

# Αθλητική Επιστήμη & Ένοπλες Δυνάμεις



ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΕΥΕΛΠΙΔΩΝ  
ΚΟΣΜΗΤΕΙΑ / ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ  
ΤΕΤΡΑΜΗΝΙΑΙΑ ΠΕΡΙΟΔΙΚΗ ΕΚΔΟΣΗ

ΤΟΜΟΣ 10  
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ  
2024

# Αθλητική Επιστήμη & Ένοπλες Δυνάμεις



Το περιοδικό **Αθλητική Επιστήμη και Ένοπλες Δυνάμεις** εκδίδεται σε ηλεκτρονική μορφή, από τον Τομέα Φυσικής και Πολιτισμικής Αγωγής της Στρατιωτικής Σχολής Ευελπίδων.

**Περιεχόμενο και πεδία του περιοδικού:** Στο περιοδικό δημοσιεύονται πρωτότυπα κείμενα που αφορούν επιστημονικά άρθρα, διπλωματικές εργασίες, εφαρμοσμένες προτάσεις και εγχειρίδια που εμπίπτουν στο γνωστικό πεδίο της αθλητικής έρευνας και εφαρμογής με στόχο την ευρωστία και τη μεγιστοποίηση της σωματικής απόδοσης στο χώρο των Ενόπλων Δυνάμεων.

**Σε ποιους απευθύνεται:** Τα περιεχόμενα του περιοδικού, απευθύνονται στο προσωπικό των Ενόπλων Δυνάμεων της χώρας με στόχο την ενημέρωση σχετικά με τα πορίσματα της αθλητικής επιστήμης στο χώρο αυτό, τη διάθεση εξατομικευμένων πληροφοριών σχετικά με θέματα επιστήμης φυσικής αγωγής, ευρωστίας και απόδοσης και προτάσεις οδηγίων και πρακτικών για τη βελτίωση του επιπέδου ασφάλειας και αποδοτικότητας της επιχειρησιακής ικανότητας.

**Τρόποι Επικοινωνίας:** Για οποιοδήποτε θέμα που αφορά το περιεχόμενο του περιοδικού ή πιθανές ερωτήσεις σε θέματα που σας απασχολούν και είναι σχετικά με τους στόχους του περιοδικού μπορείτε να αποστείλετε έντυπη επιστολή στην παρακάτω διεύθυνση:

Στρατιωτική Σχολή Ευελπίδων  
Γραμματεία Κοσμητείας  
Τομέας Φυσικής και Πολιτισμικής Αγωγής  
ΒΣΤ902 Βάρη Αττικής

ή εναλλακτικά με ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (e-mail) στον υπεύθυνο έκδοσης:

Κωνσταντίνο Χαβενετίδη: [khavenetididis@sse.gr](mailto:khavenetididis@sse.gr)

## ΥΠΕΥΘΥΝΟΙ ΕΚΔΟΣΗΣ

**Καϊμακάμης Γεώργιος**  
*Καθηγητής Μαθηματικών  
Κοσμητήτωρ ΣΣΕ*

**Κωνσταντίνος Χαβενετίδης**  
*Καθηγητής, Διευθυντής Τομέα  
Φυσικής & Πολιτισμικής Αγωγής ΣΣΕ*

## ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

**Χαβενετίδης Κωνσταντίνος**  
*Καθηγητής Φυσικής Αγωγής ΣΣΕ*

**Καρανάσιου Ειρήνη**  
*Καθηγήτρια Ηλεκτρονικών ΣΣΕ*

**Κουναλάκης Στυλιανός**  
*Επίκουρος Καθηγητής Φυσικής  
Αγωγής ΣΣΕ*

## ΣΥΝΤΑΚΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

**Κατσάνη Μαρία MSc.**  
*Ειδική Επιστήμων ΣΣΕ*

**Δημόπουλος Χρυσόστομος**  
*ΕΕΔΙΠ ΣΣΕ*

**Μοναστηριώτης Νικόλαος Ph.D**  
*Ειδικός Επιστήμων ΣΣΕ*

**Παλαιοθοδώρα Δημητρία Ph.D**  
*Ειδική Επιστήμων ΣΣΕ*

**Χαβενετίδης Κωνσταντίνος Ph.D**  
*Καθηγητής ΣΣΕ*

**Χαραλαμπίδου Ευγενία**  
*Ειδική Επιστήμων ΣΣΕ*

# Περιεχόμενα

## ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΕΙΣ / ΑΡΘΡΑ

Μυοσκελετικοί τραυματισμοί: σύνδεση με την αερόβια και αναερόβια ικανότητα.....	1
Τα δεδομένα από αθλητές παγκόσμιας κλάσης σε αγωνιστικό περιβάλλον μπορούν να προσφέρουν καινούργια γνώση για τη μηχανική της αθλητικής απόδοσης και τους περιβαλλοντικούς περιορισμούς που επιβάλλονται στους αθλητές;.....	9
Ανάλυση της αθλητικής κίνησης με αυτόματη ανίχνευση: Τρέχουσες εξελίξεις και μελλοντικές κατευθύνσεις.....	18
Η σύσταση του ανθρώπινου σώματος ως παράγοντας απόδοσης και ευρωστίας.....	27
Η σύσταση του ανθρώπινου σώματος-μέθοδοι αξιολόγησης και εφαρμογές στα Σώματα Ασφαλείας.....	33
Η Διατροφική αξία σε επιχειρήσεις σε ακραία περιβάλλοντα .....	41

# Μυοσκελετικοί τραυματισμοί: σύνδεση με την αερόβια και αναερόβια ικανότητα

Υπλγός Ιωάννα Παπαδημήτριου, Υπλγός Κωνσταντίνος Βερόγκος

Επιμέλεια: Δημητρία Παλαιοθοδώρου Ph.D, Ειδική Επιστήμων ΣΣΕ, Τομέας Φυσικής και Πολιτισμικής Αγωγής

## Εποχιακές αποκλίσεις στα ποσοστά τραυματισμών κατά την διάρκεια της ΒΣΕ του Αμερικανικού Στρατού.

Η Βασική Στρατιωτική Εκπαίδευση (ΒΣΕ) αποτελεί ένα αξιόπιστο μοντέλο για την μελέτη εποχιακών τραυματισμών (Havenetidis et al. 2011). Η ΒΣΕ διεξάγεται καθ' όλη την διάρκεια ίδιες χρονιάς και οι στρατιώτες πρέπει να ολοκληρώνουν ίδιες ίδιες αποστολές ανεξάρτητα με την εποχή που διανύουν (Baker 1985; Koutedakis and Sharp 1998). Οι στρατιώτες μένουν ίδιες ίδιες θαλάμους, τρώνε το ίδιο φαγητό στα εστιατόρια και ξεκουράζονται ίδιες ίδιες ώρες χωρίς να έχουν την δυνατότητα να ακολουθήσουν διαφορετικό πρόγραμμα από αυτό που έχει καθιερωθεί (Havenetidis et al. 2011).

Έπειτα από έρευνες (Knapik et al. 1999, 2001) βρέθηκαν μεγάλες αποκλίσεις στα ποσοστά τραυματισμών κατά την διάρκεια του έτους. Μεγάλο ρόλο στους τραυματισμούς είχαν οι καιρικές συνθήκες και η θερμοκρασία που διέφεραν από εποχή σε εποχή. Ο σκοπός της μελέτης ήταν να βρεθούν οι αποκλίσεις στα ποσοστά τραυματισμών καθ' όλη την διάρκεια της εκπαίδευσης καθώς και να ερευνηθεί αν υπήρχε συσχέτιση των τραυματισμών με τις καιρικές συνθήκες και την θερμοκρασία. Οι στρατιώτες που θα λάμβαναν μέρος στην έρευνα χωρίστηκαν σε 4 γκρουπ, εκ των οποίων τα 2 θα ασκούσαν το φθινόπωρο και τα άλλα 2 το καλοκαίρι. Η ΒΣΕ θα διαρκούσε 8 εβδομάδες και

θα περιλάμβανε στρατιωτική εκπαίδευση, φυσική αγωγή και ακαδημαϊκή εκπαίδευση. Το πρόγραμμα περιλάμβανε 1 ώρα φυσικής αγωγής νωρίς το πρωί για 4-6 φορές την εβδομάδα. Οι ημέρες εναλλάσσονταν με ασκήσεις καρδιοαναπνευστικές και με ασκήσεις ενδυνάμωσης. Και οι δύο ημέρες ξεκινούσαν με 15' ζέσταμα και διατάσεις. Τις ημέρες που είχαν καρδιοαναπνευστική προπόνηση το πρόγραμμα περιλάμβανε τρέξιμο αντοχής και ταχύτητας (sprint). Το τρέξιμο αντοχής αποτελούνταν από αποστάσεις που ξεκινούσαν από 0.5 μίλια και έφταναν τα 3 μίλια με σκοπό την βελτίωση της αερόβιας ικανότητας. Δημιουργήθηκαν 4 γκρουπ δυναμικότητας ανάλογα με την δρομική ταχύτητα. Παράλληλα οι ημέρες ενδυνάμωσης περιλάμβαναν ασκήσεις δύναμης, όπως κάμψεις, καθίσματα, κοιλιακούς καθώς και αλτικές ασκήσεις. Η στρατιωτική εκπαίδευση χωρίστηκε σε 3 φάσεις. Όλες οι φάσεις περιλάμβαναν παρατεταμένη ορθοστασία σε σχηματισμό και πεζοπορίες που λάμβαναν μέρος εντός και εκτός του στρατοπέδου. Το πρώτο στάδιο (2 εβδομάδες) περιλάμβανε εισαγωγικά αντικείμενα ακαδημαϊκής εκπαίδευσης σχετικά με τον στρατιωτικό τρόπο ζωής, τα ήθη και τα έθιμα, την υγεία, την γυμναστική, την διατροφή, τις πρώτες βοήθειες, τη στρατιωτική ενδυμασία, τη χρήση του οπλισμού και τη στρατιωτική ορολογία. Η βασική φυσική αγωγή περιλάμβανε gappel από πύργο, βασικές γνώσεις σχετικά με τις πορείες, λογχομαχία, στίβο εμποδίων και ασκήσεις

παρατάξεως και παρελάσεως. Το δεύτερο στάδιο (3 εβδομάδες) έδινε βαρύτητα στην χρήση του οπλισμού (βολές με ατομικό τυφέκιο, βαρύς οπλισμός, εκτοξευτές οπλοβομβίδων και τοποθέτηση ναρκών). Επίσης, το στάδιο αυτό περιλάμβανε λογχομαχία καθώς και αντιμετώπιση απειλής χέρι με χέρι. Το τρίτο και τελευταίο στάδιο (3 εβδομάδες) περιλάμβανε ασκήσεις με βολές, πορείες καθώς και την τελική 3-ημερη άσκηση. Τέλος το στάδιο αυτό εξέταζε την ικανότητα των στρατιωτών στην ρήψη χειροβομβίδας και στην διέλευση του στίβου εμποδίων.

Για την παραπάνω μελέτη είχαν συμπεριληφθεί το φύλο, το ανάστημα, το βάρος και το έτος γέννησης. Στόχος ήταν ο υπολογισμός του δείκτη μάζας σώματος (ΔΜΣ). Τα αποτελέσματα της φυσικής κατάστασης των στρατιωτών λήφθηκαν από το τεστ φυσικής αγωγής του Αμερικάνικου Στρατού που έγινε 1-3 ημέρες μετά την κατάταξη. Το τεστ περιλάμβανε μέγιστο αριθμό κάμψεων και κουλιακών και τρέξιμο 2 μιλίων (Knapik 1989). Τα στοιχεία από τους τραυματισμούς συγκεντρώθηκαν μετά από ανασκόπηση στο τέλος κάθε σταδίου. Κάθε φορά που κάποιος επισκεπτόταν τον ιατρό συγκεντρώνονταν τα εξής στοιχεία: ημερομηνία επίσκεψης, διάγνωση και μέρες ελευθέρως υπηρεσίας. Ως τραυματισμός θεωρείται ένα περιστατικό το οποίο προκάλεσε φθορά στο σώμα και είχε ως αποτέλεσμα ο εξεταζόμενος να επισκεφτεί τον ιατρό. Οι τραυματισμοί χωρίστηκαν σε τραυματισμούς υπέρχρησης ή τραυματικής βλάβης. Οι τραυματισμοί υπέρχρησης περιλάμβαναν διαγνώσεις, όπως στρες, τενοντίτιδα, γοναλγία, διαστρέμματα και μυοσκελετικούς πόνους. Οι τραυματισμοί βλάβης περιλαμβάνουν διαστρέμματα, κατάγματα, φουσκάλες, τριβές, ρήξεις και θλάσεις.

Τα αποτέλεσμα της έρευνας έδειξαν ότι τα 2 γκρουπ του καλοκαιριού είχαν περισσότερους τραυματισμούς από αυτά του φθινοπώρου. Αυτό συνέβη διότι το καλοκαίρι υπήρχε αυξημένη θερμοκρασία σε σύγκριση με το φθινόπωρο. Η

θερμοκρασία που προκαλείται από το στρες μπορεί να καταστήσει πιο πιθανό κάποιο τραυματισμό. Η μειωμένη ροή αίματος στο μυοσκελετικό σύστημα μπορεί να προκαλέσει μικροτραυματισμούς λόγω μείωσης των υποστρωμάτων και της ροής του αίματος. Η αύξηση της θερμοκρασίας στους μύες από 25°C σε 35°C λόγω άσκησης οδηγεί σε μυοσκελετικό τραυματισμό.

**Κατάγματα λόγω στρες στις γυναίκες στο Στρατό: Πώς επηρεάζει η οστική πυκνότητα, η πρόσληψη ασβεστίου και η άσκηση.**

Τα κατάγματα κόπωσης αποτελούν κίνδυνο για τη στρατιωτική εκπαίδευση. Αυτός ο τραυματισμός συμβαίνει σε ένα κανονικό οστό και αποδίδεται σε επαναλαμβανόμενη πίεση από υπό μέγιστη άσκηση. Στη βασική στρατιωτική εκπαίδευση, ένα κάταγμα λόγω άγχους είναι ένα κοινό ορθοπεδικό πρόβλημα, προκαλώντας απώλεια στο ανθρώπινο δυναμικό, απώλεια χρόνου εκπαίδευσης, έξοδα ιατρικής περίθαλψης, και απόρριψη των στρατιωτών (Brudvig et al. 1983). Η πρόληψη αυτών των τραυματισμών θα αποφέρει μεγάλα οφέλη, τόσο οικονομικά όσο και στην παραγωγικότητα των στρατευμάτων. Αυτή η κατάσταση, ωστόσο, δεν περιορίζεται μόνο σε στρατιωτικό προσωπικό. Με αυξημένη τη συμμετοχή σε προγράμματα φυσικής κατάστασης και σε αθλητικές δραστηριότητες από το γενικό πληθυσμό, είναι πολύ πιθανό η συχνότητα εμφάνισης καταγμάτων στρες να αυξηθεί στο μέλλον. Οι γυναίκες που εισέρχονται στο Στρατό έχουν πολύ υψηλότερη συχνότητα τραυματισμού από κάταγμα κόπωσης κατά τη διάρκεια της βασικής εκπαίδευσης από τους άνδρες, από 1 έως 3% και από 10 έως 12% των νεοσύλλεκτων, αντίστοιχα (Kowal 1980). Με την αυξανόμενη πρόσληψη γυναικών στις ένοπλες δυνάμεις, απαιτούνται στοιχεία για την ανταπόκρισή τους στη σωματική εκπαίδευση και για τυχόν φυσιολογικές διαφορές που ενδέχεται να περιορίσουν την απόδοσή τους. Ταυτόχρονα, ο αριθμός των γυναικών που ασχολούνται με τον αθλητισμό αυξάνεται. Ως αποτέλεσμα, υπήρξε μια σημαντική αύξηση στον αριθμό των

καταγμάτων στα κάτω άκρα λόγω στρες στις γυναίκες. Στις ελάχιστες μελέτες που υπάρχουν σε σχέση με τους άνδρες, έχει αποδειχθεί ότι οι γυναίκες έχουν υψηλότερη συχνότητα εμφάνισης καταγμάτων λόγω στρες από ότι οι άνδρες, ενώ συμμετέχουν στις ίδιες φυσικές δραστηριότητες (Friedl et al. 1992). Ο στόχος αυτής της μελέτης ήταν να προσδιοριστούν τα χαρακτηριστικά και οι παράγοντες που σχετίζονται με τον κίνδυνο για κατάγματα κόπωσης στις γυναίκες στρατιωτικούς.

Οι υποθέσεις που εξετάστηκαν ήταν ότι οι γυναίκες στρατιωτικοί που βιώνουν κατάγματα άγχους σε σύγκριση με τις γυναίκες στρατιωτικούς χωρίς κατάγματα λόγω στρες έχουν: α) μειωμένη οστική πυκνότητα, β) ιστορικό λιγότερης φυσικής δραστηριότητας κατά τη διάρκεια των σχολικών χρόνων και γ) ιστορικό χαμηλότερης πρόσληψης ασβεστίου. Η έρευνα αφορούσε νεοσύλλεκτες γυναίκες, οι οποίες είχαν πρόσφατα ολοκληρώσει την βασική εκπαίδευση διάρκειας 12 εβδομάδων. Οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να ολοκληρώσουν τις διαδικασίες αξιολόγησης, που περιλάμβαναν ανθρωπομετρικά τεστ, ερωτηματολόγια διατροφής και άσκησης και μέτρηση οστικής πυκνότητας. Οι γυναίκες με κατάγματα στρες εντοπίστηκαν κατά την ιατρική εξέταση. Όλα τα κατάγματα στρες επιβεβαιώθηκαν από σπινθηρογράφημα στα οστά. Η ομάδα ελέγχου επιλέχθηκε τυχαία από γυναίκες που δεν παρουσίαζαν ορθοπεδικά κατάγματα, και χωρίς προβλήματα υγείας. Όλα τα άτομα έδωσαν τη συγκατάθεσή τους και η Επιτροπή για την Ανθρώπινη Έρευνα του Colorado State University και η Κλινική Επιτροπή του Στρατού στο Brooke ενέκρινε το σχεδιασμό της έρευνας. Τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων περιλάμβαναν την ηλικία, το φύλο, την ημερομηνία πρώτης περιόδου, τα μοτίβα εμμηνόρροιας, την χρήση αντισυλληπτικών μέσω στόματος και τις συνήθειες καπνίσματος. Τα ανθρωπομετρικά δεδομένα που συλλέχθηκαν ήταν το ύψος, το βάρος και ο ΔΜΣ.

### Ερωτηματολόγιο κατανάλωσης τροφίμων

Το ερωτηματολόγιο ξεκίνησε με την ακόλουθη δήλωση: "Αυτή η ενότητα αφορά τις διατροφικές σας συνήθειες. Πίσω στην εφηβεία σας, πόσο συχνά καταναλώνετε τρόφιμα που αναφέρονται στην επόμενη σελίδα;" Ένα επιπλέον ερωτηματολόγιο τους δόθηκε και αφορούσε αν οι συμμετέχοντες είχαν περιορισμένη κατανάλωση γαλακτοκομικών προϊόντων για οποιοδήποτε λόγο κατά την ίδια χρονική περίοδο. Οι εκτιμήσεις των θρεπτικών συστατικών για την αξιολόγηση της διατροφής δόθηκαν από το λογισμικό του υπολογιστή και βασίζονται στη βάση δεδομένων του περιεχομένου NHANES II (Smucker 1989).

### Ερωτηματολόγιο άσκησης

Η άσκηση και η ενεργειακή δαπάνη από ψυχαγωγικές και αθλητικές δραστηριότητες πριν από την κατάταξη στο στρατό αξιολογήθηκαν από ένα μετασχηματισμό της Μινεσότα (Taylor et al. 1978), που έχει σχεδιαστεί για να αξιολογήσει τις δραστηριότητες αναψυχής κατά τη διάρκεια του περασμένου έτους. Η χρήση αυτού του ερωτηματολογίου έχει επικυρωθεί και αναφέρθηκε από τον Jones και συν. (1992) σε πολλές μελέτες με νεοσύλλεκτους. Η ενεργειακή δαπάνη από τις δραστηριότητες κατά τη διάρκεια του προηγούμενου έτους υπολογίζεται με τύπους αναφοράς και κώδικες έντασης (Peterson and Peterson 1988). Αναφέρθηκε ακόμα η συμμετοχή σε αθλητικούς ομίλους κατά τη διάρκεια του πανεπιστημίου και η αντίληψη του ατόμου για το επίπεδο της σωματικής δραστηριότητας σε μια κλίμακα από 1 (ανενεργός) έως το 4 (πολύ δραστήριος).

### Αξιολόγηση Οστικής Πυκνότητας

Οι οστικές μετρήσεις της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης και του ισχίου, κατά κύριο λόγο στο σπογγώδες οστό, έγιναν με τη χρήση διπλής απορρόφησης φωτονίων (LUNAR DP3, σεληνιακό Ακτινοβολία Co., Madison, WI), η οποία επιτρέπει μια ποσοτική αξιολόγηση των σκελετικών οστών με τη χρήση μιας ραδιονουκλιδικής πηγής γαδολίνιου-153 (Mazess et al. 1987). Το σφάλμα ακριβείας (CV) αυτής της

τεχνικής ήταν περίπου 2% για την σπονδυλική στήλη και 2.7% για το ισχίο. Όλες οι σαρώσεις έγιναν από τον ίδιο τεχνικό πάνω από ένα μήνα.

