίγη προσοχή.

Στα μέσα της δεκαετίας του '60, τρεις βιοχημικοί άσκησαν σημαντική επίδραση στον τομέα της φυσιολογίας της άσκησης. Ο John Holloszy (Εικόνα 0.7α) στο Πανεπιστήμιο της Ουάσινγκτον (St. Louis), ο Charles "Tip" Tipton (Εικόνα 0.7β) στο Πανεπιστήμιο της Iowa, και ο Phil Gollnick (Εικόνα 0.7γ) στο Πανεπιστήμιο της Πολιτείας της Ουάσινγκτον χρησιμοποίησαν πρώτοι αρουραίους και ποντίκια στη μελέτη του μεταβολισμού των μυών και εξέτασαν τους παράγοντες που σχετίζονται με την κούραση. Οι δημοσιεύσεις και η εκπαίδευση των απόφοιτων και των μεταπτυχιακών φοιτητών τους έχουν οδηγήσει σε μια πιο βιοχημική προσέγγιση στην έρευνα της φυσιολογίας της άσκησης. Ο Holloszy έλαβε τελικά το Ολυμπιακό Βραβείο το 2000 για τη συνεισφορά του στη φυσιολογία της άσκησης και την υγεία.

Περίπου την εποχή που ο Bergstrom επανεισήγαγε τη διαδικασία βιοψιών βελόνης, εμφανίστηκαν φυσιολόγοι της άσκησης που είχαν εκπαιδευτεί καλά ως βιοχημικοί. Στη Στοκχόλμη, ο Bengt Saltin συνειδητοποίησε την αξία αυτής της διαδικασίας στην μελέτη της δομής των μυών και τη βιοχημεία τους. Συνεργάστηκε αρχικά με τον Bergstrom, προς το τέλος της δεκαετίας του '60, για να μελετήσουν τα αποτελέσματα της διατροφής στην αντοχή και τη θρέψη των μυών. Περίπου την ίδια εποχή, ο Reggie

Edgerton (Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνιας, Los Angeles) και ο Phil Gollnick χρησιμοποιούσαν αρουραίους για να μελετήσουν τα χαρακτηριστικά μεμονωμένων μυϊκών ινών και τις αντιδράσεις τους στην προπόνηση. Ο Saltin συνδύασε στη συνέχεια τις γνώσεις του πάνω στη διενέργεια βιοψιών με το ταλέντο του Gollnick στη βιοχημεία. Αυτοί οι ερευνητές ήταν αρμόδιοι για πολλές πρωτοπόρες μελέτες σχετικά με τα χαρακτηριστικά των ανθρώπινων μυϊκών ινών και τη χρήση τους κατά τη διάρκεια της άσκησης. Αν και πολλοί βιοχημικοί έχουν χρησιμοποιήσει την άσκηση στη μελέτη του μεταβολισμού, λίγοι έχουν ασκήσει ισχυρότερη επίδραση στην τρέχουσα κατεύθυνση της φυσιολογίας της άσκησης από τους Bergstrom, Saltin, Tipton, Holloszy, και Gollnick.

Για περισσότερο από 100 χρόνια οι αθλητές έχουν εξετασθεί ως δοκιμαζόμενοι για την μελέτη των ανώτερων ορίων της ανθρώπινης αντοχής. Οι πρώτες μελέτες της φυσιολογίας σε αθλητές εμφανίστηκαν το 1871. Ο Austin Flint μελέτησε έναν από τους πιο ονομαστούς αθλητές εκείνης της εποχής, τον Edward Payson Weston, ένα δρομέα αντοχής. Η έρευνα του Flint περιλάμβανε τη μέτρηση της ενεργειακής ισορροπίας του Weston (δηλ., η κατανάλωση τροφής εναντίον των ενεργειακών δαπανών) κατά τη διάρκεια της προσπάθειας του Weston να περπατήσει 400 μίλια σε 5 ημέρες. Αν και η μελέτη επέλυσε ελάχιστες ερωτήσεις για το μεταβολισμό των μυών κατά τη διάρκεια της άσκησης, κατέδειξε όμως ότι κάποια πρωτεΐνη του σώματος χάνεται κατά τη διάρκεια παρατεταμένης έντονης άσκησης.¹²



α



β



γ

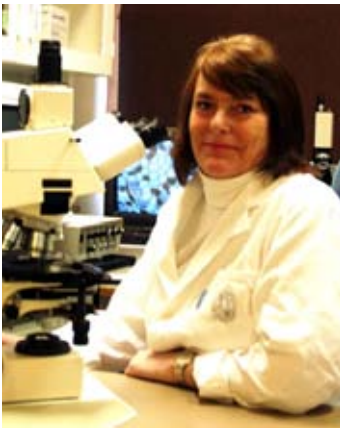
▲ **Εικόνα 0.7** Ο John Holloszy (α), νικητής του Ολυμπιακού Βραβείου 2000 για την επιστημονική του συνεισφορά στον τομέα της επιστήμης της άσκησης. Ο Charles Tipton (β) ήταν καθηγητής στο Πανεπιστήμιο της Iowa και της Arizona, και σύμβουλος σε πολλούς σπουδαστές που έχουν γίνει ηγέτες στη μοριακή βιολογία και στη γονιδιωματική. Ο Phil Gollnick (γ) πραγματοποίησε έρευνες στους μύς και βιοχημικές έρευνες στο Πανεπιστήμιο της Washington.