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έδειξαν ότι: α) η κατανομή των καταγμάτων λόγω στρες προσδιορίστηκε σε οκτώ σκελετικές περιοχές, με τα μεγαλύτερα ποσοστά να παρατηρούνται στη κνήμη (32%), στα μετατάρσια (26%), στον ηβικό κλάδο (23%), και στο μηριαίο οστό (11%). Το 49% των περιπτώσεων είχαν πολλαπλά κατάγματα, β) η πρόσληψη πρωτεϊνών, υδατανθράκων, λίπους και ενέργειας κατά τη διάρκεια της εφηβείας δεν είχε σημαντικές διαφορές μεταξύ των τραυματιών και την ομάδα ελέγχου. Το επίπεδο πρόσληψης των θρεπτικών συστατικών προσέγγισε ή ξεπέρασε τα επίπεδα των συνιστώμενων ημερήσιων διατροφικών προσλήψεων (RDA) (National Research Council 1989). Η πρόσληψη βιταμινών, μετάλλων και φυτικών ινών και τα ποσοστά τους σε RDA δεν ήταν διαφορετικά μεταξύ των ομάδων. Συμπληρώματα βιταμινών (πολυβιταμίνη σιδήρου) αναφέρθηκαν στο 31% των τραυματιών και στο 27% στην ομάδα ελέγχου. Επιπλέον, τέσσερα άτομα ανέφεραν τη λήψη συμπληρωματικών βιταμινών A, C, και E, γ) το βάρος, το ύψος και ο ΔΜΣ του πληθυσμού της μελέτης δεν ήταν διαφορετικά από συγκρίσιμες τιμές σε άλλες μελέτες νεαρών γυναικών σε παρόμοιες ηλικιακές ομάδες για αυτές τις μεταβλητές (Riggs et al. 1981).

Με βάση αυτό το εύρημα, φαίνεται ότι το δείγμα των γυναικών που ανήκουν στο στρατό είχαν φυσικά χαρακτηριστικά παρόμοια με αυτά του γενικού πληθυσμού των γυναικών της ίδιας ηλικίας. Οι γυναίκες που εισέρχονται στο στρατό ελέγχονται για ιατρικά προβλήματα, έτσι ώστε να είναι σε καλύτερη υγεία σε σχέση με άτομα της ίδιας ηλικίας του γενικού πληθυσμού. Αν και το μέσο ύψος αυτής της ομάδας ήταν συγκρίσιμο με μπαλαρίνες με κατάγματα στρες (Myburgh et al. 1990), οι μπαλαρίνες ζύγιζαν λιγότερο. Το ύψος και το βάρος αυτής της ομάδας ήταν συγκρίσιμα με άλλες μελέτες σε γυναίκες του στρατού που

παρουσιάζαν κατάγματα στρες (Kowal 1980). Ο Jones και συν. (1992), σε μια μελέτη για τους εκπαιδευόμενους, ανέφεραν παρόμοια δεδομένα για το ύψος, το βάρος και τον ΔΜΣ. Στην παρούσα μελέτη, τα αποτελέσματα δεν έδειξαν καμία σημαντική συσχέτιση μεταξύ του φύλου, της ηλικίας, και του ύψους με τα κατάγματα κοπώσεως. Αυτά τα ευρήματα διαφέρουν από εκείνα του Brudvig et al (1983), που ανέφεραν ότι το φύλο και η ηλικία ήταν παράγοντες που σχετίζονται με την εμφάνιση καταγμάτων στρες. Ευρήματα της μελέτης αυτής είναι παρόμοια με αυτά των Reinker και Ozburn (1979) και του Horspou και Perry (1977) οι οποίοι διαπίστωσαν ότι αυτοί οι παράγοντες δεν ήταν σχετικοί με τον κίνδυνο κατάγματος.

#### **Πρόληψη καταγμάτων κάτω άκρων λόγω κόπωσης σε αθλητές και στρατιώτες.**

Τα κατάγματα κοπώσεως αποτελούν έναν από τους πιο κοινούς και δυνητικά σοβαρούς τραυματισμούς (Hulkko et al. 1987). Οι πρώτες επιβεβαιωμένες εκθέσεις σχετικά με κατάγματα κόπωσης ήταν περιπτωσιολογικές μελέτες των στρατιωτών που είχαν υποστεί κατάγματα τον 19ο και αρχές του 20ου αιώνα (Jones et al. 1989). Από τα μέσα της δεκαετίας του 1900, η κατάσταση αυτή αναφέρθηκε και σε μη στρατιωτικούς πληθυσμούς με αυξανόμενη συχνότητα (Matheson et al. 1987). Παρά το γεγονός ότι σχεδόν σε κάθε αθλητή ή ασκούμενο που εμπλέκεται σε συχνή και επαναλαμβανόμενη δραστηριότητα μπορεί να αναπτυχθεί ένα κατάγμα κόπωσης (McBryde 1975), επαναλαμβανόμενες δραστηριότητες με το βάρος του σώματος, όπως το τρέξιμο και το βάδισμα είναι οι πιο συχνές αιτίες κατάγματος στρες (Sterling et al. 1992). Τα κατάγματα στρες έχουν αναφερθεί στις περισσότερες έρευνες στα οστά των άκρων, καθώς και στις νευρώσεις και τη σπονδυλική στήλη, αλλά το πιο κοινό σημείο είναι τα κάτω άκρα (Belkin 1980). Μεταξύ των δρομέων, η κνήμη είναι το οστό με τους πιο συχνούς τραυματισμούς (Bernstein et al. 1946). Επίσης, στους νεοσύλλεκτους στο στρατό η επιβάρυνση κατά την στρατιωτική εκπαίδευση



οδηγεί σε κατάγματα λόγω στρες στο πόδι (Foster 1899). Ωστόσο, κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου πολέμου, υπήρξε αύξηση του αριθμού των μελετών στο στρατό που περιέγραφαν κατάγματα και σε άλλα οστά των κάτω άκρων, κατά κύριο λόγο στη κνήμη (Markey 1987) και στο μηριαίο οστό (Berkebile 1964). Οι άνθρωποι που εμφανίζουν κατάγματα στρες συνήθως αναζητούν θεραπεία λόγω διαμαρτυρίας του εντοπισμένου πόνου που επιδεινώνεται σταδιακά (Berkebile 1964). Οι ασθενείς δίνουν ένα ιστορικό όπου ο πόνος επιδεινώνεται κατά τη σωματική δραστηριότητα και ανακουφίζεται με την ανάπαυση (Blazina et al. 1962). Συνήθως περιγράφουν μια πρόσφατη αύξηση της σωματικής δραστηριότητας ή την αρχή μιας νέας δραστηριότητας ή κάποια άλλη αλλαγή στη ρουτίνα τους. Η ψηλάφηση προκαλεί εντοπισμένη ευαισθησία στην περιοχή των οστών.

Επιπροσθέτως, μπορεί να παρατηρηθεί οίδημα και ερύθημα. Αν είναι θετικό, γίνονται διαγνωστικές ακτινογραφίες. Ωστόσο, οι ακτινολογικές ενδείξεις εξαρτώνται από την έναρξη των συμπτωμάτων και το είδος των οστών που επηρεάζονται. Τα ακτινολογικά ευρήματα μπορεί να περιλαμβάνουν την πρόωρη ζώνη Lucent, το περιοστικό σχηματισμό νέου οστού, την εστίαση κατά της πλάκας και κατάγματα του φλοιού των ρωγμών (Burrows 1956). Κατά την έναρξη των συμπτωμάτων, οι ακτινογραφίες μπορεί να είναι αρνητικές, όπως και οι ακτινολογικές ενδείξεις, ωστόσο μπορεί να λάβει αρκετές εβδομάδες για να εξελιχθεί (Devas 1958). Πιο συγκεκριμένα, οι ακτινογραφίες δεν είναι ευαίσθητα σπινθηρογραφήματα οστών. Αντιθέτως, είναι πολύ ευαίσθητα, αλλά όχι πολύ ειδικά (Devas 1969) και δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο αυτά για να κάνουν τη διάγνωση ενός κατάγματος στρες (Hartley 1943). Το ιστορικό του ασθενούς και η εξέταση παρέχουν τη βάση για την διάγνωση από κάταγμα κόπωσης. Σχετικές αναφορές εντοπίστηκαν από 19 εγχειρίδια της αθλητιατρικής και άλλων ειδικοτήτων της πρωτοβάθμιας φροντίδας, της

ορθοπεδικής, και της γενικής χειρουργικής επέμβασης.

Χρησιμοποιώντας τις ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων: MEDLINE (1966-Ιούλιος 2001), Current Περιεχόμενα (1996-Ιούλιος 2001), Βιοϊατρικής Collection (1993-1999), και Dissertation Abstracts (σε όλες τις γλώσσες) χρησιμοποιώντας το Internet Grateful Med και τις ακόλουθες λέξεις κλειδιά: «Κατάγματα στρες», «νάρθηκες» και «αθλητικός τραυματισμός». Στη συνέχεια περιορίσαμε την αναζήτηση χρησιμοποιώντας τους όρους: «αιτιολογία», «επιδημιολογία» και «πρόληψη των τραυματισμών και τον έλεγχο». Εντοπίσαμε περαιτέρω αναφορές από τμήματα εγγράφων που είχαν ανακτηθεί, από επαφές με εμπειρογνώμονες στον τομέα, από συντάκτες εγγράφων σχετικά με τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες δοκιμές και μελέτες που ασχολούνται με την πρόληψη των καταγμάτων στρες. Με το Κέντρο Αθλητικής Επιστήμης και Ιστορίας (Birmingham, Ηνωμένο Βασίλειο), ένα μέρος της Συνεργασίας Cochrane, και ένα διεθνές δίκτυο εμπειρογνομώνων που ψάχνουν με το χέρι την ιατρική βιβλιογραφία. Εξαιρέθηκαν έγγραφα ποιοτικής αξιολόγησης που δεν παρείχαν ερευνητικά δεδομένα σχετικά με τα κατάγματα στρες, τις θεραπείες και την αποκατάσταση, καθώς, είχαν προηγουμένως δημοσιευθεί τα δεδομένα. Όλα τα σχετικά άρθρα ελέγχθηκαν από δύο ανεξάρτητους συγγραφείς (B. H. J. και η S. B. T). Σε αυτή τη συστηματική ανασκόπηση εντοπίστηκαν 423 επιστημονικές δημοσιεύσεις, συμπεριλαμβανομένων 176 σχετικών με την επιδημιολογία και την πρόληψη των καταγμάτων στρες. Από αυτές, 20 σχετίζονταν με την διάγνωση περιστατικών (10 στρατιωτικοί, 10 άμαχοι), 66 ήταν κλινικές περιπτώσεις σειράς (27 στρατιωτικών, 39 αμάχων), 52 ήταν επιδημιολογικές μελέτες (42 στρατιωτικών, 10 αμάχων), εννέα ήταν μελέτες παρέμβασης (όλα σε στρατιωτικούς), και 25 ήταν άρθρα ανασκόπησης (επτά στρατιωτικών, 18 αμάχων).

### Παράγοντες Κινδύνου και Επιδημιολογίας

Τα κατάγματα άγχους συμβαίνουν συχνά μεταξύ των ατόμων που συνήθως ασχολούνται με έντονες δραστηριότητες με το βάρος του σώματος, όπως το τρέξιμο ή το βάδισμα. Ένας αριθμός μελετών στο στρατό έχουν αναφερθεί στη συχνότητα εμφάνισης των καταγμάτων στρες μεταξύ νεοσύλλεκτων, δόκιμων, εκπαιδευόμενου προσωπικού και πεζοναυτών (Hartley 1943). Κατά τη διάρκεια των 8 εβδομάδων της βασικής εκπαίδευσης, η συχνότητα εμφάνισης κατάγματος κόπωσης για τους άνδρες εκπαιδευόμενους κυμάνθηκε μεταξύ 0.9% και 5.2% (Ha et al. 1991), ενώ για τις γυναίκες η συχνότητα κυμάνθηκε από 3.4% σε 21% (Hulkko et al. 1987). Το επίπεδο άγχους αποτελεί αιτία καταγμάτων μεταξύ πεζοναυτών κατά τη διάρκεια των 12 εβδομάδων της βασικής εκπαίδευσης όπου έχει αναφερθεί ότι είναι 0.8% έως 4.0% για τους άνδρες (Brubaker and James 1974) και 3.0% έως 5.7% για τις γυναίκες (Gudas 1980). Λιγότερες μελέτες έχουν αναφέρει την εμφάνιση καταγμάτων κόπωσης ανάμεσα σε αθλητές και συμμετέχοντες σε κάποια άσκηση. Η ετήσια επίπτωση των καταγμάτων στρες μεταξύ ανδρών και γυναικών αθλητών/τριών αναφέρθηκε να είναι 21% (Orava et al. 1978).

Σε μια άλλη μελέτη, 1.9% των αθλητών κολεγιακού επιπέδου από ένα ευρύ φάσμα αθλητικών ασκήσεων αντιμετώπισε κατάγματα στρες σε ετήσια βάση (Jansen and March 1926). Μια έρευνα σε ψυχαγωγικούς δρομείς αναφέρει κατάγματα κόπωσης 8% και 13% μεταξύ ανδρών και γυναικών, αντίστοιχα (Krause and Thompson 1944). Για την πρόληψη των καταγμάτων στρες πρέπει να προσδιοριστούν οι παράγοντες κινδύνου. Οι παράγοντες κινδύνου στην άσκηση που σχετίζονται με τραυματισμούς, συμπεριλαμβανομένων των καταγμάτων του στρες, κατηγοριοποιούνται ως εγγενείς ή εξωγενείς. Εγγενείς παράγοντες είναι τα χαρακτηριστικά της άσκησης/άθλησης, τα δημογραφικά χαρακτηριστικά, τα ανατομικά στοιχεία, τα χαρακτηριστικά των οστών και η φυσική κατάσταση. Εξωγενείς παράγοντες

κινδύνου είναι οι περιβαλλοντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την πιθανότητα τραυματισμού, όπως ο εξοπλισμός του αθλήματος.

### Βιβλιογραφία

1. Baker HG. Antecareer crisis: Military recruiting and the youthful job applicant. *Armed Forces & Society* 11(4), 565-580, 1985.
2. Belkin SC. Stress fractures in athletes. *Orthop Clin North Am* 11:735-742, 1980.
3. Berkebile RD. Stress fracture of the tibia in children. *Am J Roentgenol* 91:588-596, 1964.
4. Bernstein A, Childers MA, Fox KW, ... March fractures of the foot: care and management of 692 patients. *Am J Surg* 71:355-362, 1946.
5. Blazina ME, Watanabe RS, Drake EC. Fatigue fractures in track athletes. *Calif Med* 97:61-63, 1962.
6. Brubaker CE and James SL. Injuries to runners. *J Sports Med* 2:189-98, 1974.
7. Brudvig TJ, Gudger TD, Obermeyer L: Stress fractures of 295 trainees: a one-year study of incidence as related to age, sex, and race. *Milit Med* 148:666-667, 1983.
8. Burrows HJ. Fatigue fracture of the middle third of the tibia in ballet dancers. *J Bone Joint Surg* 38B:83-94, 1956.
9. Devas MB. Stress fractures in athletes. *Proc R Soc Med* 62:933-937, 1969.
10. Devas MB. Stress fractures of the tibia in athletes or "shin soreness." *J Bone Joint Surg* 40B:227-239, 1958.
11. Foster FP. Pied forcé in soldiers. *N Y Med J* 69:783-785, 1899.
12. Friedl KE, Nuovo JA, Patience TH, Dettori JR: Factors associated with stress fracture in young Army women: indications for further research. *Milit Med* 157:334-338, 1992.
13. Gudas CJ. Patterns of lower-extremity injury in 224 runners. *Exerc Sports Med* 6:50-59, 1980.

14. Ha KI, Hahn SH, Chung M, ... A clinical study of stress fractures in sports activities. *Orthopedics* 14:1089–1095, 1991.
15. Hartley JB. Fatigue fracture of the tibia. *Br J Surg* 30:9–14, 1943.
16. Havenetidis K, Kardaris D, Paxinos T. Profiles of musculoskeletal injuries among Greek Army officer cadets during basic combat training. *Military medicine* 176(3), 297-303, 2011.
17. Hopson CN, Perry DR. Stress fractures of the calcaneus in women marine recruits. *Clin Orthop* 128:159–162, 1977.
18. Hulkko A, Orava S. Stress fractures in athletes. *Int J Sports Med* 8:221–226, 1987.
19. Jansen M. March foot. *J Bone Joint Surg* 8:262–72, 1926.
20. Jones BH, Bovee MW, Knapik JJ: The association between body composition, physical fitness, and injury among male and female Army trainees. *Proc Nat Acad Sci Comm on Mil Nutr Res, Body Composition and Physical Performance*, Washington DC, 1992.
21. Jones BH, Harris JM, Vinh TN, et al. Exercise-induced stress fractures and stress reactions of bone: epidemiology, etiology and classification. *Exerc Sports Sci Rev* 17:379–422, 1989.
22. Knapik J. The Army Physical Fitness Test (APFT): a review of the literature. *Military medicine* 154(6), 326-329, 1989.
23. Knapik JJ, Canham-Chervak ML, McCollam R, Craig S, Hoedebecke E. An investigation of injuries among officers attending the US Army War College during Academic Year 1999. *US Army Center for Health Promotion and Preventive Medicine Epidemiological Consultation Report*, 1999.
24. Knapik JJ, Sharp MA, Canham-Chervak M, Hauret K, Patton JF, Jones BH. Risk factors for training-related injuries among men and women in basic combat training. *Medicine and science in sports and exercise* 33(6), 946-954, 2001.
25. Kowal DM: Nature and causes of injuries in women resulting from an endurance training program. *Am J Sports Med* 8:265–269, 1980.
26. Koutedakis Y and Sharp NC. Seasonal variations of injury and overtraining in elite athletes. *Clinical journal of sport medicine*, 8(1), 18-21, 1998.
27. Krause GR and Thompson JR Jr. March fracture: analysis of 200 cases. *Am J Roentgenol* 52:281–290, 1944.
28. Markey KL. Stress fractures. *Clin Sports Med* 6:405–426, 1987.
29. Matheson GO, Clement DB, McKenzie DC, et al. Stress fractures in athletes: a study of 320 cases. *Am J Sports Med* 46–58, 1987.
30. Mazess RB, Barden HS, Ettinger M, Johnston C, Dawson-Hughes B, Baran D, Powell M, Notelovitz M: Spine and femur density using dual-photon absorptiometry in U.S. white women. *Bone Miner* 2:211–219, 1987.
31. McBryde AM Jr. Stress fractures in athletes. *J Sports Med* 3:212–217, 1975.
32. Myburgh KH, Hutchins J, Fataar AB, Hough SF, Noakes TD: Low bone density is an etiologic factor for stress fractures in athletes. *Ann Intern Med* 113:754–759, 1990.
33. Orava S, Puranen J, Ala-Ketola L. Stress fractures caused by physical exercise. *Acta Orthop Scand* 49:19–27, 1978.
34. Peterson MS and Peterson K. “Eat To Compete.” Chicago, IL: Year Book Medical Publishers, Inc., 1988.
35. Reinker KA and Ozburn S. A comparison of male and female orthopedic pathology in basic training. *Milit Med* 144:532–536, 1979.
36. Riggs BL, Wahner HW, Dunn WL, Mazess RB, Offord KP, Melton LJ. Differential changes in bone mineral density of the

- appendicular and axial skeleton with aging. *J Clin Invest* 67:328–335, 1981.
37. Smucker R, Block G, Coyle L, Harvin A, Kessler L: A dietary and risk factor questionnaire and analysis system for personal computers. *Am J Epidemiol* 129:445–449, 1989.
38. Sterling JC, Edelstein DW, Calvo DR, et al. Stress fractures in the athlete: diagnosis and management. *Sports Med* 14:336–346, 1992.
39. Taylor HL, Jacobs DR, Schucker B, Knudsen J, Leon AS, Debacker G: A questionnaire for the assessment of leisure time physical activities. *J Chron Dis* 31:741–755, 1978.

# Τα δεδομένα από αθλητές παγκόσμιας κλάσης σε αγωνιστικό περιβάλλον μπορούν να προσφέρουν καινούργια γνώση για τη μηχανική της αθλητικής απόδοσης και τους περιβαλλοντικούς περιορισμούς που επιβάλλονται στους αθλητές;

**Αθανάσιος Μπίσσας, Καθηγητής, University of Gloucestershire, UK**

## Εισαγωγή

Η μελέτη της βιομηχανικής των αγωνισμάτων του στίβου συνεχίζεται εδώ και δεκαετίες με τόμους να έχουν γραφτεί για τους μηχανικούς παράγοντες που επηρεάζουν την αθλητική απόδοση. Ωστόσο, υπάρχει μια συνεχής επιθυμία να κατανοήσουμε περισσότερα σχετικά με τους καθοριστικούς μηχανικούς παράγοντες των βασικών αθλητικών αγωνισμάτων όπως το τρέξιμο, τα άλματα και οι ρίψεις. Μέσω αυτής της κατανόησης, δεν φιλοδοξούμε μόνο να βελτιώσουμε την απόδοση των επαγγελματιών αθλητών, αλλά και να ωφελήσουμε τους αθλητές όλων των κατηγοριών αλλά και τους συμμετέχοντες σε προγράμματα αναψυχής και ελεύθερου χρόνου. Παρά την εκτεταμένη βιβλιογραφία στην περιοχή, εξακολουθούν να υπάρχουν κενά στις τρέχουσες γνώσεις μας σχετικά με τα θεμελιώδη αγωνίσματα. Οι δύο κύριοι λόγοι για αυτά τα κενά είναι οι μεθοδολογικοί περιορισμοί του παρελθόντος και η δυσκολία αποτύπωσης αυθεντικών επιδόσεων κατά τη διάρκεια εργαστηριακών μελετών. Το πρώτο αφορά το επίπεδο ακρίβειας και αξιοπιστίας των συλλεγμένων δεδομένων, ενώ το δεύτερο σχετίζεται με την ικανότητα απόκτησης «γνήσιας» απόδοσης από επαγγελματίες αθλητές. Παρόλο που οι μεθοδολογικές και τεχνικές προκλήσεις αντιμετωπίζονται όλο και καλύτερα με σημαντικές βελτιώσεις στον

εξοπλισμό και τα λογισμικά συστήματα, η ικανότητα αποτύπωσης της «γνήσιας» απόδοσης παραμένει περιορισμένη ακόμη και όταν χρησιμοποιείται εξοπλισμός τελευταίας τεχνολογίας.

Οι εργαστηριακές μετρήσεις ενώ προσφέρουν εκπληκτική ακρίβεια και την ικανότητα λεπτομερούς μοντελοποίησης και καταγραφής οποιουδήποτε σημείου του σώματος, απαιτούν σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ του ερευνητή και του συμμετέχοντα, κάτι που εκτός από «επεμβατικό» και χρονοβόρο, μπορεί επίσης να περιορίσει τη «γνήσια» απόδοση. Η "γνήσια" απόδοση περιγράφεται ως η απόδοση που εκτελείται με τον πιο αυθεντικό τρόπο χωρίς τους περιορισμούς ενός ελεγχόμενου περιβάλλοντος. Στην ουσία, οποιαδήποτε απόδοση κατά τη διάρκεια πραγματικών ανταγωνιστικών συνθηκών ή προπόνησης υψηλής έντασης πληροί τα κριτήρια της «γνήσιας» απόδοσης. Στον αθλητισμό, το ιδανικό σκηνικό για την επίτευξη γνήσιων αποδόσεων θα μπορούσε να είναι ένα σημαντικό διεθνές γεγονός όπου οι καλύτεροι αθλητές από κάθε άθλημα θα συναντηθούν και θα αγωνιστούν υπό πραγματικές συνθήκες. Η απόκτηση δεδομένων από ελίτ αθλητές σε αγωνιστική δράση μπορεί να βοηθήσει στο α) να

κατανοήσουμε τις πραγματικές δυνατότητες της ανθρώπινης ανταγωνιστικής κίνησης και τα όριά της, β) να αναπτυχθούν και να εξελιχθούν τεχνικά μοντέλα για κάθε βασικό άθλημα, γ) να ελεγχθούν και αν χρειάζεται να αναθεωρηθούν υπάρχοντες κανόνες της διεξαγωγής των αγωνισμάτων ώστε να εξασφαλισθεί ένα ασφαλές και άκρως ανταγωνιστικό περιβάλλον και δ) να βελτιωθούν οι τεχνικές προπόνησης που εφαρμόζονται σε όλα τα επίπεδα απόδοσης.

Παρακάτω θα παρουσιάσω κάποια βασικά ευρήματα από πρωτότυπη έρευνα σε αθλητές παγκόσμιας κλάσης που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια του Παγκόσμιου Πρωταθλήματος Στίβου 2017 και 2018 στο Λονδίνο και το Μπέρμιγχαμ του Ηνωμένου Βασιλείου αντίστοιχα. Για το σκοπό αυτό, θα αναπαράγω πληροφορίες που έχουν ήδη δημοσιευθεί από την ομάδα μου στο παρελθόν (βλ. βιβλιογραφία). Και τα δύο ερευνητικά προγράμματα χρησιμοποίησαν πολλαπλές κάμερες υψηλής ταχύτητας και μέσω μιας τρισδιάστατης ανάλυσης ανέλυσαν την κίνηση σε πολλές φάσεις και μεταβλητές. Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τη μεθοδολογία και την ολοκληρωμένη ανάλυση των δεδομένων, συνιστάται στον αναγνώστη να επισκεφθεί:

<https://worldathletics.org/about-iaaf/documents/research-centre>

Τα επιλεγμένα παραδείγματα προέρχονται από τρία βασικά αγωνίσματα: δρόμος 100 μ., δρόμοι 100 μ. και 110 μ. με εμπόδια και 3000 μ. φυσικών εμποδίων (σιτιπλ). Από κάθε παράδειγμα παρουσιάζεται μια σύνοψη των βασικών ευρημάτων χωρίς εμβάθυνση σε αναλυτικές μετρήσεις και στατιστικά στοιχεία. Κάθε παράδειγμα στοχεύει να δείξει ότι τα δεδομένα από αθλητές παγκόσμιας κλάσης σε πραγματικό περιβάλλον μπορούν να προσφέρουν πρωτότυπες γνώσεις σχετικά με τη μηχανική της αθλητικής απόδοσης και τους περιβαλλοντικούς περιορισμούς που επιβάλλονται στους αθλητές.

### Παράδειγμα 1<sup>ο</sup>: Κινηματική ασυμμετρία στους αθλητές ταχυτήτων

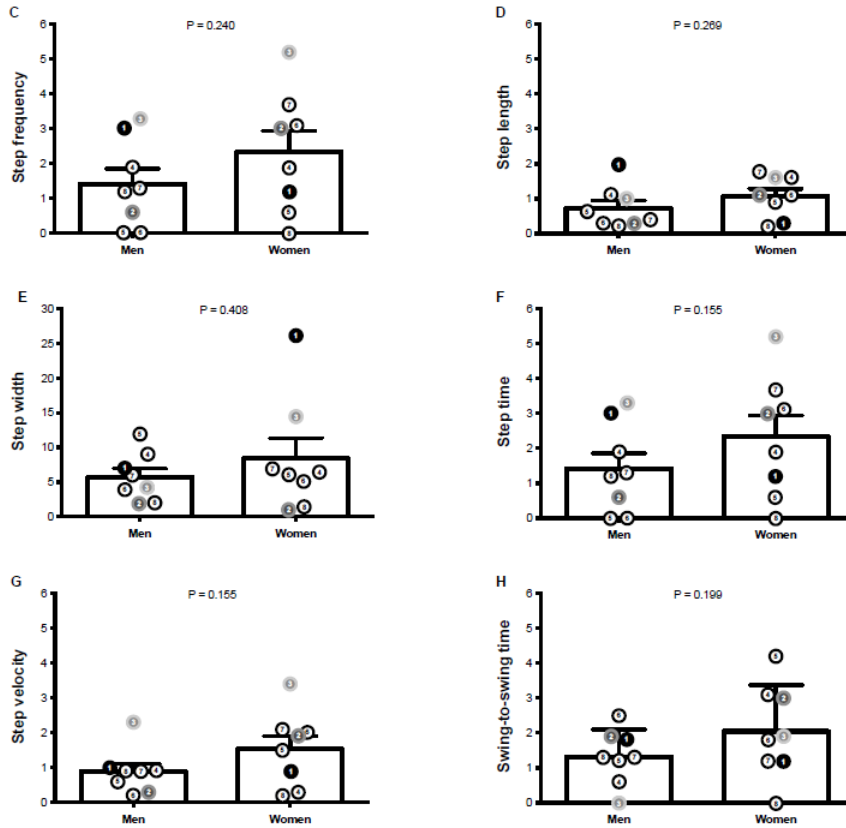
Η αμφοτερόπλευρη ασυμμετρία είναι μια παρατηρούμενη διαφορά στις παραμέτρους τρεξίματος μεταξύ της δεξιάς και της αριστερής πλευράς του σώματος, αλλά η γνώση και η κατανόησή μας για τη βιομηχανική της ασυμμετρίας σπριντ παραμένει ελλιπή, ειδικά σε σχέση με ελίτ επιδόσεις και από τα δύο φύλα. Η μέτρηση και η κατανόηση των δεικτών ασυμμετρίας σε σπρίντερ παγκόσμιας κλάσης υπό πραγματικές συνθήκες θα έχει άμεσο αντίκτυπο στις προπονητικές και αθλιατρικές πρακτικές, παρέχοντας στους προπονητές και τους επιστήμονες υγείας αντικειμενικά επιστημονικά δεδομένα που θα βοηθήσουν σημαντικά τις αξιολογήσεις και τις παρεμβάσεις τους.

Συλλέξαμε δεδομένα από τους τελικούς των 100 μέτρων από το Παγκόσμιο Πρωτάθλημα Στίβου 2017, ιδιαίτερα κατά την φάση μέγιστης ταχύτητας του αγώνα. Ο μέσος όρος  $\pm$  τυπικής απόκλιση της επίδοσης για τον αγώνα των ανδρών ήταν  $10,04 \pm 0,12$  δευτερόλεπτα και για τις γυναίκες  $10,97 \pm 0,09$  δευτερόλεπτα. Επτά από τους οκτώ άνδρες φιναλίστ ήταν ήδη σπρίντερ κάτω των 10 δευτερολέπτων, με τον όγδοο σπρίντερ να έχει καταρρίψει αυτό το όριο το 2018, ενώ όλες οι γυναίκες φιναλίστ ήταν σπρίντερ κάτω των 11 δευτερολέπτων πριν από τον συγκεκριμένο τελικό. Το δείγμα της μελέτης εμπέρισκε τους ταχύτερους ανθρώπους που αγωνίζονταν διεθνώς εκείνη την εποχή και περιλάμβανε τους κατόχους παγκόσμιων ρεκόρ για τα 60 μέτρα ανδρών (Christian Coleman) και 100 μέτρα (Usain Bolt).

Για κάθε σπρίντερ υπολογίστηκαν 33 κινηματικές μεταβλητές και για κάθε μεταβλητή υπολογίστηκε μια γωνία συμμετρίας (δείκτης) μεταξύ των δυο πλευρών του σώματος (αριστερή - δεξιά) όπου μια βαθμολογία 0% υποδηλώνει εντελή συμμετρία (καμία διαφορά μεταξύ της αριστερής-δεξιάς πλευράς του σώματος) και 100% υποδηλώνει πλήρη ασυμμετρία. Οι δείκτες γωνίας συμμετρίας για 22 από τις 33 μεταβλητές που εξετάστηκαν ήταν κάτω από

3% χωρίς σημαντική διαφορά μεταξύ ανδρών και γυναικών σπρίντερ, παρόλο που υπήρχε διακύμανση στους δείκτες κατά τη σύγκριση μεταξύ σπρίντερ του ίδιου φύλου. Είναι ενδιαφέρον ότι μεμονωμένοι αθλητές παρουσίασαν διαφορετικά επίπεδα

ασυμμετρίας μεταξύ μεταβλητών με χαμηλή ασυμμετρία για ορισμένες και υψηλή ασυμμετρία (>20%) για άλλες μεταβλητές (Σχήμα 1). Τέλος, οι βαθμολογίες συμμετρίας γενικά δεν σχετίζονταν με την απόδοση στον δρομική ταχύτητα.



**Σχήμα 1.** Δείκτες γωνίας συμμετρίας για επιλεγμένες μεταβλητές σε άνδρες και γυναίκες σπρίντερ. Οι αθλητές απεικονίζονται με αριθμούς σε κύκλους με τη σειρά που ολοκλήρωσαν τον αγώνα τους.

Ως εκ τούτου, ανακαλύψαμε ότι ακόμη και οι καλύτεροι από τους καλύτερους δρομείς ταχύτητας παρουσιάζουν επίπεδα χαμηλής έως μέτριας ασυμμετρίας σε ένα μεγάλο εύρος κινηματικών μεταβλητών. Αυτό μας επιτρέπει να συμπεράνουμε ότι η χαμηλή έως μέτρια ασυμμετρία είναι ένα φυσικό φαινόμενο στο υψηλότερο επίπεδο απόδοσης και η συνολική απόδοση των σπρίντερ γενικά δεν σχετίζεται με τα μεγέθη ασυμμετρίας τους. Έτσι, ένα μήνυμα προς τον ευρύτερο αθλητικό πληθυσμό δρομέων ταχύτητας, τους προπονητές αλλά και τους επαγγελματίες των κλάδων υγείας (π.χ. φυσικοθεραπευτές) που υποστηρίζουν δραστηριότητες τρεξίματος σπριντ είναι ότι η ασύμμετρη με περίπου 3% διαφορά μεταξύ της αριστερής και της δεξιάς πλευράς του σώματος δεν φαίνεται να

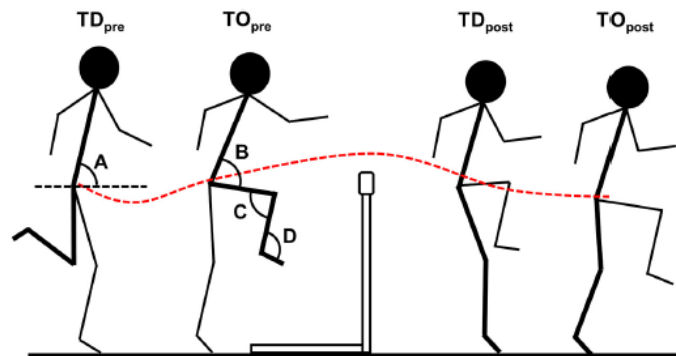
αποτελεί πρόβλημα, καθώς στην πραγματικότητα αυτές οι διαφορές παρουσιάζονται και σε σπρίντερ παγκόσμιας κλάσης χωρίς εμφανείς επιπτώσεις στην απόδοση ή στη χρονικής διάρκειας της καριέρας ενός αθλητή. Ακόμη και ασυμμετρίας κάπως υψηλότερες από 3% παρατηρούνται σε κορυφαίους αθλητές, με μερικούς από τους υψηλότερους δείκτες ασυμμετρίας να παρατηρούνται ακόμα και σε κατόχους παγκόσμιων ρεκόρ. Φυσικά, τα παραπάνω δεδομένα και σχόλια αναφέρονται σε δείκτες κινηματικών μεταβλητών και όχι σε εμφανείς μυοσκελετικές ασυμμετρίες διαγνωσμένες από ειδικούς επιστήμονες υγείας.

## Παράδειγμα 2<sup>ο</sup>: Δρόμοι ταχύτητας με εμπόδια

Οι αγώνες ταχύτητας με εμπόδια διεξάγονται στα 100 μέτρα για τις γυναίκες και 110 μέτρα για τους άνδρες, με τα εμπόδια των γυναικών να έχουν ύψος 0,838 μ. και τα εμπόδια των ανδρών ύψος 1,067 μ. Η απόσταση μεταξύ των εμποδίων στον αγώνα των γυναικών είναι 8,50 μ., με απόσταση προσέγγισης 13,00 μ. από την εκκίνηση και με απόσταση 10,50 μ. από το τελευταίο εμπόδιο μέχρι τον τερματισμό. Στο αγώνισμα των ανδρών η απόσταση μεταξύ των εμποδίων είναι 9,14 μ., με 13,72 μ. απόσταση προσέγγισης και 14,02 μ. απόσταση μεταξύ τελευταίου εμποδίου και τερματισμού. Ενώ άνδρες και γυναίκες δεν ανταγωνίζονται μεταξύ τους, έχει γίνει αρκετή δημόσια συζήτηση για το αν οι ισχύοντες κανονισμοί για τις γυναίκες (απόσταση αγώνα, απόσταση μεταξύ εμποδίων, ύψος εμποδίων), που εισήχθησαν το 1969, χρειάζονται τροποποίηση για να γίνουν συγκρίσιμοι με τον αγώνα των ανδρών, ειδικά

όσον αφορά το ύψος των εμποδίων σε σχέση με το ανάστημα του μέσου αθλητή,-τριας.

Συλλέξαμε δεδομένα από τους τελικούς των 100 μέτρων και 110 μέτρων με εμπόδια από το Παγκόσμιο Πρωτάθλημα Στίβου 2017. Οι οκτώ φιναλίστ από τα 110 μ. εμπόδια ανδρών (ηλικία:  $27 \pm 3$  ετών, ανάστημα:  $1,87 \pm 0,05$  μ.) και οι οκτώ φιναλίστ από τα 100 μ. εμπόδια γυναικών (ηλικία:  $27 \pm 3$  ετών, ανάστημα:  $1,68 \pm 0,04$  μ.) αναλύθηκαν σε αυτή τη μελέτη. Οι ατομικές επιδόσεις των αθλητών στα αντίστοιχα αγωνίσματα ήταν  $13.00 \pm 0.14$  δευτερόλεπτα για τους άνδρες και  $12.49 \pm 0.20$  δευτερόλεπτα για τις γυναίκες. Το επίκεντρο της ανάλυσης κίνησης τοποθετήθηκε στο έκτο εμπόδιο για τους άνδρες και στο πέμπτο εμπόδιο για τις γυναίκες. Αρκετές κινηματικές μεταβλητές συγκρίθηκαν μεταξύ ανδρών και γυναικών σε σημαντικές φάσεις τόσο πριν όσο και μετά την υπερπήδηση του εμποδίου (Σχήμα 2).

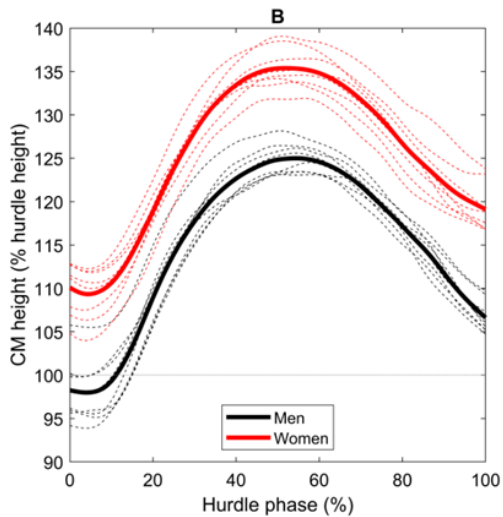


**Σχήμα 2.** Σχηματική απεικόνιση της υπερπήδησης εμποδίων με την κόκκινη διακεκομμένη γραμμή να αναπαριστά το Κέντρο Μάζας. [TD: touchdown, TO: toe-ff]

Τα ευρήματά μας έδειξαν ότι το ύψος των εμποδίων των ανδρών αντιστοιχούσε στο 57,1% του μέσου αναστήματός τους, ενώ το εμπόδιο των γυναικών αντιστοιχούσε μόνο στο 49,9% του δικού τους. Ως αποτέλεσμα, οι μηχανικές πτυχές του βήματος εμποδίων ήταν διαφορετικές μεταξύ ανδρών και γυναικών, ακόμη και αν ληφθεί υπόψη το διαφορετικό ανάστημά τους. Οι γυναίκες ήταν, σε σχετικούς όρους, σε θέση να απογειωθούν μακρύτερα από το εμπόδιο και να επιτύχουν μια μικρότερη απόσταση προσγείωσης μετά το εμπόδιο, πράγμα που είχε σαν συνέπεια μεγαλύτερα μήκη διασκελισμών κατά τη

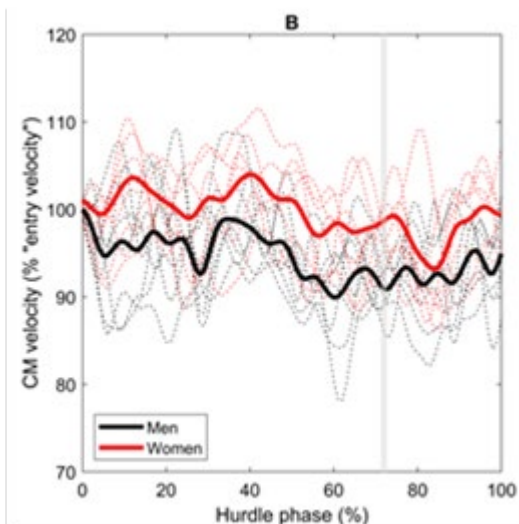
φάση ανάκαμψης μετά την υπερπήδηση του εμποδίου. Το τελευταίο τους επιτρέπει να επιστρέφουν πιο ομαλά σε κανονικό δρομικό ρυθμό μετά από κάθε εμπόδιο. Περαιτέρω συγκρίσεις αποκάλυψαν ότι οι γυναίκες είχαν μεγαλύτερο ύψος Κέντρου Μάζας (CM) (σε σχέση με το ύψος των εμποδίων) καθ' όλη τη διάρκεια της φάσης υπερπήδησης των εμποδίων (Σχήμα 3) και μπορούσαν να διατηρήσουν καλύτερα την οριζόντια ταχύτητά τους κατά τη φάση του εμποδίου (Σχήμα 4).





**Σχήμα 3.** Μέσες και μεμονωμένες καμπύλες αθλητών του ύψους Κέντρου Μάζας (CM) ως ποσοστό του ύψους εμποδίων για άνδρες και γυναίκες.

Οι γυναίκες δεν χρειάστηκε να ανυψώσουν το Κέντρο Μάζας τόσο πολύ για να περάσουν το εμπόδιο και η ευκολότερη διατήρηση της οριζόντιας ταχύτητας επέτρεψε στις γυναίκες να έχουν σχετικά μεγαλύτερα μήκη βημάτων τόσο κατά τη διάρκεια των σταδίων προσγείωσης όσο και ανάκτησης, καθιστώντας τις αποστάσεις τους πιο αποτελεσματικές σε σχέση με τον ρυθμό του τρεξίματος τους (Σχήμα 5).



**Σχήμα 4.** Μέσες και μεμονωμένες καμπύλες αθλητών της ταχύτητας Κέντρου Μάζας (CM) ως ποσοστό της ταχύτητας εισόδου στο εμπόδιο για άνδρες και γυναίκες.

Τα δεδομένα έδειξαν ότι οι γυναίκες έχουν δυνητικά μηχανικό πλεονέκτημα έναντι των ανδρών λόγω των σχετικά χαμηλότερων υψών εμποδίων που πρέπει να υπερβούν. Οι συνθήκες εμποδίων σήμαιναν επίσης ότι οι γυναίκες ήταν σε θέση να ολοκληρώσουν το πέρασμα εμποδίων σε λιγότερο χρόνο (~11% διαφορά) από τους άνδρες και είχαν επίσης μεγαλύτερο περιθώριο σφάλματος κατά την υπερπήδηση πάνω από το εμπόδιο. Πράγματι, ο χρόνος για να περαστεί το εμπόδιο ήταν  $0,550 \pm 0,012$  δευτερόλεπτα για τους άνδρες και  $0,494 \pm 0,014$  δευτερόλεπτα για τις γυναίκες, ενώ είχαν κατά μέσο όρο 3 εκατοστά μεγαλύτερο περιθώριο (Υψηλότερο CM – ύψος εμποδίου) ενώ περνούσαν πάνω από την κορυφή του εμποδίου.