Γυναίκες στη Φυσιολογία της Άσκησης

Όπως σε πολλούς τομείς της επιστήμης, οι συνεισφορές των γυναικών φυσιολόγων της άσκησης άργησαν να κερδίσουν την αναγνώριση. Το 1954, η Irma Rhyming συνεργάστηκε με το μελλοντικό σύζυγό της, P.O. Astrand, για να δημοσιεύσει μια κλασική μελέτη που παρείχε τον τρόπο πρόβλεψης της αερόβιας ικανότητας από τον υπομέγιστο καρδιακό ρυθμό. Αν και αυτή η έμμεση μέθοδος αξιολόγησης της φυσικής κατάστασης έχει αμφισβητηθεί κατά τη διάρκεια των ετών, η βασική αρχή της χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα.

Στη δεκαετία του '70, δύο Σουηδές, η Birgitta Essen και η Karen Piehl, κέρδισαν τη διεθνή προσοχή για την έρευνά τους σχετικά με τη σύσταση και τη λειτουργία των ανθρώπινων μυϊκών ινών. Η Essen (Εικόνα 0.8α), που συνεργάστηκε με τον Bengt Saltin, συνέβαλε στην προσαρμογή των μικροβιοχημικών μεθόδων στην μελέτη μικρών ποσοτήτων ιστού που λήφθηκαν με τη διαδικασία βιοψιών με βελόνες. Οι προσπάθειές της επέτρεψαν σε άλλους να πραγματοποιήσουν μελέτες για τη χρήση των υδατανθράκων και των λιπών από τους μυς και να προσδιορίσουν τους διαφορετικούς τύπους μυϊκών ινών. Η Piehl (Εικόνα 0.8β) δημοσίευσε διάφορες μελέτες που επεξηγούσαν ποιοι τύποι μυϊκών ινών ενεργοποιούνταν κατά τη διάρκεια της αερόβιας και αναερόβιας άσκησης.

Στη δεκαετία του '70 και τη δεκαετία του '80, μια τρίτη Σκανδιναβή φυσιολόγος, η Bodil Nielsen, κόρη του Marius Nielsen, πραγματοποίησε μελέτες για τις ανθρώπινες αντιδράσεις στο περιβαλλοντικό θερμικό στρες και την αφυδάτωση. Οι μελέτες της περιλάμβαναν ακόμη και μετρήσεις της θερμοκρασίας του σώματος κατά τη διάρκεια της βύθισης στο νερό. Κατά τρόπο ενδιαφέροντα, περίπου την ίδια περίοδο μια Αμερικανίδα φυσιολόγος της άσκησης, η Barbara Drinkwater (Εικόνα 0.8γ), έκανε παρόμοια εργασία στο Πανεπιστήμιο της California, Santa Barbara. Οι μελέτες της πραγματοποιούνταν συχνά σε συνεργασία με τον Steven Horvath, γαμπρό του D.B. Dill και διευθυντή του Εργαστηρίου Περιβαλλοντικής Φυσιολογίας (Environmental Physiology Laboratory). Οι συνεισφορές της Drinkwater στην περιβαλλοντική φυσιολογία και τα φυσιολογικά προβλήματα που αντιμετώπιζαν οι αθλήτριες κέρδισαν διεθνή αναγνώριση. Εκτός από τις επιστημονικές συνεισφορές τους, η κληρονομιά αυτών και άλλων γυναικών στη φυσιολογία είναι η αναγνώριση που κέρδισαν και ο ρόλος που έπαιξαν στην προσέλευση άλλων νέων γυναικών στον τομέα της φυσιολογίας της άσκησης και την ιατρική.



α



β



γ

▲ **Σχήμα 0.8** Η Birgitta Essen (α) συνεργάστηκε με τους Bengt Saltin και Phil Gollnick στην έκδοση των αρχικών μελετών για τους τύπους μυϊκών ινών στον ανθρώπινο μυ. Η Karen Piehl (β) ήταν μεταξύ των πρώτων φυσιολόγων που κατέδειξε ότι το νευρικό σύστημα στρατολογεί επιλεκτικά ίνες βραδείας -και ταχείας- συστολής κατά τη διάρκεια της άσκησης διαφορετικών εντάσεων. Η Barbara Drinkwater (γ) ήταν μεταξύ των πρώτων που πραγματοποίησαν μελέτες σε αθλήτριες και εξέτασε ζητήματα που αφορούσαν ειδικά στην γυναίκα αθλήτρια.