	CM Apex	Margin			
Women	1.13 m	0.29 m			
Men	1.33 m	0.26 m			

	Take-off distance	Landing distance	Landing step length	Recovery step length
W/Stature	1.26	0.63	0.97	1.13
M/Stature	1.20	0.84	0.75	1.09
W/Hurdle h	2.51	1.26	1.93	2.25
M/Hurdle h	2.10	1.46	1.31	1.91

Σχήμα 5. Αποστάσεις πριν, πάνω, και μετά το εμπόδιο για άνδρες και γυναίκες.

Συνοπτικά, η μελέτη μας διαπίστωσε ότι οι συνθήκες εμποδίων παρέχουν στις γυναίκες μηχανικό πλεονέκτημα έναντι των ομολόγων τους στο αγώνισμα των ανδρών, καθιστώντας το έργο του περάσματος των εμποδίων, και επομένως του αγωνίσματος, λιγότερο απαιτητικό για αυτές. Η αύξηση του ύψους των εμποδίων για τα γυναικεία υψηλά εμπόδια θα πρέπει να εξεταστεί από τις σχετικές ομοσπονδίες ώστε να ταιριάζει με τις σύγχρονες ικανότητες απόδοσης των γυναικών σε αυτά τα αγωνίσματα.

### Παράδειγμα 3<sup>ο</sup>: 3000 μέτρα Στιπλ

Τα 3.000 μ. στιπλ είναι ένας από τους αγώνες απόστασης που διεξάγονται στο πλαίσιο του προγράμματος στίβου σε όλα τα πρωταθλήματα, συμπεριλαμβανομένων των Ολυμπιακών Αγώνων και του Παγκόσμιου Πρωταθλήματος Στίβου. Ο αγώνας απαιτεί από τους δρομείς να περάσουν 35 εμπόδια, τα οποία περιλαμβάνουν και επτά υπερπηδήσεις λίμνης. Τα εμπόδια έχουν ύψος 0,914 μ. για τους άνδρες και 0,762 μ. ύψος για τις γυναίκες, τα ίδια ύψη που χρησιμοποιούνται στα 400 μ. με εμπόδια. Η κορυφή των εμποδίων έχει πλάτος 0,127 μ., επιτρέποντας δύο τεχνικές υπερπήδησης: μια κλασική τεχνική εμποδίων, παρόμοια με τα 400 μ. με εμπόδια, και μια τεχνική step-on, όπου ο αθλητής τοποθετεί το ένα πόδι στην πάνω επιφάνεια του εμποδίου και σπρώχνει ώστε να περάσει το εμπόδιο. Η τεχνική step-on είναι η πιο κοινή μέθοδος

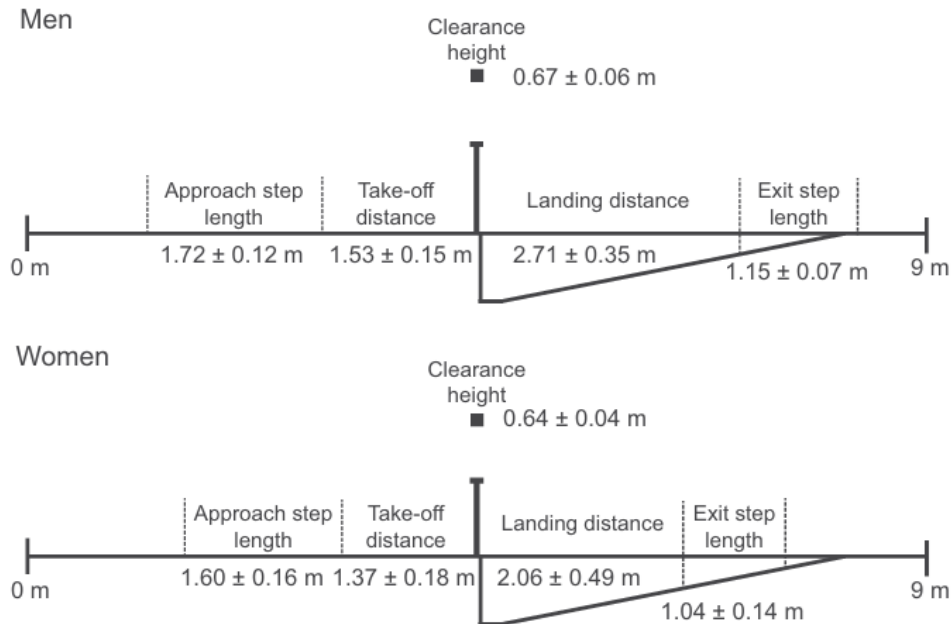
περάσματος του εμποδίου της λίμνης, καθώς θεωρητικά, αυξάνει τις πιθανότητες αποφυγής της λίμνης. Ο λάκκος του νερού έχει μήκος 3,66 μ. και πλάτος 3,66 μ. και κλίση 12° προς τα πάνω από βάθος 0,70 μ. έως ότου είναι ίσος με το επίπεδο του διαδρόμου.

Η έρευνα σχετικά με τη βιομηχανική της υπερπήδησης του εμποδίου της λίμνης είναι περιορισμένη, πιθανώς μεταξύ άλλων λόγων, του γεγονότος ότι δεδομένα μπορούν να συλλεχθούν μόνο επί τόπου, καθώς η εγκατάσταση ενός εμποδίου λίμνης σε ερευνητικό περιβάλλον θα ήταν εξαιρετικά δύσκολη. Ως εκ τούτου, η συλλογή δεδομένων από έναν μεγάλο διεθνή αγώνα εμφανίζεται ως η πιο συνιστώμενη προσέγγιση για τη συλλογή επιστημονικών και προπονητικών πληροφοριών για αυτό το συγκεκριμένο εμπόδιο.

Συλλέξαμε δεδομένα από τους τελικούς Στιπλ από το Παγκόσμιο Πρωτάθλημα Στίβου 2017. Δεκατρείς άνδρες (ηλικία: 25 ± 6 ετών, ανάστημα: 1,78 ± 0,07 μ.) και 13 γυναίκες (ηλικία: 24 ± 3 ετών, ανάστημα: 1,65 ± 0,05 μ.) αθλητές αναλύθηκαν καθώς περνούσαν το εμπόδιο της λίμνης στον τελευταίο γύρο στους αντίστοιχους αγώνες τους. Οι άνδρες ήταν ψηλότεροι από τις γυναίκες και το ύψος του εμποδίου για τους άνδρες ήταν μεγαλύτερο ως ποσοστό του αναστήματος τους (51,3 ± 2,1%) σε σχέση με τις γυναίκες (46,1 ± 1,4%). Επιπλέον, οι άνδρες

χρειάστηκαν  $1,81 \pm 0,16$  δευτερόλεπτα για να καλύψουν την απόσταση των 9 μέτρων του συνολικού άλματος λίμνης (4 μέτρα πριν και 4 μέτρα μετά το εμπόδιο) σε σύγκριση με  $1,96 \pm 0,19$  δευτερόλεπτα που πέτυχαν οι γυναίκες.

Το παρακάτω διάγραμμα (Σχήμα 6) απεικονίζει τις βασικές αποστάσεις και μήκη κατά την διάρκεια του εμποδίου λίμνης που καταγράφηκαν για άνδρες και γυναίκες αθλητές.



**Σχήμα 6.** Οπτική αναπαράσταση των αποστάσεων προσέγγισης και προσγειώσης και του ύψους απόστασης για το άλμα στο νερό.

Αναμενόμενα, καθώς οι άνδρες ήταν ψηλότεροι και ταχύτεροι από τις γυναίκες και έπρεπε να ξεπεράσουν ένα υψηλότερο εμπόδιο, παρήγαγαν υψηλότερες τιμές για τις ταχύτητες απογείωσης και εξόδου, τα μήκη βημάτων προσέγγισης και εξόδου και τις αποστάσεις απογείωσης και προσγειώσης. Ωστόσο, υπήρχαν πολύ λιγότερες διαφορές μεταξύ των φύλων όταν χρησιμοποιήθηκε το ανάστημα για την κανονικοποίηση των δεδομένων. Είναι ενδιαφέρον ότι η μόνη διαφορά με βάση το φύλο μεταξύ των χωρικών μεταβλητών όταν υπολογίστηκαν ως ποσοστό του αναστήματος ήταν για την αναλογία απόστασης προσγειώσης (δηλαδή, η απόσταση προσγειώσης εκφρασμένη ως ποσοστό του αναστήματος των αθλητών) και αυτό υπογράμμισε μια βασική διαφορά επιτυχίας μεταξύ ανδρών και γυναικών σε σχέση με το πέρασμα της λίμνης. Καθώς το μήκος της λίμνης είναι 3,66 μ., οι γυναίκες προσγειώνονταν μέσα στη νερό και με κατά μέσο όρο 1,60 μ. πριν τα όρια της λίμνης, σε

σύγκριση με μόλις 0,95 μ. για τους άνδρες (Σχήμα 6). Επιπλέον, οι άνδρες εξέρχονταν τελείως από το νερό κατά τη διάρκεια του βήματος εξόδου τους (καταλήγοντας σε μέση απόσταση 3,86 μ. από το εμπόδιο), ενώ οι γυναίκες συνήθως παρέμεναν στο νερό και κατά το βήμα εξόδου τους (μέση απόσταση 3,10 μ. από το εμπόδιο).

Συμπερασματικά, οι γυναίκες είναι πιο πιθανό να προσγειωθούν σε μεγαλύτερο βάθος νερού από τους άνδρες λόγω του χαμηλότερου ύψους του εμποδίου τους, της χαμηλότερης ταχύτητας προσέγγισης, των μικρότερων αναστημάτων και της λιγότερης μυϊκής δύναμης για να ωθήσουν από το πάνω μέρος του εμποδίου. Αν και αυτό δεν παρουσιάζει ανταγωνιστικό μειονέκτημα, καθώς οι γυναίκες και οι άνδρες αγωνίζονται σε ξεχωριστές κούρσες, μια αλλαγή στο βάθος ή στις διαστάσεις του λάκκου της λίμνης για τον γυναικείο αγώνα θα επέτρεπε στις γυναίκες να αντιμετωπίσουν παρόμοιες με τους άνδρες δυνάμεις προερχόμενες από το νερό και την κλίση του εδάφους. Αυτό κατά

συνέπεια θα οδηγήσει σε βελτιωμένες επιδόσεις και χρόνους που ευθυγραμμίζονται περισσότερο με τις διαφορές αθλητών με βάση το φύλο στους αγώνες στίβου χωρίς εμπόδια.

### Σύνοψη

Τα παραπάνω παραδείγματα προέρχονται από το μεγαλύτερο ερευνητικό έργο στην ιστορία της αθλητικής βιομηχανικής όπου εξασφάλισε τέτοιο επίπεδο και λεπτομέρεια δεδομένων για ουσιαστική ανάλυση. Τα τρία παραδείγματα παρέχουν πρωτότυπες γνώσεις σχετικά με τους μηχανική κίνησης στα ανωτέρω αγωνίσματα και τους περιβαλλοντικούς περιορισμούς που διέπουν πτυχές αυτών των κινήσεων. Τα ευρήματα προσφέρουν πολύτιμες πληροφορίες σε προπονητές, ειδικούς επιστήμονες υγείας και αξιωματούχους ομοσπονδιών σχετικά με θέματα που αφορούν την βελτίωση την επιδόσεων, τις προπονητικές μεθόδους, την προετοιμασία των αθλητών, και την δημιουργία και διεξαγωγή απαιτητικών αλλά και ασφαλών αγώνων. Οπότε, η απάντηση στην ερώτηση του τίτλου του άρθρου είναι καταφατική και παρόμοιες έρευνες στον αθλητισμό είναι αναγκαίες ώστε να εμπλουτίσουμε τις γνώσεις μας με ποιοτικά στοιχεία που μπορεί να καθορίσουν τις μελλοντικές πρακτικές στον χώρο του ανταγωνιστικού αθλητισμού.

### Στρατιωτικές Εφαρμογές

Μια διάσταση των παραπάνω ευρημάτων αναδεικνύει τις γνωστές διαφορές στην αθλητική απόδοση μεταξύ των δύο φύλων σε βασικές φυσικές ικανότητες, όπως αυτές της ταχύτητας και αντοχής. Σε σχέση με το γενικότερο φάσμα κινητικών ικανοτήτων, σε αυτές στις οποίες φαίνεται να υπερτερούν οι γυναίκες σε σχέση με τους άνδρες είναι η ευκαμψία και η ισορροπία, λόγω ανατομικών διαφορών στο μυοτενόντιο σύστημα (Allison et al., 2015) και εν μέρει στην πιο ευρεία λεκάνη, η οποία οδηγεί σε χαμηλότερο σημείο το κέντρο μάζας του σώματος και σε ενδεχόμενη καλύτερη ισορροπία (Fullenkamp et al., 2008). Οι ικανότητες αυτές θα μπορούσαν να υποβοηθήσουν τις επιδόσεις των γυναικών σε πιο στρατιωτικά

προσανατολισμένες δοκιμασίες, όπως επιμέρους δοκιμασίες του στίβου μάχης.

Είναι εμφανές όμως και από τα τρία παραδείγματα του άρθρου, ότι οι γυναίκες που εκγυμνάζονται σε εντατικούς και αγωνιστικούς ρυθμούς μπορούν να φτάσουν σε πολύ υψηλά επίπεδα απόδοσης, πολύ μεγαλύτερα από αυτά ανδρών που δεν ακολουθούν ένα εντατικό πρόγραμμα εκγύμνασης. Αυτό είναι σημαντικό να γίνει κατανοητό ώστε οι γυναίκες που εισέρχονται στο στράτευμα να υποστηρίζονται συστηματικά με προπονητικά προγράμματα με σκοπό την ανάπτυξη φυσικών ικανοτήτων που θα μπορέσουν να κάνουν τη διαφορά σε συνθήκες επιχειρήσεων και μάχης. Το γεγονός ότι οι γυναίκες παρουσιάζουν έμφυτες ανατομικές και βιολογικές διαφορές σε σχέση με τους άνδρες είναι δεδομένο αλλά με την κατάλληλη εκγύμναση και υποστήριξη έχουν την δυνατότητα να ανταπεξέλθουν με επιτυχία σε όλες τις κινητικές απαιτήσεις του σύγχρονου πεδίου μάχης.

### Βιβλιογραφία

1. Allison, K.F., Keenan, K.A., Sell, T.C., Abt, J.P., Nagai, T., Deluzio, J., McGrail, M., & Lephart, S.M. (2015). Musculoskeletal, biomechanical, and physiological gender differences in the US military. *US Army Med Dep J*, Apr-Jun, 22-32.
2. Bissas A, Paradisis GP, Hanley B, Merlino S, Walker J. (2022). Kinematic and Temporal Differences Between World-Class Men's and Women's Hurdling Techniques. *Front Sports Act Living*, 4:873547. doi: 10.3389/fspor.2022.873547
3. Bissas A, Walker J, Tucker C, Paradisis G, Merlino S. (2018). Biomechanical report for the IAAF World Championships London 2017: 100 m Men's. In: *2017 IAAF World Championships Biomechanics Research Project. International Association of Athletics Federations*; 2018. Available online at: <https://www.worldathletics.org/about-iaaf/documents/research-centre>
4. Bissas A, Walker J, Tucker C, Paradisis G, Merlino S. (2018). Biomechanical report

- for the IAAF World Championships London 2017: 100 m Women's. In: *2017 IAAF World Championships Biomechanics Research Project. International Association of Athletics Federations*; 2018. Available online at: <https://www.worldathletics.org/about-iaaf/documents/research-centre>
5. Bissas, A., Walker, J., Paradisis, G. P., Hanley, B., Tucker, C. B., Jongerius, N., Thomas, A., Merlino, A., Vazel, P.J., Girard, O. (2022). Asymmetry in sprinting: an insight into sub-10 and sub-11 s men and women sprinters. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 32, 69–82. doi: 10.1111/sms.14068
  6. Hanley B, Bissas A, Merlino S. (2020). Better water jump clearances were differentiated by longer landing distances in the 2017 IAAF World Championship 3000 m steeplechase finals. *J Sports Sci*, 38(3):330-335. doi: 10.1080/02640414.2019.1698091.
  7. Fullenkamp, A.M., Robinette, K., Daanen, H.A.M. (2008). Gender Differences in NATO Anthropometry and the Implication for Protective Equipment (Report No 2008-00142). *TNO Defense Security and Safety Business Unit Human Factors*, Soesterberg, The Netherlands.

# Ανάλυση της αθλητικής κίνησης με αυτόματη ανίχνευση: Τρέχουσες εξελίξεις και μελλοντικές κατευθύνσεις

**Αθανάσιος Μπίσσας, Καθηγητής, University of Gloucestershire, UK**

## Εισαγωγή

Το πεδίο της ανάλυσης κίνησης αλλάζει ραγδαία λόγω των πρωτοφανών εξελίξεων στην τεχνολογία υλικού και λογισμικού. Η ανάλυση κίνησης αποτελεί αναπόσπαστο μέρος πολλών επιστημονικών κλάδων που αναλύουν την ανθρώπινη κίνηση. Επί του παρόντος, η επικρατούσα τεχνική ανάλυσης κίνησης είναι η χρήση υπέρυθρων συστημάτων που χρησιμοποιούν πολλαπλές κάμερες, αυτοκόλλητους ανακλαστήρες σώματος και εξελιγμένο λογισμικό για την καταγραφή και ανάλυση κίνησης σε τρεις διαστάσεις (3D). Μέσω αυτής της προσέγγισης η θέση στον χώρο του κάθε ανακλαστήρα (που αντιστοιχεί σε κάποιο σημείο του σώματος) ανιχνεύεται αυτόματα με ακρίβεια και συνέπεια από τις κάμερες. Αυτή η τεχνική εξασφαλίζει υψηλό βαθμό ακρίβειας και ταχύτητας επεξεργασίας δεδομένων με τις καμπύλες μεταβλητών να παράγονται μέσα σε δευτερόλεπτα από την εκτέλεση της κίνησης. Ωστόσο, ενώ αυτές οι εξελίξεις έχουν μεταμορφώσει τον τρόπο με τον οποίο διεξάγουμε έρευνα σε ελεγχόμενα περιβάλλοντα (π.χ. εργαστήρια), οι εφαρμογές τους σε ζωντανά (live) περιβάλλοντα παραμένουν προβληματικές. Αυτό οφείλεται στην ανάγκη εκτέλεσης μια ολοκληρωμένης διαδικασίας προσκόλλησης ανακλαστήρων στο σώμα του αθλητή,-τριας, κάτι σχεδόν αδύνατο σε πραγματικές συνθήκες όπου ο επιστήμονας δεν μπορεί να εισέρθει στο αγωνιστικό περιβάλλον των αθλητών.

Από την άλλη, η χειροκίνητη ή ημιαυτόματη ανάλυση ψηφιακών εικόνων βίντεο επί της οθόνης που συλλέγονται με συστήματα ορατού φάσματος παραμένει η πιο δημοφιλής μέθοδος για τη μελέτη της κίνησης σε αγωνιστικά περιβάλλοντα εκτός εργαστηρίου. Αυτό οφείλεται σε εγγενώς ανεξέλεγκτους παράγοντες στο αγωνιστικό περιβάλλον (π.χ. καιρικές συνθήκες, φωτισμός, αντανακλάσεις), οι οποίοι δεν επιτρέπουν στα υπέρυθρα συστήματα που χρησιμοποιούν ανακλαστήρες να ανταποκριθούν πλήρως σε τέτοιες συνθήκες. Από την άλλη η ψηφιακή βιντεοσκόπηση ορατού φάσματος δεν απαιτεί απαραίτητα την προσάρτηση ανακλαστήρων στο αντικείμενο ενδιαφέροντος (π.χ. ανθρώπινο σώμα), διότι βασίζεται σε μια χειροκίνητη διαδικασία αναγνώρισης και αποθήκευσης (ψηφιοποίηση) βασικών αρθρώσεων και μελών του σώματος από κάθε καρέ της εγγραφής. Η χειροκίνητη ανάλυση απαιτεί από έναν ανθρώπινο χειριστή να ψηφιοποιήσει κάθε ζητούμενο σημείο του σώματος ανεξάρτητα σε κάθε καρέ μιας λήψης βίντεο και σε δύο ή περισσότερες κάμερες για τρισδιάστατα (3D) δεδομένα. Σε περιπτώσεις όπου πρέπει να αναλυθεί ολόκληρο το σώμα, αυτό σημαίνει ψηφιοποίηση δεκάδων βασικά σημείων σε κάθε καρέ, κάτι που προσθέτει περαιτέρω στο χρόνο επεξεργασίας. Για παράδειγμα, οι χρονικές απαιτήσεις για την ψηφιοποίηση ενός πλήρους διασκελισμού (δύο βήματα) τρεξίματος που συλλέγεται από τέσσερες κάμερες στα 150 καρέ ανά δευτερόλεπτο

προσεγγίζουν τις οκτώ ώρες που αντιστοιχούν σε μία εργάσιμη ημέρα. Ως εκ τούτου, εκτός από τη χρονοβόρα διαδικασία επεξεργασίας βίντεο, αυτή η χειροκίνητη προσέγγιση συνεπάγεται οικονομικό κόστος που μπορεί να επηρεάσει την εκπλήρωση ενός ερευνητικού έργου. Επιπλέον, ένας εγγενής περιορισμός της χειροκίνητης ανάλυσης είναι η δυσκολία αναγνώρισης και επισήμανσης με ακρίβεια και συνέπεια των διαφόρων σημείων του σώματος, ακόμη και με μεγάλο αριθμό διαθέσιμων καμερών αφού ενδέχεται να υπάρξουν περιπτώσεις όπου βασικά σημεία του σώματος μπορούν συχνά να καλυφθούν από άλλα ανατομικά μέλη ή ακόμα και από άλλους αθλητές, αναγκάζοντας έτσι τον ανθρώπινο χειριστή να «εικάζει» για την πραγματική θέση του επιθυμητού σημείου. Μια πρόσθετη πηγή σφάλματος στη χειροκίνητη ανάλυση είναι η κούραση των ματιών και της νοητικής κόπωσης που προκαλείται από τις πολλές ώρες εργασίας σε έναν υπολογιστή. Αυτή η κόπωση μπορεί να επηρεάσει την κρίση και τη συγκέντρωση του χειριστή, οδηγώντας σε λανθασμένη σήμανση των επιθυμητών σημείων και επομένως λανθασμένα και αναξιόπιστα δεδομένα. Παρόλους τους μεθοδολογικούς περιορισμούς που αναφέρθηκαν, η χειροκίνητη ψηφιοποίηση, ιδιαίτερα όταν ο χειριστής είναι έμπειρος και έχει στην διάθεσή του καλής ποιότητας υλικό (βίντεο), παραμένει ο χρυσός κανόνας για βιομηχανικές μελέτες σε περιβάλλοντα όπου τα υπέρθυρα συστήματα δεν λειτουργούν αποτελεσματικά (π.χ. εκτός εργαστηρίου αγωνιστικές συνθήκες).

Πρόσφατες εξελίξεις στην τεχνητή νοημοσύνη είχαν ως αποτέλεσμα τον πολλαπλασιασμό νέων τεχνικών ψηφιοποίησης, οι οποίες φιλοδοξούν να γίνουν η επικρατούσα μέθοδος ανάλυσης κίνησης σε περιβάλλοντα εκτός εργαστηρίου. Αυτές οι τεχνικές που ονομάζονται στα αγγλικά *markerless* (χωρίς ανακλαστήρες) απαλείφουν τον ανθρώπινο παράγοντα από την εξίσωση της ψηφιοποίησης, υποσχόμενες να λύσουν τα

προβλήματα που εμπριέχονται στην χειροκίνητη ψηφιοποίηση. Εν συντομία, οι τεχνικές αυτές βασίζονται στην τεχνολογία υπολογιστικής όρασης (*computer vision technology*) για την ερμηνεία οπτικών δεδομένων από κάμερες, αναγνωρίζοντας αντικείμενα και ανθρώπινα χαρακτηριστικά στον χώρο. Προηγμένοι αλγόριθμοι παρακολουθούν την κίνηση των βασικών μερών του σώματος εντοπίζοντας και χαρτογραφώντας τα σε πολλαπλά καρέ. Αυτοί οι αλγόριθμοι συχνά εκπαιδεύονται σε μεγάλα σύνολα δεδομένων της ανθρώπινης κίνησης για να προβλέψουν και να αποτυπώσουν τη στάση του σώματος, τις γωνίες των αρθρώσεων και άλλα κινηματικά δεδομένα. Τα πλεονεκτήματα των τεχνικών *markerless* έναντι της χειροκίνητης ψηφιοποίησης είναι προφανή και σχετίζονται κυρίως με την απουσία ανθρώπινων χειριστών που συνήθως εισάγουν ανεπιθύμητη μεταβλητότητα στη διαδικασία ψηφιοποίησης και, κυρίως, με την ικανότητα επεξεργασίας μεγάλου όγκου δεδομένων με πολύ γρήγορο ρυθμό. Ωστόσο, τα συστήματα *markerless* ενδέχεται να παρουσιάζουν άλλες προκλήσεις, καθώς απαιτούν μεγάλο αριθμό καμερών, βαθμονομημένων και τοποθετημένων στρατηγικά γύρω από την περιοχή δράσης, έτσι ώστε η παρακολούθηση της κίνησης να είναι ακριβής και αδιάλειπτη. Σε ορισμένους εξωτερικούς χώρους ή χώρους με περιορισμένη κάλυψη καμερών, αυτές οι προκλήσεις μπορεί να είναι πιο έντονες.

Πρόσφατες μελέτες στην περιοχή της βιομηχανικής που διερεύνησαν την αποτελεσματικότητα των τεχνολογιών *markerless*, έχουν παρατηρήσει ικανοποιητική ακρίβεια στην ανάλυση του ανθρώπινου βηματισμού και διαφόρων άλλων κινήσεων (Colyer et al., 2018; Nakano et al., 2020; Cronin, 2021). Ωστόσο, μέχρι σήμερα, οι μέθοδοι *markerless* έχουν εφαρμοστεί κυρίως σε συνθήκες εργαστηρίου, καθώς συχνά συγκρίνονται με αυτόματα υπέρθυρα συστήματα ανάλυσης της κίνησης (Nakano et al., 2020; Kaneko et al.,

2021; Drazan et al., 2021; Van Hooren et al., 2022; Horsak et al., 2023; Wren et al., 2023). Ενώ υπάρχουν ελπιδοφόρες εξελίξεις στις τεχνολογίες markerless που σχετίζονται με τον αθλητισμό, αυτές εξακολουθούν να απαιτούν την ανάπτυξη μοντέλων για συγκεκριμένες αθλητικές δραστηριότητες και παράταξη πολλαπλών καμερών, κάτι που είναι δύσκολο να επιτευχθεί σε εξωτερικά περιβάλλοντα προπόνησης ή αγώνα (Kanko et al., 2021; Drazan et al., 2021; Needham et al., 2021a). Αυτό ισχύει επίσης για τους ανοιχτού κώδικα αλγορίθμους εκτίμησης πόζας (open-source pose estimation algorithms), οι οποίοι, παρά το γεγονός ότι δεν είναι σε θέση να ανιχνεύουν με ακρίβεια όλες τις αθλητικές στάσεις σώματος, θεωρούνται σχετικά κατάλληλοι για κινήσεις σε ένα επίπεδο ή για βασικές προπονητικές εφαρμογές (Cronin, 2021; Needham et al., 2021b; Van Hooren et al., 2022). Για παράδειγμα, σε ορισμένες περιπτώσεις, ο συνδυασμός του OpenPose (ένας από τους πιο δημοφιλείς ανοιχτού κώδικα αλγορίθμους) με πολλαπλές συγχρονισμένες βιντεοκάμερες έχει δείξει μέση ακρίβεια 30 χιλιοστών ή λιγότερο για σχετικά αργές δυναμικές κινήσεις σε σύγκριση με υπέρυθρα συστήματα πολλαπλών καμερών (Nakano et al., 2020). Ενώ ένα τέτοιο επίπεδο ακρίβειας που θα μπορούσε να είναι αποδεκτό για ορισμένες εφαρμογές, εξακολουθεί να βασίζεται σε συγκρίσεις σε ελεγχόμενο περιβάλλον (εργαστήριο) και μεγάλο αριθμό καμερών. Ωστόσο, σε άλλες περιπτώσεις όπου χρησιμοποιήθηκαν μόνο δύο κάμερες που κατέγραφαν εικόνες χαμηλότερης ανάλυσης από κινητά τηλέφωνα (smartphones) και μια άλλη ανοικτή πλατφόρμα εκτίμησης πόζας, OpenCap (Uhlrich et al., 2023), η Ρίζα Μέσου Τετραγωνικού Σφάλματος από εννέα γωνίες αρθρώσεων του κάτω σώματος ήταν 5° με μέσο μέγιστο σφάλμα 10° (Horsak et al., 2023).

Οπότε προκύπτει ότι είναι σημαντικό να αξιολογηθεί πόσο καλά λειτουργούν τα μοντέλα markerless σε πραγματικές συνθήκες

εκτός εργαστηρίου και κυρίως αγωνιστικού αθλητισμού. Θα παρατηρούνταν παρόμοια ευρήματα σε σχέση με τις έρευνες εντός εργαστηρίου αν λειτουργούσαμε σε πραγματικό περιβάλλον με περιορισμένο αριθμό καμερών; Αυτό το ερώτημα πρέπει να διερευνηθεί εάν οι τεχνολογίες markerless πρόκειται αντικαταστήσουν την χειροκίνητη ψηφιοποίηση και να γίνουν μια αξιόπιστη, εύχρηστη και οικονομικά αποδοτική ανάλυση κίνησης για εφαρμογές εκτός εργαστηρίου.

### Η μελέτη μας

Σε μια προσπάθεια να απαντήσουμε στο παραπάνω ερώτημα, πραγματοποιήσαμε μια ερευνητική εργασία (Cronin et al., 2024)\* για να δοκιμάσουμε την απόδοση μιας μεθόδου ανοιχτού κώδικα markerless σε ένα πραγματικό αγωνιστικό περιβάλλον. Επιλέξαμε ένα άθλημα που είναι εξαιρετικά δυναμικό, αλλά εκτελείται κυρίως κατά μήκος ενός επιπέδου κίνησης και διέπεται από τους ίδιους περιβαλλοντικούς περιορισμούς για όλους τους αθλητές. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιήσαμε μια markerless τεχνική OpenPose για να εξετάσουμε την 3D κινηματική κατά τη διάρκεια της απογείωσης του τελικού του άλματος εις μήκος ανδρών από το Παγκόσμιο Πρωτάθλημα του 2017 (Λονδίνο) και συγκρίναμε τα αποτελέσματα με χειροκίνητη ανάλυση. Συγκεκριμένα, τα άλματα των 12 φινάλιστ καταγράφηκαν χρησιμοποιώντας δύο βιντεοκάμερες υψηλής ταχύτητας (ρυθμός καρτέ: 200 Hz) οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για να καταγράψουν την κίνηση των αθλητών κατά την προσέγγιση στην βαλβίδα καθώς και την απογείωση. Το καλύτερο άλμα κάθε αθλητή (η καλύτερη επίδοση) χρησιμοποιήθηκε για περαιτέρω επεξεργασία. Η χειροκίνητη ψηφιοποίηση πραγματοποιήθηκε από έναν έμπειρο χειριστή (>1000 ώρες ψηφιοποίησης) του λογισμικού SIMI Motion ο οποίος χρησιμοποίησε ανατομικά κριτήρια παράλληλα με τα χαρακτηριστικά του λογισμικού (π.χ. λειτουργία ζουμ) για τον εντοπισμό των απαιτούμενων σημείων του σώματος. Αυτή η μεθοδολογική προσέγγιση

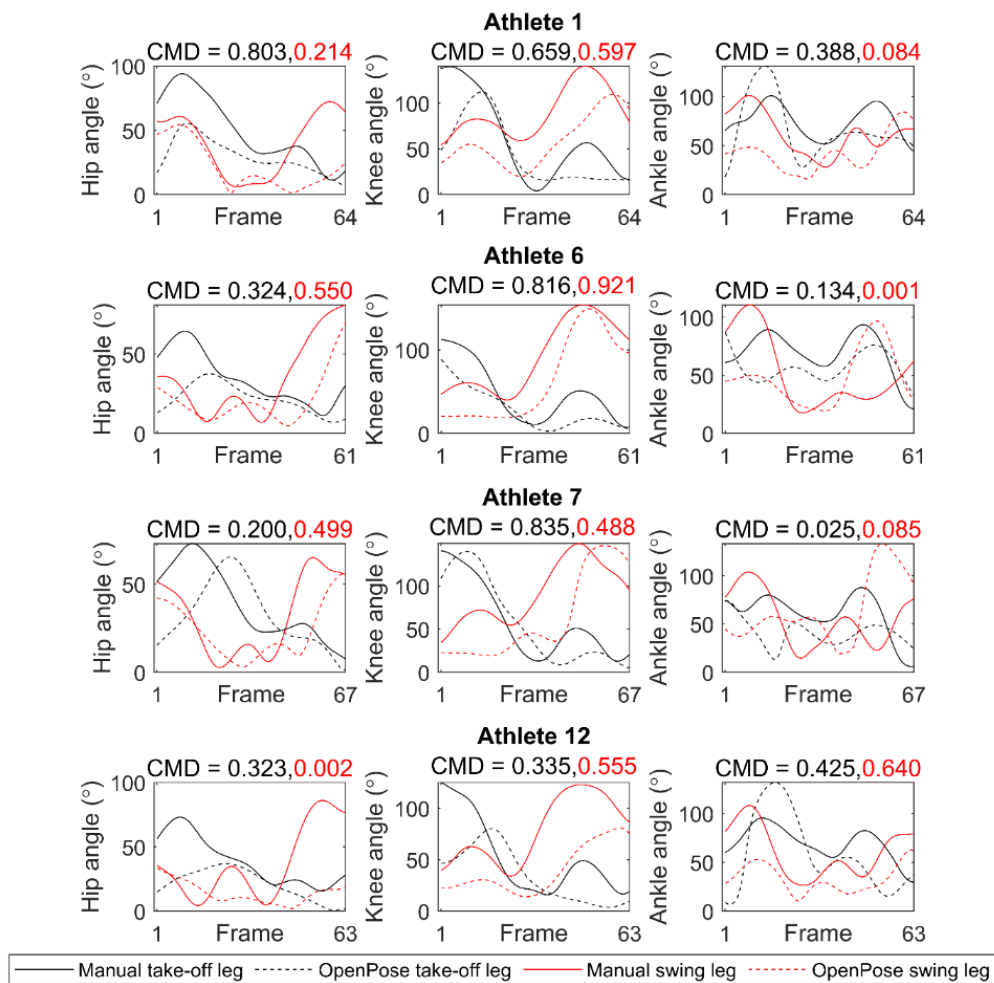


έχει αποδειχθεί στο παρελθόν ότι εμφανίζει υψηλή αξιοπιστία σε βιομηχανικές αναλύσεις πάνω σε βιντεογραφικό υλικό από αθλητικούς αγώνες (Bezodis et al., 2019; Bissas et al., 2022a; Bissas et al., 2022b). Η αυτόματη ανίχνευση markerless πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας το OpenPose, για την ανίχνευση τμημάτων του ανθρώπινου σώματος (Cao et al., 2017; 2021), με το μοντέλο 25-keypoint.

*\*Στο τμήμα αυτό του άρθρου αναπαράγονται κείμενο και γράφημα από την πρόσφατη δημοσίευσή μας*

Τα ευρήματά μας σχετικά με την καταλληλότητα του OpenPose να ανιχνεύει με ακρίβεια και αξιοπιστία μια έντονη αλλά σχετικά απλή αθλητική κίνηση ήταν απογοητευτικά. Αυτό αποδεικνύεται τόσο από τα διακριτά όσο και από τα συνεχή δεδομένα που παράγονται από το OpenPose με κυματομορφές μοτίβου κίνησης πολύ διαφορετικές από την χειροκίνητη ψηφιοποίηση που χρησιμοποιήθηκε ως κριτηρίου σύγκρισης (Σχήμα 1). Η εφαρμογή του OpenPose απέδωσε ένα φάσμα μοτίβων κίνησης τόσο μεταβλητό μεταξύ και εντός των αθλητών (μεταξύ μεταβλητών αλλά και δεξιού και αριστερού κάτω άκρου) που είναι αδύνατο να προσδιοριστεί μια μεμονωμένη μεταβλητή ή χαρακτηριστικό όπου το OpenPose θα μπορούσε να θεωρηθεί ως μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική λύση στη χειροκίνητη ψηφιακή ανάλυση. Για παράδειγμα, το σχήμα 1 όπου παρουσιάζει τις γωνίες των αρθρώσεων του ισχίου, γονάτου και ποδοκνημικής για τέσσερις τυχαίους, από τους δώδεκα αθλητές, καταδεικνύει πέρα από τις ορατές διαφορές στις κυματομορφές ένα μεγάλο και ασταθές φάσμα συντελεστών πολλαπλού προσδιορισμού. Ο συντελεστής πολλαπλού

προσδιορισμού (coefficient of multiple determination: (CMD) ποσοτικοποιεί την ομοιότητα της κυματομορφής μεταξύ δύο καμπυλών, με τιμές που κυμαίνονται μεταξύ 0 (πολύ ανόμοιες κυματομορφές) και 1 (πολύ παρόμοιες κυματομορφές). Ακόμη και μεταβλητές που εμφανίζονται να προσεγγίζουν γραφικά σε κάποιες περιπτώσεις την χειροκίνητη ψηφιοποίηση (π.χ. γωνία άρθρωσης αριστερού γόνατος, χωρικές παράμετροι του Κέντρου Μάζας) παρήγαγαν ανεπαρκείς στατιστικές συμφωνίας για διακριτά δεδομένα έναντι της χειροκίνητης ψηφιοποίησης με συνολικά σφάλματα τόσο μεγάλης κλίμακας που απαγορεύουν οποιαδήποτε περαιτέρω ανάλυση. Ο βαθμός έλλειψης συμφωνίας μεταξύ των δύο μεθόδων γίνεται πιο έκδηλος όταν χρησιμοποιούνται για τη σύγκριση κάποιες από τις καθιερωμένες μεταβλητές απογείωσης. Για παράδειγμα, το Όρια της Συμφωνίας (Limits of Agreement) για τη γωνία απογείωσης του Κέντρου Μάζας μεταξύ των δύο μεθόδων καταγράφηκαν ως  $-34,63 - 9,76^\circ$ . Λαμβάνοντας υπόψη, για παράδειγμα, ότι μια μικρή αύξηση της γωνίας απογείωσης κατά  $2^\circ$  (από  $20^\circ$  σε  $22^\circ$ ) για άλμα με ταχύτητα απογείωσης  $9,5 \text{ m/s}$  και ύψος απογείωσης  $1,2 \text{ m}$  αυξάνει την οριζόντια εμβέλεια του Κέντρου Μάζας από  $8,27 \text{ m}$  σε  $8,60 \text{ m}$ , γίνεται σαφές ότι τέτοια τεράστια όρια συμφωνίας δεν επιτρέπουν έγκυρη ποσοτικοποίηση της κίνησης στην προκειμένη περίπτωση μέσω της τεχνικής OpenPose. Συνολικά, τα μεγέθη που υπολογίστηκαν από το OpenPose εκτός από τις μεγάλες διαφορές με το κριτήριο σύγκρισης (χειροκίνητη ανάλυση), έφθασαν σε μη ρεαλιστικές τιμές (π.χ. ακραίες ταχύτητες Κέντρου Μάζας) που δεν αντιστοιχούν θεωρητικά ή πρακτικά στην κίνηση που εκτελέστηκε.



**Σχήμα 1.** Κυματομορφές γωνίας άρθρωσης (από την προτελευταία προσγείωση πριν από τη βαλβίδα έως την απογείωση από την βαλβίδα) για τέσσερα παραδείγματα αθλητών. Οι μαύρες γραμμές αντιπροσωπεύουν το πόδι στήριξης-απογείωσης και οι κόκκινες γραμμές αντιπροσωπεύουν το πόδι αιώρησης, ενώ οι συμπαγείς γραμμές αντιπροσωπεύουν δεδομένα που λαμβάνονται με χειροκίνητη ψηφιοποίηση και οι διακεκομμένες γραμμές αντιπροσωπεύουν δεδομένα που λαμβάνονται με το OpenPose. Οι τιμές CMD πάνω από κάθε υπογράφημα δείχνουν τον βαθμό ομοιότητας κυματομορφής μεταξύ των μεθόδων για το πόδι στήριξης (μαύροι αριθμοί) και το πόδι αιώρησης (κόκκινοι αριθμοί).

Το OpenPose επιλέχθηκε σε αυτή τη μελέτη ως ένα από τα πιο δημοφιλή εργαλεία ανοικτού κώδικα, έτοιμα προς χρήση, που βασίζονται στην εκτίμηση πόζας βαθιάς μάθησης, με την αναγνώριση ότι δεν σχεδιάστηκε για να εκτελεί λεπτομερείς βιομηχανικές αναλύσεις. Το OpenPose βασίζεται σε προκαθορισμένα σημεία του σώματος (όχι ακριβώς τα ίδια με αυτά που χρησιμοποιούνται στη χειροκίνητη ψηφιοποίηση) και έχει εκπαιδευτεί από μη

ειδικούς, ενώ αντλεί πληροφορίες από μια εκτεταμένη βιβλιοθήκη επισημασμένων εικόνων εκμάθησης (Cao et al., 2021), οι οποίες είναι μάλλον απίθανο να αντικατοπτρίζουν τις ιδιαιτερότητες της κίνησης του άλματος εις μήκος. Επιτρέποντας στον ερευνητή να εκπαιδεύσει τα δικά του μοντέλα με αυτό-επιλεγμένα ανατομικά σημεία και προσαρμοσμένα σύνολα δεδομένων (π.χ. DeepLabCut) θα μπορούσε να είναι μια πιθανή πρόοδος, ωστόσο τέτοιες

τεχνικές εξακολουθούν να παρουσιάζουν σημαντικούς περιορισμούς και δεν αποδίδουν απαραίτητα καλύτερα σε σύγκριση με το OpenPose για βασικές διαστάσεις κινήσεις και 3D θέσεις αρθρώσεων (Nath et al., 2019; Mathis et al., 2020; Cronin, 2021; Needham et al., 2021b; Van Hooren et al., 2022).

Παρά τους παραπάνω περιορισμούς, το κίνητρο για επένδυση στην αυτόματη ανάλυση κίνησης παραμένει ισχυρό, καθώς η αυτοματοποιημένη επισήμανση των εικόνων θα μειώσει δραστικά τον χρόνο επεξεργασίας και την ανάγκη ενός ανθρώπινου χειριστή να αναλάβει μια τέτοια χρονοβόρα διαδικασία. Ωστόσο, αναμένεται ότι τέτοιες εξελίξεις θα συνεχίσουν να επικεντρώνονται προς το παρόν σε σταθερές εργαστηριακές συνθήκες μιας και για εφαρμογές σε περιβάλλοντα πέρα από τον έλεγχο του ερευνητή (όπως στη μελέτη μας), υπάρχει πολύς δρόμος μέχρι να παραχθούν πιο έξυπνοι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης για τεχνικές που χρησιμοποιούν τις ίδιες αρχές εκτίμησης πόζας με το OpenPose.

Για εφαρμογές εκτός εργαστηρίου, που ήταν το επίκεντρο της παρούσας μελέτης, είναι λογικό να υποστηριχθεί ότι περισσότερες κάμερες από πολλαπλές προβολές θα βελτίωναν τα αποτελέσματα για την τεχνική markerless, ωστόσο, αυτό δεν είναι πάντα εφικτό σε ένα αγωνιστικό περιβάλλον για διάφορους υλικοτεχνικούς και πρακτικούς λόγους. Έτσι, ένα βασικό στοιχείο της παρούσας μελέτης ήταν να χρησιμοποιηθούν πλάνα από δύο μόνο κάμερες για να συγκριθούν χειροκίνητες και markerless μέθοδοι ανάλυσης, καθώς αυτό παρέχει μια πιο αντιπροσωπευτική σύγκριση για αγωνιστικά περιβάλλοντα. Σε σχέση με μελλοντικές κατευθύνσεις στην αυτόματη ανίχνευση της κίνησης, υπάρχει ανάγκη για μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης εκπαιδευμένα πάνω σε δεδομένα και εικόνες σχετικά με το αντικείμενο, και με επισήμανση πραγματοποιημένη από ειδικούς που έχουν

γνώση βασικής ανατομίας και κινησιολογίας. Ωστόσο, είναι σημαντικό να τονιστεί ότι τα μοντέλα βαθιάς μάθησης σχεδόν πάντα εκπαιδεύονται για να εκτελούν ένα αρκετά στενό έργο και η ικανότητά τους να γενικεύουν σε νέα ή ακόμη και παρόμοια σενάρια είναι πολύ περιορισμένη. Για παράδειγμα, εάν ένα μοντέλο εκπαιδεύεται χρησιμοποιώντας επισημασμένα δεδομένα που λαμβάνονται από έναν αγώνα κλειστού στίβου, είναι πιθανό ότι θα είναι σε θέση να αναγνωρίσει σωστά τα μέρη του σώματος όταν εμφανίζονται νέες εικόνες που λαμβάνονται από παρόμοιο περιβάλλον. Αλλά, αν το ίδιο εκπαιδευμένο μοντέλο χρειαστεί να επεξεργαστεί υλικό από έναν υπαίθριο αγώνα (όπου ο φωτισμός, τα ρούχα κ.λπ. μπορεί να είναι αρκετά διαφορετικά), μπορεί να κάνει χειρότερες προβλέψεις. Μια λύση σε αυτό το πρόβλημα θα ήταν να συμπεριληφθεί ένα μεγαλύτερο, πιο ποικίλο σύνολο εικόνων εκπαίδευσης (στην περίπτωση αυτή, δεδομένα που συλλέγονται σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους). Φυσικά ακόμα και τα πιο έξυπνα μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης θα προσφέρουν υποβέλτιστα αποτελέσματα αν παράγοντες όπως φωτισμός, ο αριθμός και γωνίες λήψης της καμερών και το εύρος κάλυψης όλων των μερών του σώματος δεν ελέγχονται άμεσα από τον επιστήμονα ή χειριστή του συστήματος αυτόματης ανίχνευσης.

### Σύνοψη

Οι τεχνικές αυτόματης ανάλυσης της κίνησης markerless αναπτύσσονται με εξαιρετικά γρήγορο ρυθμό και ικανοποιητικά αποτελέσματα για εφαρμογές εντός του εργαστηρίου. Με βάση τις σημερινές τάσεις αναμένεται ότι θα δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στις εφαρμογές εκτός εργαστηρίου στο εγγύς μέλλον με ήδη κάποιες σοβαρές εταιρίες λογισμικού στον χώρο της βιομηχανικής της κίνησης να αναπτύσσουν μοντέλα και συστήματα που να προσφέρουν ελπίδα για αξιόπιστα αποτελέσματα. Μέχρι όμως τέτοιες λύσεις να ολοκληρωθούν και επικυρωθούν, η χειροκίνητη ψηφιοποίηση της κίνησης, με

φυσικά τήρηση αναγνωρισμένων κανόνων και πρωτοκόλλων, θα παραμείνει η πιο ενδεδειγμένη μέθοδος συλλογής αξιόπιστων βιομηχανικών στοιχείων από ζωντανά και αγωνιστικά περιβάλλοντα. Λύσεις που χρησιμοποιούν τεχνικές βασισμένες σε ανοιχτού κώδικα αλγόριθμους για εκτίμησης πόζας φαίνεται ότι δεν προσφέρουν μια εναλλακτική λύση στην ακριβή ανίχνευση της κίνησης εκτός εργαστηρίου. Τα ευρήματα της πρόσφατης μελέτης μας που παρατέθηκαν συνοπτικά παραπάνω έδειξαν εμφατικά ότι μια από τις πιο δημοφιλείς πλατφόρμες ανοιχτού κώδικα, η OpenPose, δεν είναι κατάλληλη για βιομηχανική ανάλυση σε περιβάλλον αγώνων και σε βασικά αθλήματα όπως το άλμα εις μήκος, κάτι που η χειροκίνητη ψηφιοποίηση εξακολουθεί να επιτυγχάνει με υψηλά επίπεδα ακρίβειας και αξιοπιστίας.

#### Στρατιωτικές Εφαρμογές

Οι χρήσιμες μεθόδους ανίχνευσης της κίνησης, μπορούν να προσφέρουν στο στρατιωτικό πεδίο, τακτικές και στρατηγικές προοπτικές πολλαπλών εφαρμογών και λύσεων. Ήδη προηγούμενες μελέτες (Havenetidis et al., 2014; 2016) προερχόμενες από την ΣΣΕ έδειξαν ότι χρησιμοποιώντας ένα σύστημα ανάλυσης της κίνησης σε συγκεκριμένα μέλη του σώματος ήταν δυνατό να αναγνωριστεί επαρκώς η ταυτότητα ατόμων που εισέρχονται και εξέρχονται σε στρατιωτικές εγκαταστάσεις. Τα μηνύματα που λαμβάνονται από το παρόν άρθρο υποδεικνύουν ότι ένα αυτοματοποιημένο βιομηχανικό σύστημα ανάλυσης της κίνησης στο τέλος της δεκαετίας θα μπορούσε να αποτελέσει μια επιπρόσθετη βιομετρική μέθοδο για τον Στρατό, σε συνέχεια των βιολογικών (DNA, δακτυλικά αποτυπώματα, φλεβικό μοτίβο, ίριδα-αμφιβληστροειδής ματιού) ή συμπεριφοριστικών (δυναμική πληκτρολογίου, υπογραφή, ανάλυση φωνής) μεθόδων. Παρόλα αυτά, για να επικυρωθεί η χρήση της ανάλυσης της κίνησης ως ένα πλήρες αυτοματοποιημένο αλλά και ακριβές εργαλείο είναι απαραίτητη η συλλογή

μαζικών δεδομένων (big data) έτσι ώστε να υπάρξει ακριβής αναγνώριση μοτίβων και λήψη στοχευμένων αποφάσεων.

#### Βιβλιογραφία

1. Bezodis, I. N., Brazil, A., von Lieres und Wilkau, H. C., Wood, M., Paradisis, G. P., Hanley, B., Tucker, C.B., Pollitt, L., Merlino, S., Vazel, P.J., Walker, J., Bissas, A. (2019). World-class male sprinters and high hurdlers have similar start and initial acceleration techniques. *Front. Sports Act. Living*, 1:23. doi: 10.3389/fspor.2019.00023
2. Bissas, A., Walker, J., Paradisis, G. P., Hanley, B., Tucker, C. B., Jongerius, N., Thomas, A., Merlino, A., Vazel, P.J., Girard, O. (2022). Asymmetry in sprinting: an insight into sub-10 and sub-11 s men and women sprinters. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 32, 69–82. doi: 10.1111/sms.14068
3. Bissas, A., Paradisis, G. P., Hanley, B., Merlino, S. and Walker, J. (2022). Kinematic and temporal differences between world-class men's and women's hurdling techniques. *Front. Sports Act. Living*, 4: 873547. doi: 10.3389/fspor.2022.873547
4. Cao, Z., Hidalgo, G., Simon, T., Wei, S. E. and Sheikh, Y. (2021). OpenPose: realtime multi-person 2D pose estimation using Part Affinity Fields. *IEEE TPAMI*, 43, 172-186. doi: 10.1109/tpami.2019.2929257
5. Cao, Z., Simon, T., Wei, S. E. and Sheikh, Y. (2017). Realtime multi-person 2D pose estimation using part affinity fields. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 7291-7299. Retrieved from [https://openaccess.thecvf.com/content\\_cvpr\\_2017/html/Cao\\_Realtime\\_Multi-Person\\_2D\\_CVPR\\_2017\\_paper.html](https://openaccess.thecvf.com/content_cvpr_2017/html/Cao_Realtime_Multi-Person_2D_CVPR_2017_paper.html)
6. Colyer, S.L., Evans, M., Cosker, D.P. and Salo, A.I.T. (2018). A review of the evolution of vision-based motion analysis and the integration of advanced

- computer vision methods towards developing a markerless system. *Sports Med – Open*, 4, 24. doi:10.1186/s40798-018-0139-y
7. Cronin, N.J. (2021). Using deep neural networks for kinematic analysis: Challenges and opportunities. *J Biomech*, 123:110460. doi: 10.1016/j.jbiomech.2021.110460
  8. Cronin N.J, Walker, J., Tucker, C.B, Nicholson, G., Cooke, M., Merlino, S., Bissas, A. (2024). Feasibility of OpenPose markerless motion analysis in a real athletics competition. *Front Sports Act Living*, 5; 5:1298003. doi: 10.3389/fspor.2023.1298003
  9. Drazan, J.F., Phillips, W.T., Seethapathi, N., Hullfish, T.J, Baxter, J.R. (2021). Moving outside the lab: markerless motion capture accurately quantifies sagittal plane kinematics during the vertical jump. *J Biomech*, 125:110547. doi: 10.1016/j.jbiomech.2021.110547
  10. Havenetidis, K., Paradisis, G.P., Karanasiou, I., Tsekouras, G. (2014). The use of body motion analysis as an Artificial Neural Network method for personal identification. *J Comp & Modell*, 4(1): 311-326.
  11. Havenetidis, K., Paradisis, G.P., Karanasiou, I., Tsekouras, G. (2016). An investigation of an artificial neural network method for personal identification using kinematic parameters from specific body parts. *J Appl Math and Bioinf*, 5(3): 125-138.
  12. Horsak, B., Eichmann, A., Lauer, K., Prock, K., Krondorfer, P., Siragy, T., Dumphart, B. (2023). Concurrent validity of smartphone-based markerless motion capturing to quantify lower-limb joint kinematics in healthy and pathological gait. *J Biomech*, 159:111801. doi: 10.1016/j.jbiomech.2023.111801
  13. Kanko, R. M., Laende, E.K., Strutzenberger, G., Brown, M., Selbie, W. S., DePaul, V., Scott, S.H., Deluzio, K.J. (2021). Assessment of spatiotemporal gait parameters using a deep learning algorithm-based markerless motion capture system. *J. Biomech*, 122:110414. doi: 10.1016/j.jbiomech.2021.110414
  14. Mathis, A., Schneider, S., Lauer, J., Mathis, M.W. (2020). A primer on motion capture with deep learning: principles, pitfalls, and perspectives. *Neuron*, 108(1), 44-65. doi:10.1016/j.neuron.2020.09.017
  15. Nakano, N., Sakura, T., Ueda, K., Omura, L., Kimura, A., Iino, Y., Fukashiro, S. and Yoshioka, S. (2020). Evaluation of 3D Markerless Motion Capture Accuracy Using OpenPose with Multiple Video Cameras. *Front. Sports Act. Living*, 2:50. doi: 10.3389/fspor.2020.00050
  16. Nath, T., Mathis, A., Chen, A.C., Patel, A., Bethge, M., Mathis, M.W. (2019). Using DeepLabCut for 3D markerless pose estimation across species and behaviors. *Nat. Protoc*, (14), 2152–2176. <https://doi.org/10.1101/476531>
  17. Needham, L. Evans, M. Cosker, D. P. and Colyer, S. L. (2021). Can Markerless Pose Estimation Algorithms Estimate 3D Mass Centre Positions and Velocities during Linear Sprinting Activities? *Sensors*, 21: 2889. doi: 10.3390/s21082889
  18. Needham, L., Evans, M., Cosker, D.P., Wade, L., McGuigan, P.M., Bilzon, J.L. and Colyer, S.L. (2021). The accuracy of several pose estimation methods for 3D joint centre localisation. *Sci Rep*, 11, 20673. doi: 10.1038/s41598-021-00212-x
  19. Uhlrich, S.D., Jackson, R.W., Seth, A., Kolesar, J.A., Delp, S.L. (2023). Muscle coordination retraining inspired by musculoskeletal simulations reduces knee contact force. *Sci Rep*, 12(1):9842. doi: 10.1038/s41598-022-13386-9
  20. Van Hooren, B., Pecasse, N., Meijer, K., Essers, J.M.N. (2022). The accuracy of markerless motion capture combined with computer vision techniques for measuring running kinematics. *Scand J*

- Med Sci Sports*, 33, 966- 978.  
doi:10.1111/sms.14319
21. Wren, T.A.L, Isakov, P., Rethlefsen, S.A. (2023). Comparison of kinematics between Theia markerless and conventional marker-based gait analysis in clinical patients. *Gait Posture*, 104, 9-14. doi: 10.1016/j.gaitpost.2023.05.029

# Η σύσταση του ανθρώπινου σώματος ως παράγοντας απόδοσης και ευρωστίας

Υπλγός Κωνσταντίνος Νικόδημος

Επιμέλεια: Ευγενία Χαραλαμπίδου, Ειδικός Επιστήμονας ΣΣΕ, Τομέας Φυσικής και Πολιτισμικής Αγωγής

## Εισαγωγή

Στην εν λόγω εργασία θα αναλυθεί η σύσταση του ανθρώπινου σώματος και της συμβολής του στην απόδοση των ενόπλων δυνάμεων (ΕΔ) και στην ευρωστία αυτών. Η βιβλιογραφία υποδηλώνει ότι η άσκηση σχετίζεται με την απόδοση σε γνωστικές λειτουργίες δηλαδή οι υψηλότερες επιδόσεις στη φυσική κατάσταση μαθητών στρατιωτικών σχολών αντιστοιχούν σε υψηλότερες επιδόσεις και στα μαθήματα, πράγμα που δεν ίσχυε για όσους δεν αθλούσαν. Το πόρισμα αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η αύξηση των καρδιακών παλμών με την άσκηση, οδηγεί στη συνέχεια στην καλύτερη αιμάτωση και οξυγόνωση του εγκεφάλου με αποτέλεσμα τη δημιουργία νευρώνων και την προώθηση παραγωγής ουσιών που αυξάνουν τη λειτουργία του εγκεφάλου και ισορροπούν το νευρικό σύστημα. Επιπλέον κάνοντας ήπια άσκηση εμφανίζεται καλύτερη ποιότητα ύπνου, γεγονός που συμβάλλει στη σωματική και ψυχική ευεξία. Παρατηρείται επίσης καλύτερη λειτουργία της μνήμης, βελτίωση της διάθεσης και καλύτερη διαχείριση του άγχους λόγω της παραγωγής ουσιών όπως η νορεπινεφρίνη και ενδορφίνες. Επομένως, η άθληση μπορεί να λειτουργήσει και ως μέσο θεραπείας του προσωπικού που αντιμετωπίζει ψυχικά προβλήματα, όπως για παράδειγμα κατάθλιψη (Burley et al, 2018) ενώ παράλληλα αποτελεί τον συνδετικό κρίκο για βελτίωση της συνολικής ευρωστίας στο στρατιωτικό προσωπικό.

## Ευρωστία

Η ευρωστία αναφέρεται στη ικανότητα εκτέλεσης καθημερινών δραστηριοτήτων και αποφυγή παραγόντων που αποτρέπουν την πρώιμη ανάπτυξη νοσηρών καταστάσεων. Η ευρωστία συνδέεται με συγκεκριμένους παράγοντες, όπως μορφολογικοί, νευρομυϊκοί, καρδιοαναπνευστικοί, μεταβολικοί, περιβαλλοντικοί, ψυχογραφικοί. Προκειμένου να επιτευχθεί η ιδανική και άριστη λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού, κρίνεται απαραίτητο και ο ίδιος ο άνθρωπος, μέσα από την συστηματική του επαφή με τον αθλητισμό να βοηθήσει τον εαυτό του, τόσο πνευματικά, ψυχολογικά όσο και οργανικά. Σε ότι αφορά το τεχνικό και επαγγελματικό κομμάτι της ζωής του, ένας στρατιώτης είναι πολύ σημαντικό να βρίσκεται σε καλή φυσική κατάσταση για να καταφέρει να ανταπεξέλθει στις επιχειρήσεις και στις ασκήσεις με το καλύτερο δυνατό τρόπο. Πόσο μάλλον τα στελέχη τα οποία θα πρέπει να καταβάλλουν προσπάθεια για να διατηρούνται σε ένα πολύ υψηλό όχι μόνο σωματικό αλλά και πνευματικό επίπεδο (Crowder et al, 2013) η έννοια της συνολικής ευρωστίας προϋποθέτει το συνδυασμό των παραμέτρων του σώματος με τις ψυχοκοινωνικές και διανοητικές παραμέτρους. Συγκεκριμένα, στις παραμέτρους του σώματος, περιλαμβάνεται η καλή φυσική κατάσταση με τις συνιστώσες της ευρωστίας που αναφέρθηκαν παραπάνω, η σωστή διατροφή, και η ιατρική παρακολούθηση, ενώ στις ψυχοκοινωνικές και διανοητικές παραμέτρους,

περιλαμβάνονται η καλή ψυχολογική συμπεριφοριστική και κοινωνική κατάσταση (Dyrstad et al, 2007).

Τα βασικά συστατικά που συνθέτουν την ευρωστία στις ΕΔ δημιουργούν ένα περιβάλλον αποκατάστασης, όταν δράσουν συνδυαστικά:

- Άσκηση και κατάλληλη ξεκούραση (Σωματική Ευρωστία).
- Κατάλληλη διατροφή (Διατροφική Ευρωστία).
- Δυνατότητα ψυχολογικής ανάρρωσης (Ψυχολογική Ευρωστία).
- Δυνατότητα κοινωνικής ένταξης και ολοκλήρωσης (Κοινωνική Ευρωστία).

Έχει παρατηρηθεί πως η απόδοση των μαχητών είναι αντικείμενο μελέτης για τους ειδικούς κατά την διάρκεια των χρόνων. Η απόδοση του στρατιώτη κατά την περίοδο επιχειρήσεων σαφώς εξαρτάται από εξωγενείς (έδαφος, καιρικές συνθήκες, εξοπλισμός) αλλά και από ενδογενείς παράγοντες (φυσική κατάσταση, ψυχολογική κατάσταση, μεταβολική ισορροπία) (Dregval & Vaicaitiene 2006). Οι τελευταίοι και με την σύσταση του σώματος καθώς βρίσκονται σε αλληλεπίδραση με τον τρόπο λειτουργίας του ανθρώπινου οργανισμού και με την απόδοση σε στρατιωτικά αντικείμενα.

### **Σύσταση του ανθρώπινου σώματος**

Οι κυριότεροι ιστοί από την οπτική γωνία της σύστασης του σώματος είναι ο λιπώδης ιστός, ο μυϊκός ιστός και οστίτης ιστός.

### **Λιπώδης ιστός**

Ο λιπώδης ιστός είναι μορφή συνδετικού ιστού με κύρια περιοχή αποθήκευσης του πλεονάσματος ενέργεια με την μορφή τριγλυκεριδίων. Περιλαμβάνει τα λιποκύτταρα, τις φλέβες και ίνες συνδετικού ιστού. Η χημική σύσταση Πρωτεΐνες = 2% Νερό=15-18% Λίπος =80-83%. Ο συνδετικός ιστός στον οποίο επικρατούν τα λιποκύτταρα ή λιπώδη κύτταρα καλείται λιπώδης ιστός. Αν και αποτελεί αποθήκη ουδέτερων λιπιδίων τα λιποκύτταρα λειτουργούν σαν ρυθμιστές του συνόλου της μεταβολικής ενέργειας του σώματος. Δύο ιδιότητες των τριγλυκεριδίων εξηγούν την επιλογή τους ως προτιμώμενοι τύποι

αποθήκευσης θρεπτικών συστατικών, λόγω κυμαινόμενης διαθεσιμότητας καθώς και των ενεργειακών τους αναγκών.

Επιπλέον, η θερμιδική πυκνότητα των τριγλυκεριδίων είναι διπλάσια των πρωτεϊνών ή των υδατανθράκων, καθιστώντας αυτά τα απλά μόρια τα πλέον αποτελεσματικά στην αποθήκευση θρεπτικών ουσιών. Τα λιποκύτταρα είναι εξειδικευμένα στη συγκέντρωση τριγλυκεριδίων συγκρινόμενα με άλλα κύτταρα τα οποία φυσιολογικά συγκεντρώνουν λίγο λίπος. Τα λιποκύτταρα είναι μεταβολικά πολύ ενεργά κύτταρα, απαντώντας σε νευρικά και ορμονικά ερεθίσματα. Τα κύτταρα αυτά απελευθερώνουν ορμόνες και διάφορες άλλες σημαντικές ουσίες, έτσι σήμερα ο λιπώδης ιστός αναγνωρίζεται σαν ένας σημαντικός ενδοκρινής ιστός. Με αυτές τις μοναδικές ιδιότητες, ο λιπώδης ιστός είναι κακός αγωγός της θερμότητας και δρα ως θερμομονωτικό υλικό του σώματος. Ο λιπώδης ιστός επίσης γεμίζει τα διαστήματα μεταξύ των άλλων ιστών, βοηθά ως προσκέφαλο και συγκροτεί ορισμένα όργανα στη θέση τους. Τα υποδόρια στρώματα λιπώδους ιστού συμβάλουν στη διαμόρφωση του σχήματος της σωματικής επιφάνειας, ενώ οι εναποθέσεις με τη μορφή προσκέφαλων λειτουργούν ως απορροφητήρες κραδασμών (κυρίως στα πέλματα και στις παλάμες) και επίσης χαρακτηρίζονται από άφθονα αιμοφόρα αγγεία.

### Λίπος

Οι άντρες και οι γυναίκες έχουν το απαραίτητο λίπος για την δομή και τη λειτουργία των κυτταρικών μεμβρανών, νευρικού ιστού (εγκέφαλος, νωτιαίος μυελός). Στους άντρες το ελάχιστο ποσοστό είναι 3-4% του σωματικού βάρους αποτελείται από λίπος ενώ στις γυναίκες το 9-12% λόγω ορμονικών και αναπαραγωγικών διεργασιών. Το αποθηκευτικό λίπος περιλαμβάνει τα τριγλυκερίδια και κατανέμεται κυρίως στα υποδόρια και σπλαγχνικά διαμερίσματα:

- Ο Λιπώδης ιστός είναι το σύνολο των αποθηκών λίπους (83%). Τα τριγλυκερίδια συν οι υποστηρικτικές δομές του, 2% πρωτεΐνη και 15% νερό.



- Το Υποδόριο λίπος είναι ο λιπώδης ιστός αποθηκευμένος κάτω από το δέρμα.
- Το Σπλαχνικό λίπος είναι ο λιπώδης ιστός μέσα και γύρω από τα όργανα στη θωρακική και κοιλιακή κοιλότητα. Απαραίτητα λιπίδια είναι αυτά που είναι απαραίτητα για το σχηματισμό κυτταρικών μεμβρανών.
- Η Άλιπη μάζα σώματος είναι όλα τα υπόλοιπα, άλιπα χημικά στοιχεία και ιστοί συμπεριλαμβάνοντας το νερό, τους μυς, το συνδετικό ιστό των οστών και τα εσωτερικά όργανα.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω ο λιπώδης ιστός είναι πολύπλευρος στη λειτουργία του, παίζοντας ρόλο όχι μόνο στην αποθήκευση ενέργειας αλλά και στη ρύθμιση πολλών φυσιολογικών διαδικασιών.

### **Μυϊκός ιστός**

Ο μυϊκός ιστός αποτελείται από κύτταρα που μπορούν να επιτελέσουν στο σύνολο τους τη λειτουργία της συσταλτικότητας. Όπως σε όλα τα κύτταρα, τα μικρονημάτια ακτίνης σε συνεργασία με τις πρωτεΐνες, παράγουν δυνάμεις απαραίτητες για τη κίνηση των μυών και την αύξηση της ροής του αίματος. Με βάση τα μορφολογικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά τους διακρίνουμε 3 τύπους μυϊκού ιστού, η δομή των οποίων εξαρτάται από το λειτουργικό ρόλο τους.

- Ο σκελετικός μυς που περιέχει δεσμίδες πολύ μακρών, πολυπύρηνων κυττάρων με εγκάρσιες γραμμώσεις. Η συστολή τους είναι ταχεία, ισχυρή και συνήθως υπόκειται στη βούληση μας.

- Ο καρδιακός μυς που παρουσιάζει επίσης εγκάρσιες γραμμώσεις και αποτελείται από επιμήκη συχνά διακλαδιζόμενα κύτταρα που ενώνονται το ένα με το άλλο, σχηματίζοντας δομές που καλούνται εμβόλιμοι δίσκοι, και είναι μοναδικοί στον καρδιακό μυ. Η συστολή του είναι ακούσια, ρυθμική και ζωηρή.

- Ο λείος μυϊκός ιστός αποτελείται από συλλογές ατρακτοειδών κυττάρων που στερούνται γραμμώσεων και παρουσιάζουν βραδεία και ακούσια συστολή.

Σε όλους τους τύπους των μυών, η συστολή προκαλείται από την αλληλεπίδραση της διολίσθησης των παχιών νηματίων της μυοσίνης κατά μήκος των νηματίων της ακτίνης. Οι δυνάμεις που είναι απαραίτητες για την διολίσθηση παράγονται από άλλες πρωτεΐνες που επηρεάζουν ασθενώς τις αλληλεπιδράσεις των γεφυρών που συνδέουν την ακτίνη με τη μυοσίνη.

### **Σκελετικός μυς**

Ο σκελετικός μυς αποτελείται από μυϊκές ίνες που είναι μακρά, κυλινδρικά, πολυπύρηννα κύτταρα τα οποία διαφοροποιούνται περαιτέρω και σχηματίζονται γραμμωτές μυϊκές ίνες. Οι μυϊκές ίνες των σκελετικών μυών είναι ιδιαίτερα προσαρμοσμένες στο σύντομο, αλλά έντονο μυϊκό έργο. Οι ίνες ενός δεδομένου σκελετικού μυός κατατάσσονται φυσιολογικά σε τρεις τύπους που αντανακλούν την κύρια λειτουργία του μυός, αν και ανάμεσα σε αυτούς υπάρχει κάτι κοινό. Οι περισσότεροι μύες περιέχουν ένα μίγμα των τριών τύπων, όπως μπορεί να καταδειχθεί ιστοχημικά, χρησιμοποιώντας το ATP (τριφωσφορική αδενοσίνη). Οι μύες που συχνά είναι ενεργοί με αργές συσπάσεις για μεγάλες περιόδους, τείνουν να έχουν περισσότερα μιτοχόνδρια για οξειδωτική φωσφορυλίωση και παραγωγή ATP, με τα περιβάλλοντα τριχοειδή να βρίσκονται σε μεγαλύτερη πυκνότητα. Οι μύες που σχετίζονται με το έργο μικρής διάρκειας και ταχεία σύσπαση, είναι τυπικά μεγαλύτεροι σε διάμετρο και εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τον αερόβιο μεταβολισμό της γλυκόζης, η μεγαλύτερη ποσότητα της οποίας προέρχεται από τις αποθήκες γλυκογόνου. Η γλυκόλυση παράγει γαλακτικό οξύ, που ευθύνεται για την γρήγορη κόπωση των μυών.

### **Καρδιακός μυς**

Η καρδιά αποτελείται από στενά ενωμένες δεσμίδες κυττάρων οι οποίες διαπλέκονται με τέτοιο τρόπο ώστε να παρουσιάζουν ένα χαρακτηριστικό κύμα συστολής του καρδιακού μυός που μοιάζει με συστολή και περιστροφή των κοιλιών της καρδιάς. Η δομή και η λειτουργία των συσταλών πρωτεϊνών στα καρδιακά κύτταρα είναι πρακτικά η ίδια όπως και στα σκελετικά μυϊκά κύτταρα. Η σύσπαση των καρδιακών μυϊκών ινών είναι

ενδογενείς και αυτόματη, όπως αποδεικνύεται από τη συνεχή συστολή των κυττάρων στις καλλιέργειες ιστών. Οι ωθήσεις για τη ρυθμική σύσπαση ή τον καρδιακό ρυθμό ξεκινούν, ρυθμίζονται και συγχρονίζονται τοπικά από δεμάτια μοναδικών μυοκαρδιακών ινών εξειδικευμένων στην παραγωγή παλμού και στη διάδοσή του. Όπως συμβαίνει και στους σκελετικούς μύες η σύσπαση κάθε καρδιακής μυϊκής ίνας χαρακτηρίζεται από το φαινόμενο “όλον η ουδέν” δηλαδή ή θα γίνει σύσπαση σε όλα μα κύτταρα ή σε κανένα. Το συμπαθητικό νευρικό σύστημα να αυξάνει τον καρδιακό ρυθμό και το παρασυμπαθητικό να τον επιβραδύνει.

### Λείες μυϊκές ιστός

Οι λείες μυϊκές ίνες είναι μεμονωμένα μικρά ατρακτοειδή κύτταρα που βρίσκονται στα τοιχώματα εσωτερικών οργάνων, όπως το στομάχι, το λεπτό και παχύ έντερο, η ουροδόχος κύστη, καθώς και στις αρτηρίες και φλέβες. Δεν εμφανίζουν γραμμώσεις και η συστολή αναγκάζει τα κύτταρα να μικραίνουν σε μήκος μεμονωμένα. Παίζουν βασικό ρόλο σε ακούσιες κινήσεις, όπως η κίνηση του εντέρου, η διαστολή και συστολή των αιμοφόρων αγγείων, και η ρύθμιση της ροής του αίματος. Το χαρακτηριστικό τους είναι ότι δεν ελέγχεται από τη βούληση, αλλά από το αυτόνομο νευρικό σύστημα και ορμονικούς μηχανισμούς, ενώ μπορούν να παράξουν παρατεταμένες συστολές με ελάχιστη ενεργειακή δαπάνη.

### Οστίτης ιστός

Ο οστίτης ιστός είναι ένας εξειδικευμένος τύπος συνδετικού ιστού, που αποτελεί τον βασικό δομικό ιστό των οστών. Παρέχει μηχανική υποστήριξη, προστασία και αποθήκευση ανόργανων στοιχείων, συμβάλλοντας στη λειτουργία του σκελετικού συστήματος. Η σύνθεση του περιλαμβάνει τα οστεοκύτταρα, υπεύθυνα για τη συντήρηση του ιστού, τους οστεοβλάστες, που συμμετέχουν στη δημιουργία νέου οστίτη ιστού και τους οστεοκλάστες, που ανακυκλώνουν και αναδιαμόρφωνουν το οστό. Τα οστά παρέχουν σκελετική υποστήριξη και διατηρούν το σχήμα του σώματος, προστατεύουν ζωτικά όργανα,

δρουν ως μοχλοί για τη μυϊκή δραστηριότητα, αποθήκευουν ασβεστό και φωσφόρο, συμβάλλοντας στην ομοίωση και παράγουν αιμοσφαίρια (ερυθρά, λευκά και αιμοπετάλια). Ο οστίτης ιστός, λόγω της πολυπλοκότητας του, παίζει καθοριστικό ρόλο στην υγεία και στη λειτουργία του σώματος, με δυναμική συμμετοχή τόσο στις μηχανικές όσο και στις μεταβολικές ανάγκες.

### Στρατιωτικές εφαρμογές

Οι παραπάνω κατηγορίες ιστών δέχονται διαφορετικές πιέσεις κατά τη διάρκεια σωματικού έργου, για αυτό και θα πρέπει να υπάρχει αναλογική χρήση των μεθόδων εκγύμνασης και αξιολόγησης ιδιαίτερα όταν η άλιπη μάζα (μύες, οστά, συνδετικός ιστός) είναι σε εκφυλισμό. Επίσης, όταν το προσωπικό των ΕΔ καλείται να αξιολογηθεί όσον αφορά τη φυσική του κατάσταση θα πρέπει αυτή να γίνεται κατά την:

α) αρχική του κατάσταση, ως πολίτης, για να επιλεγεί για τις ένοπλες δυνάμεις και τα σώματα ασφαλείας,

β) ενεργοποίηση/τοποθέτησή του στον κλάδο/μονάδα όπου θα εργάζεται,

γ) αναβάθμιση/τοποθέτηση του σε νέα θέση, όπου τα εργασιακά καθήκοντα είναι διαφορετικά και δ) καθ' όλη τη διάρκεια της παραμονής του στις ΕΔ, όπου ελέγχεται περιοδικά η επιχειρησιακή του ετοιμότητα και η γενική φυσική του κατάσταση (Payne et al., 2010).

Επομένως, οι δοκιμασίες που χρησιμοποιούνται σε κάθε περίπτωση είναι δοκιμασίες επιλογής, προαγωγής και απόρριψης και σχετίζονται άμεσα με τα όρια που θέτει η κάθε υπηρεσία. Οι δοκιμασίες αυτές είτε αξιολογούν την ικανότητα/δεξιότητα των συμμετεχόντων να εκτελέσουν μια προσομοίωση ενός τυπικού εργασιακού καθήκοντος είτε ένα σύνολο ικανοτήτων/δεξιοτήτων οι οποίες θεωρούνται απαραίτητες για το εκάστοτε εργασιακό περιβάλλον. Σύμφωνα με την υπάρχουσα βιβλιογραφία (Hauschild et al., 2017; DoA, 2020; Deakin et al., 2000) οι 13 βασικές κατηγορίες εργασιακών καθηκόντων στις ΕΔ και στα ΣΑ είναι οι εξής:

1. Ανύψωση και χαμήλωμα φορτίου (περιλαμβάνει μια μέγιστη προσπάθεια που αφορά εξοπλισμό).
2. Επαναλαμβανόμενη ανύψωση και χαμήλωμα φορτίου (περιλαμβάνει πολλαπλές υπομέγιστες προσπάθειες ανύψωσης εξοπλισμού από/προς το έδαφος ή το όχημα).
3. Ανύψωση και μεταφορά φορτίου (περιλαμβάνει μεταφορά διαφόρων ειδών εξοπλισμού σε διάφορες αποστάσεις).
4. Πίεση-έλξη αντίστασης (περιλαμβάνει χειρωνακτική κίνηση εξοπλισμού κατά μήκος μιας επιφάνειας, η οποία μπορεί να είναι και σκάλες, όχι ανύψωση).
5. Πορεία (περιλαμβάνει μετακίνηση σε μεγάλες αποστάσεις με επιπρόσθετο φορτίο).
6. Μεταφορά τραυματία (περιλαμβάνει διάσωση με εξαγωγή και διάφορες τεχνικές μεταφοράς).
7. Μεταφορά φορείου (περιλαμβάνει συγκεκριμένο τρόπο ανύψωσης και μεταφοράς από δύο άτομα).
8. Χειρωνακτική εκσκαφή (περιλαμβάνει εγκαθίδρυση θέσης μάχης, προστασία από φωτιά, δομική υποστήριξη, γέμισμα αμμόσακων).
9. Ταχεία μετακίνηση (περιλαμβάνει σπριντ μικρών αποστάσεων με ή χωρίς αλλαγή κατεύθυνσης).
10. Έρπυση (περιλαμβάνει τεχνική με διατήρηση χαμηλά όλων των μελών του σώματος και στη συνέχεια ψηλά, μόνο με τη χρήση χεριών-ποδιών).
11. Αναρρίχηση (περιλαμβάνει σκαρφάλωμα, άλμα, ανάβαση-κατάβαση σκαλιών, τοίχων, οχημάτων).
12. Πολλαπλές δραστηριότητες (περιλαμβάνει συνδυασμό τριών ή περισσότερων ενεργειών).
13. Μεταφορά και εκφόρτωση κανίστρων (περιλαμβάνει μετακίνηση δοχείων καυσίμων και εκφόρτωσή τους).

Σε περιπτώσεις χαμηλής μυϊκής μάζας (% λίπους άνω των 15%) οι δραστηριότητες 1, 4, 7, 9, 11 και 12 θεωρούνται ιδιαίτερα

απαιτητικές και ενδέχεται να εμφανιστούν μυοσκελετικοί τραυματισμοί (Χαβενετίδης, 2023). Συνιστάται η εκγύμναση με καλλισθενική γυμναστική και όχι η χρήση σακιδίου (Dempsey et al, 2014) καθώς και η καρδιοαναπνευστική προπόνηση. Αντίθετα σε περιπτώσεις εκφυλισμού του οστίτη ιστού (οστεοπόρωση) οι πολλαπλές δραστηριότητες (στίβος εμποδίων) με χρήση αλμάτων, η καταρρίχηση καθώς και η πορεία με φόρτο αποτελούν ιδανικές δραστηριότητες για ταχεία αναπλήρωση των οστών. Τέλος σε περιπτώσεις υπερβολικής συσσώρευσης λιπώδους ιστού, που μπορεί να οδηγήσει σε μεταβολικές διαταραχές, όπως διαβήτη τύπου 2 και καρδιαγγειακές παθήσεις συνιστάται η πορεία χωρίς επιπρόσθετο φορτίο ή/και κολύμβηση.

### Βιβλιογραφία

1. Burley, S.D., Drain, J.R., Sampson, J.A., & Groeller, H. (2018). Positive, limited and negative responders: The variability in physical fitness adaptation to basic military training. *J Sci Med Sport*, 21(11), 1168-1172.
2. Crowder, T.A., Ferrara, A.L., & Levinbook, M.D. (2013). Creation of a criterion referenced military optimal performance challenge. *Mil Med*, 178 (10), 1085-1101.
3. Deakin, J.M., Pelot R., Smith, J.T., Weber, C.L., Fortier, L.D., & Rice, B.L. (2000). *Development and Validation of Canadian Forces Minimum Physical Fitness Standard (MPFS 2000)*. Ergonomics Research Group, Queen's University, Kingston, Ontario.
4. Dempsey, P.C., Handcock, P.J., & Rehrer, N.J. (2014). Body armour: the effect of load, exercise and distraction on landing forces. *J Sports Sci*, 32(4), 301-306.
5. Department of the Army (DoA). (2020, October 8). *Holistic Health and Fitness*. Change No. 1. Headquarters, Washington, DC.
6. Dregval, L., & Vaicaitiene, R. (2006). Anthropometrical data and physical fitness of Lithuanian soldiers according to the sociodemographic

- characteristics. *Medicina (Kaunas)*, 42(1), 57-63.
7. Dyrstad, S.M., Miller, B.W., & Hallén, J. (2007). Physical fitness, training volume, and self-determined motivation in soldiers during a peacekeeping mission. *Mil Med*, 172(2), 121-127.
  8. Payne, W., & Harvey, J. (2010). A framework for the design and development of physical employment tests and standards. *Ergonomics*, 53(7), 858-871.
  9. Χαβενετίδης, Κ. *Εγχειρίδιο για τις δοκιμασίες σωματικής ικανότητας του προσωπικού των ενόπλων δυνάμεων και των σωμάτων ασφαλείας: συνάφεια με την επιχειρησιακή σωματική απόδοση και ετοιμότητα*. Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα Κάλλιπος, Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2023, σελίδες 296.

# Η σύσταση του ανθρώπινου σώματος-μέθοδοι αξιολόγησης και εφαρμογές στα Σώματα Ασφαλείας

Υπλγός Κωνσταντίνος Νικοδήμος

Επιμέλεια: Μοναστηριώτης Νικόλαος, PhD, Ειδικός Επιστήμονας ΣΣΕ, Τομέας Φυσικής και Πολιτισμικής Αγωγής

*Το παρόν άρθρο αναφέρεται στις μεθόδους αξιολόγησης της σωματικής σύστασης των ιστών αλλά ειδικότερα όπως χρησιμοποιούνται στα Σώματα ασφαλείας (Αστυνομία, Πυροσβεστική).*

## ΑΣΤΥΝΟΜΙΑ

### Ανάλυση αποστολής

Όπως αναφέρεται και στο πρώτο άρθρο του υπουργείου προστασίας του πολίτη η Ελληνική Αστυνομία είναι Σώμα Ασφαλείας (ΣΑ), με τοπική αρμοδιότητα σε όλη την επικράτεια και έχει ως αποστολή:

1) την εξασφάλιση της δημόσιας ειρήνης και ευταξίας και της απρόσκοπτης κοινωνικής διαβίωσης που περιλαμβάνει την άσκηση της αστυνομίας γενικής αστυνόμευσης και τροχαίας.

2) την πρόληψη και καταστολή του εγκλήματος και την προστασία του κράτους και του δημοκρατικού πολιτεύματος στο πλαίσιο της συνταγματικής τάξης, που περιλαμβάνει την άσκηση της αστυνομίας δημόσιας και κρατικής ασφάλειας.

3) την αποτροπή παράνομης εισόδου αλλοδαπών στην Ελλάδα και την προστασία της χώρας από την παράνομη μετανάστευση, που περιλαμβάνει την άσκηση της αστυνομίας αλλοδαπών και μετανάστευσης. Η Ελληνική Αστυνομία πρέπει να είναι παρούσα σε κάθε κατάσταση έκτακτης ανάγκης που προκύπτει όπως σε ατυχήματα ή καταστροφές σε περίοδο πολέμου και ειρήνης και σαφώς δρα για να προστατεύσει

και να εξασφαλίσει την εθνική άμυνα. Επίσης πρέπει να επιβλέπει την τήρηση της τάξης στους δημόσιους χώρους και τον έλεγχο της λειτουργίας δημόσιων κέντρων και να ελέγχει την τήρηση της τουριστικής νομοθεσίας. Επιβλέπει την κυκλοφορία των πεζών και οχημάτων και την τήρηση του κώδικα οδικής κυκλοφορίας.

## ΠΥΡΟΣΒΕΣΤΙΚΗ

### Ανάλυση αποστολής

Το Πυροσβεστικό Σώμα ως ΣΑ, στο πλαίσιο της αποστολής του, συμμετέχει στην αντιμετώπιση κάθε έκτακτης ανάγκης που ανακύπτει σε περίοδο ειρήνης ή πολέμου και σε συνεργασία με τις συναρμόδιες αρχές και υπηρεσίες συμβάλλει στην εξασφάλιση της πολιτικής προστασίας και της πολιτικής άμυνας της Χώρας. Έχει ως αποστολή:

1) την ασφάλεια και προστασία της ζωής και περιουσίας των πολιτών και του Κράτους, του φυσικού περιβάλλοντος και ιδίως, του δασικού πλούτου της Χώρας από κινδύνους φυσικών και τεχνολογικών καταστροφών και λοιπών απειλών.

2) την ευθύνη και τον επιχειρησιακό σχεδιασμό της αντιμετώπισης των πυρκαγιών και των πλημμυρών, καθώς και την παροχή συνδρομής για τη διάσωση των ατόμων και των υλικών αγαθών που απειλούνται από αυτές. Ως «επιχειρησιακός σχεδιασμός» νοείται η οργάνωση, η διαχείριση και ο

συντονισμό όλων των εμπλεκόμενων δυνάμεων και μέσων υρόσβεσης και διάσωσης, συμπεριλαμβανομένου και του εξοπλισμού αυτών. Ο «επιχειρησιακός σχεδιασμός» περιλαμβάνει ενέργειες που εξασφαλίζουν τον έγκαιρο εντοπισμό, την αναγγελία και την επέμβαση, ώστε να επιτυγχάνεται η άμεση και αποτελεσματική αντιμετώπιση όχι μόνο των πυρκαγιών και των κινδύνων που απορρέουν από αυτές, αλλά και κάθε κινδύνου από φυσικές και τεχνολογικές καταστροφές.

3) την ευθύνη για τη διεξαγωγή των πυροσβεστικών - διασωστικών επιχειρήσεων της Πολιτικής Προστασίας της Χώρας.

### Αξιολόγηση σωματικής σύστασης

Η αξιολόγηση στοχεύει στην ανίχνευση των υποψηφίων οι οποίοι/-ες πληρούν το κριτήριο της υγείας-ευρωστίας και διαθέτουν το βασικό επίπεδο φυσικής κατάστασης για να εισαχθούν στους κόλπους των Σωμάτων Ασφαλείας. Απαραίτητη προϋπόθεση για να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις των ΣΑ, είναι η αξιολόγηση της σωματικής τους σύστασης και ειδικότερα του σωματικού τους λίπους, με εύρος 12-18% και 16-25% για τους άνδρες και τις γυναίκες αντίστοιχα (Adams, 1998). Λαμβάνοντας υπόψη ότι όλες οι ιατρικές εξετάσεις των υποψηφίων πραγματοποιούνται εντός των νοσοκομείων, όπου υπάρχει πρόσβαση σε υψηλής ακρίβειας απεικονιστικά μηχανήματα, (απορροφησιμετρία ακτίνων Χ διπλής ενέργειας (DEXA) (Dual-Energy X-Ray Absorptiometry), ή οι μέθοδοι τρισδιάστατης απεικόνισης (MRI και CT), καθώς θεωρούνται οι πιο αξιόπιστες μέθοδοι μέτρησης του σωματικού λίπους. Παρόλα αυτά στην πράξη χρησιμοποιούνται άλλες πιο απλές μέθοδοι όπως ο Δείκτης Μάζας Σώματος (ΔΜΣ).

Ο ΔΜΣ υπολογίζεται με την διαίρεση του βάρους ενός ανθρώπου με το τετράγωνο του ύψους του (σωματικό βάρος/ύψος<sup>2</sup>). Στην εξίσωση χρησιμοποιείται το σωματικό βάρος σε κιλά και το ύψος σε μέτρα. Ο δείκτης αυτός χρησιμοποιείται για να αξιολογήσουμε αν το σωματικό μας βάρος βρίσκεται εντός των φυσιολογικών πλαισίων, ή αν είμαστε

υπέρβαροι ή παχύσαρκοι ή ακόμη και ελλιποβαρείς. Επιπροσθέτως, ο δείκτης αυτός μας βοηθάει στην αξιολόγηση του βαθμού κινδύνου εμφάνισης ασθενειών, όπως καρδιαγγειακά νοσήματα, υψηλή αρτηριακή πίεση, σακχαρώδης διαβήτης τύπου 2, χολολιθίαση, αναπνευστικά προβλήματα και ορισμένες μορφές καρκίνου. Συνοπτικά, όσο υψηλότερος είναι ο ΔΜΣ, τόσο υψηλότερος είναι και ο κίνδυνος εμφάνισης κάποιου προβλήματος. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας η αξιολόγηση του σωματικού βάρους βάσει του BMI φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1). Οι τιμές που παρατίθενται είναι για τους ενήλικες. Για τα ανήλικα άτομα τα όρια διαφοροποιούνται ανάλογα με το φύλο, σε σημείο που δεν μπορούμε να αρκεστούμε σε απλούς μέσους όρους.

Αξιολόγηση	BMI (kg/ m2)
Ελλιποβαρής	<18,5
Φυσιολογικό βάρος	18,5 -24,99
Υπέρβαρος	≥25
Προ-παχυσαρκία	25,0-29,99
Παχυσαρκία	≥30
Παχυσαρκία τύπου I	30,0–34,99
Παχυσαρκία τύπου II	35,0–39,99
Παχυσαρκία τύπου III	>40,0

Πίνακας 1. Αξιολόγηση του σωματικού βάρους βάσει του BMI

Κατ' επέκταση γίνεται αντιληπτό, ότι τα όρια των τιμών γίνονται πιο ελαστικά όσο μεγαλώνουμε ηλικιακά, σχεδόν ανά δεκαετία, (Πίνακας 2). Επιπλέον, να επισημάνουμε ότι για τους άνδρες τα όρια είναι λίγο πιο ελαστικά, λόγω της υψηλότερης μυϊκής μάζας που διαθέτουν εκ φύσεως σε σύγκριση με τις γυναίκες (κυρίως αυτό ισχύει για τους αθλούμενους ή αθλητές). Πρέπον είναι επομένως να διατηρείται ένα σωματικό βάρος που να είναι μέσα στο φυσιολογικό εύρος τιμών για τον δείκτη μάζας σώματος (18.5-24,99 kg/m<sup>2</sup>), προκειμένου να θεωρείται κάποιος υγιής.

Ηλικία (έτη)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )
19-24	19-24
25-34	20-25
35-44	21-26
45-54	22-27
55-64	23-28
>65	24-29

Πίνακας 2 (Krause's 11th edition)

Πίνακας 2. Τιμές BMI ανά ηλικία.

Φυσικά, πρέπει να τονιστεί πως για να είναι υγιές το βάρος κάποιου πρέπει να έχει και ένα χαμηλό ποσοστό λίπους. Δυστυχώς με τον ΔΜΣ δεν μπορούμε να αξιολογήσουμε τη σύσταση σώματος (μυϊκή μάζα, λιπώδη μάζα). Η απώλεια μυϊκής μάζας μπορεί εσφαλμένα να κατατάξει κάποιον σε φυσιολογικές τιμές ΔΜΣ ενώ αντίστροφα η αύξηση της μυϊκής μάζας μπορεί τον χαρακτηρίσει πάλι εσφαλμένα ως υπέρβαρο. Επομένως, για την αξιολόγηση σε αυτές τις περιπτώσεις απαιτείται συνδυασμός με τη μέθοδο της λιπομέτρησης (που αξιολογεί το ποσοστό του λίπους και της μυϊκής μάζας).

### Αξιολόγηση Περιφερειών Σκοπός και διαδικασία

Οι περιφέρειες αφορούν μετρήσεις περιμέτρων των διαφόρων ανατομικών σημείων στο σώμα με μια μετροταινία. Για τη διαδικασία αυτή ακολουθούνται τα εξής βήματα:

- Ο εξεταστής βρίσκει και σημειώνει το ανατομικό σημείο προς μέτρηση,
- Τοποθετεί τη μετροταινία περιφερειακά και μετράει το μήκος της περιμέτρου,
- Κατά τη μέτρηση η ταινία πρέπει να εφάπτεται στο δέρμα αλλά όχι να το σφίγγει. Τα πιο συνήθη ανατομικά σημεία για τη μέτρηση περιφερειών είναι η μέση και τα ισχία. Η περιφέρεια μέσης αποτελεί χρήσιμη ένδειξη για την αξιολόγηση του κινδύνου εκδήλωσης καρδιαγγειακών νοσημάτων και διαβήτη. Σε συνδυασμό της μέτρησης της περιφέρειας των ισχίων υπολογίζεται ο λόγος μέσης προς ισχία, ο οποίος μπορεί να δώσει επιπλέον πληροφορίες για την κατανομή του λίπους στο σώμα. Επιπρόσθετα, συχνά

χρησιμοποιούνται οι περιφέρειες του βραχίονα και του μηρού, προκειμένου να αξιολογηθεί η μυϊκή μάζα.

Σημεία που χρήζουν προσοχής είναι:

- Η αλλαγή εξεταστή μπορεί να έχει σημαντικές επιπτώσεις στην μέτρηση. Η σωστή εκπαίδευση και η εμπειρία του εξεταστή μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά την ακρίβεια της μέτρησης.
- Τα ρούχα πρέπει να αφαιρούνται από την εξεταζόμενη περιοχή.
- Η πρόβλεψη της σωματοδομής από τις περιφέρειες είναι επισφαλής και πρέπει να αποφεύγεται.

### Ερμηνεία

Με βάση τον παρακάτω πίνακα αξιολογούνται οι περιφέρειες και λαμβάνονται αποφάσεις για τη διαχείριση των ατόμων.

Δείκτης	Μέση και Ισχία [15]	
	Όρια	Επίπεδο κινδύνου για επιπλοκές υγείας
Περιφέρεια μέσης	Άντρες >94cm Γυναίκες >80cm	Αυξημένος
Περιφέρεια μέσης	Άντρες >102cm Γυναίκες >88cm	Πολύ αυξημένος
Λόγος μέσης/ισχίων	Άντρες ≥0.90 cm Γυναίκες ≥0.85 cm	Πολύ αυξημένος

Ηλικία	Περιφέρεια Βραχίονα [17]					
	Άντρες			Γυναίκες		
20-29	25%	50%	75%	25%	50%	75%
30-39	31.5	34	36.8	28	30.8	34.6
40-59	32.3	34.5	37.1	28.3	31.2	34.9
>60	30.6	33.3	36	28	30.8	34.5

Πίνακας 3. Τιμές περιφερειών ανά φύλο.

### Δερματοπτυχές

Η μέτρηση των δερματοπτυχών είναι η πιο διαδεδομένη πλέον μέθοδος αξιολόγησης της σωματοδομής. Η μέτρηση έγκειται στην αξιολόγηση του πάχους του υποδόριου λίπους σε συγκεκριμένα ανατομικά σημεία του σώματος και στη χρήση εξισώσεων για τον υπολογισμό της λιπώδους και της άλιπης σωματικής μάζας.

Η διαδικασία γίνεται ως εξής:

- Ο εξεταζόμενος στέκεται όρθιος, χαλαρός, με το βάρος μοιρασμένο και στα δύο πόδια.

- Οι μετρήσεις καλό είναι να λαμβάνονται πάντα από τη δεξιά πλευρά.
- Ο εξεταστής βρίσκει και σημειώνει τα ανατομικά σημεία όπου θα γίνουν οι μετρήσεις.
- Πιάνει τη δερματοπτυχή, χωρίς όμως τον υποκείμενο μυ, 1-2 εκατοστά πάνω από το σημείο μέτρησης. Η δερματοπτυχή πρέπει να είναι παράλληλη με την φορά των ινών του υποκείμενου μυός.
- Τραβάει με τα δάχτυλα την δερματοπτυχή και εφαρμόζει το δερματοπτυχόμετρο στο σημειωμένο σημείο. Η εφαρμογή πρέπει να γίνεται κάθετα προς τη δερματοπτυχή.
- Μετά από 1-2 δευτερόλεπτα διαβάζει την τιμή στο δερματοπτυχόμετρο.
- Αφού μετρήσει όλες τις δερματοπτυχές επαναλαμβάνει τη διαδικασία στα ίδια ακριβώς σημεία. Αν οι τιμές διαφέρουν πάνω από 1cm τότε η συγκεκριμένη δερματοπτυχή επαναξιολογείται.
- Ο μέσος όρος δύο παραπλήσιων μετρήσεων δίνει την τιμή της δερματοπτυχής.

#### Ανατομικά σημεία προς μέτρηση

Οι δερματοπτυχές στις οποίες είναι συνηθέστερο να πραγματοποιούνται μετρήσεις είναι 9, και παρατίθενται ακολούθως μαζί με την διαδικασία που απαιτούν. Η επιλογή του αριθμού αλλά και του συνδυασμού δερματοπτυχών που θα αξιολογηθούν, έγκειται στον εξεταστή και στην εξίσωση υπολογισμού του ποσοστού σωματικού λίπους που θα χρησιμοποιηθεί. Οι δερματοπτυχές που χρησιμοποιούνται είναι η θωρακική (chest), μεσομασχαλιαία (midaxillary), τρικεφαλική (triceps), δικεφαλική (biceps), υποπλάτιαια (subscapular), κοιλιακή (abdominal), λαγόνια (suprailiac), μηριαία (thigh), γαστροκνήμιαία (gastrocnemius). Οι δερματοπτυχές αξιολογούνται βάσει δύο μεθόδων: ως το σύνολο σε εκατοστά, ή με τη χρήση εξισώσεων ώστε να υπολογιστεί η λιπώδης

και άλιπη μάζα. Σημεία που χρήζουν προσοχής είναι τα εξής:

- Η αλλαγή εξεταστή μπορεί να έχει σημαντικές επιπτώσεις στη μέτρηση. Η σωστή εκπαίδευση και η εμπειρία του εξεταστή μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά την ακρίβεια της μέτρησης.
- Τα ρούχα πρέπει να αφαιρούνται από την εξεταζόμενη περιοχή.
- Σε παχύσαρκα άτομα η ακρίβεια της μέτρησης είναι χαμηλή, οπότε καλό είναι να επιλέγεται άλλη μέθοδος αξιολόγησης της σωματοδομής.
- Η πυκνότητα σώματος χρησιμοποιείται στον υπολογισμό της σωματικής σύστασης [π.χ., % Σωματικού Λίπους =  $(495 / \text{πυκνότητα}) - 450$ ].

#### Μέθοδος πυκνομετρίας (DEXA)

##### Σκοπός και αρχές

Η μέθοδος DEXA αναπτύχθηκε αρχικά για τη μέτρηση των οστικών αλάτων με σκοπό την έγκαιρη διάγνωση και παρακολούθηση της οστεοπόρωσης. Τώρα η DEXA εφαρμόζεται επιπλέον και για τον προσδιορισμό της σύστασης των μαλακών ιστών του σώματος. Το μοντέλο που χρησιμοποιείται για την εφαρμογή αυτής της μεθόδου χωρίζει αρχικά το σώμα, σε οστικά άλατα (μεταλλικά άλατα οστών ή οστική μάζα) και σε μαλακούς ιστούς (μοντέλο 2-τμημάτων), οι οποίοι με τη σειρά τους διαχωρίζονται σε λίπος και άνευ λίπους μαλακούς ιστούς.

Μέσω εξισώσεων που προκύπτουν, υπολογίζονται τα οστικά άλατα και 66 μαλακοί ιστοί. Στη συνέχεια, οι τελευταίοι μπορούν περαιτέρω να διαχωριστούν σε λίπος και σε άνευ λίπους και οστών μάζα. Η βαθμονόμηση του συστήματος γίνεται με τη βοήθεια ενός πρότυπου ανθρωπίνου ομοιώματος με γνωστή σύσταση.

##### Γενική παραδοχή

Η μέθοδος DEXA είναι μια πρότυπη μέθοδος μόνο ως προς την εκτίμηση των οστικών αλάτων του σώματος και όχι ως προς την εκτίμηση του %λίπους. Η εφαρμογή όμως της DEXA σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους



θεωρούνται οι κατεξοχήν αξιόπιστες μέθοδοι εκτίμησης του λίπους του σώματος.

### **Βιοηλεκτρική εμπέδηση (BIA)**

#### **Σκοπός και αξία**

Η συγκεκριμένη μέτρηση έχει σπουδαία αξία, καθώς είναι αυτή που παρέχει πληροφορία σχετικά με την κατανομή του βάρους ενός ανθρώπου. Σε αντίθεση μάλιστα με μια κοινή ζυγαριά, που υποδεικνύει απλώς το συνολικό βάρος ενός ανθρώπου, ή ένα δερματοπυχόμετρο, που βοηθά στον υπολογισμό του λίπους, ένας επαγγελματίας αναλυτής σύστασης σώματος μπορεί να παρέχει μία σειρά από πληροφορίες σχετικά με την κατανομή του βάρους σε άλιπη μάζα και λιπώδη ιστό. Έτσι, μπορούμε να ξέρουμε αν λ.χ. το τωρινό βάρος ενός ανθρώπου είναι αποτέλεσμα απώλειας ή αύξησης σε λίπος, μυϊκή μάζα ή υγρά.

Η μέθοδος της Βιοηλεκτρικής Εμπέδησης είναι μία αξιόπιστη και γρήγορη μέθοδος η οποία λειτουργεί εξίσου καλά σε φυσιολογικές και παθολογικές καταστάσεις. Σε σύγκριση με άλλες μεθόδους, η BIA προτιμάται καθώς δεν εκθέτει τον εξεταζόμενο σε ραδιενέργεια και έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατ' επανάληψη για την εκτίμηση της προόδου του εξεταζόμενου με την πάροδο του χρόνου. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην διαφορετική αγωγιμότητα των ιστών του ανθρώπινου οργανισμού, τους οποίους διαπερνά ελαφριάς τάσης ηλεκτρική ενέργεια.

Με την αύξηση της ηλικίας μειώνεται η άλιπη μάζα, ενώ ο λιπώδης ιστός αυξάνει και αναδιανέμεται. Αυτό σημαίνει ότι συγκεντρώνεται περισσότερο λίπος γύρω από τα ζωτικά όργανα καθώς το ανθρώπινο σώμα γερνά. Πολλές παθολογικές καταστάσεις όπως η παχυσαρκία, ο διαβήτης τύπου 2, οι καρδιαγγειακές παθήσεις κ.ά. συνδέονται με αυτήν ακριβώς την κατανομή του λίπους, η οποία αυξάνει τις πιθανότητες για έμφραγμα και θάνατο. Από την άλλη μεριά, η σαρκοπενία είναι εκείνη η παθολογική κατάσταση κατά την οποία η μειωμένη μυϊκή μάζα, λόγω κακής διατροφής, χρόνιας φλεγμονής και μειωμένης δραστηριότητας

οδηγεί σε αδυναμία, αναπηρία και τελικά στον θάνατο. Για τους παραπάνω λόγους η ανάλυση της σύστασης του σώματος μέσω της BIA μπορεί να αποδειχθεί ένα εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο για την εκτίμηση της διατροφικής κατάστασης του ανθρώπου αλλά και του κινδύνου που μπορεί να διατρέχει η υγεία του.

#### **Διαδικασία**

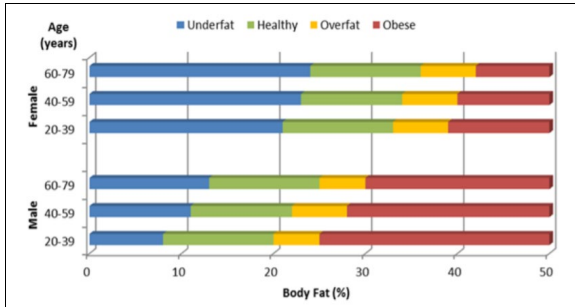
Η μέτρηση της βιοηλεκτρικής εμπέδησης γίνεται πρακτικά με τη χρήση κατάλληλων μηχανημάτων τα οποία μπορούν και μετρούν τη βιοηλεκτρική αντίσταση σε ολόκληρο το σώμα ή τμηματικά. Στο εμπόριο υπάρχουν συσκευές με μία (50kHz) ή περισσότερες συχνότητες ρεύματος, γεγονός που διαφοροποιεί την ποιότητα αλλά και τη λεπτομερή ανάλυση των αποτελεσμάτων της μέτρησης. Συνήθως διαθέτουν μεταλλικές επιφάνειες για απευθείας επαφή ή ηλεκτρόδια που ακουμπούν το σώμα με ειδικά αυτοκόλλητα στα χέρια ή/και τα πόδια. Για λόγους ασφαλείας, την μέτρηση αυτή δεν μπορούν να κάνουν όσοι φέρουν βηματοδότη στην καρδιά καθώς και εγκυμονούσες. Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν την διαδικασία όπως το φύλο, τη φυλή, την ηλικία, την κατάσταση ενυδάτωσης (οίδημα, ασκίτης, κατακράτηση υγρών, αφυδάτωση), τη παχυσαρκία, τη δυσθρεψία και την ύπαρξη νευρολογικών διαταραχών.

Για τον περιορισμό της επίδρασης των παραπάνω παραγόντων συνιστάται η αποφυγή κατανάλωσης καφέ, τσάι, αλκοόλ, ή αναψυκτικό κατά τις τελευταίες 12 ώρες πριν από την μέτρηση, το τελευταίο γεύμα να έχει καταναλωθεί 3 ώρες τουλάχιστον πριν, 2 ώρες πριν την μέτρηση να αποφευχθεί η κατανάλωση κάποιου υγρού ή στερεού τροφίμου, η αποφυγή έντονης άσκησης την ίδια ή την προηγούμενη μέρα, η αποφυγή μέτρησης κατά τις πρώτες δύο μέρες της έμμηνου ρήσεως, η αποφυγή εξέτασης σε περίπτωση ασθένειας και γενικά η τήρηση σταθερού προγράμματος στις μετρήσεις.

#### **Ερμηνεία**

Το κύριο αξιοποιήσιμο αποτέλεσμα της BIA είναι η αξιολόγηση της λιπώδους μάζας. Στο

παρακάτω γράφημα (Σχήμα 1), ανάλογα με το φύλο και την ηλικία, ο κάθε αθλητής μπορεί να δει σε ποια κατηγορία εντάσσεται. Σημαντικότερη όμως είναι η παρακολούθηση των αλλαγών του σωματικού λίπους ως αποτέλεσμα της προπόνησης ή/και της διατροφής των αθλητών.



Σχήμα 1. Κατηγοριοποίηση αποτελεσμάτων ανάλογα με το φύλο και την ηλικία.

### Υδροστατική ζύγιση Σκοπός και αξία

Η υδροστατική ζύγιση, ή η υποβρύχια ζύγιση, συγκρίνει το βάρος ενός ατόμου που βρίσκεται κάτω από το νερό με το βάρος που έχει όταν βρίσκεται πάνω στη γη.

### Διαδικασία

Με βάση την αρχή του Αρχιμήδη, η προϋπόθεση είναι ότι η άλιπη μάζα είναι πυκνότερη και θα ζυγίζει περισσότερο από το λίπος όταν βυθίζεται στο νερό. Αυτή η μέθοδος γίνεται συνήθως σε ένα εργαστήριο φυσιολογίας της άσκησης που διαθέτει τον εξοπλισμό αξιολόγησης, συμπεριλαμβανομένης μίας δεξαμενής γεμάτης με νερό. Η διαδικασία απαιτεί από τον ασκούμενο να φορέσει ένα λεπτό μαγιό, να βυθιστεί στη δεξαμενή νερού (συνήθως η θερμοκρασία του νερού είναι ζεστή 35 °C), ενώ κάθετα σε μία αιωρούμενη καρτέλα που μετράει το βάρος. Στη συνέχεια ο ασκούμενος θα εκδιώξει όλο τον αέρα από τους πνεύμονές του και θα καταγραφεί ένα βάρος το οποίο υπολογίζεται με βάση τις τιμές της γης. Αυτή η διαδικασία δεν είναι η πιο άνετη εμπειρία, ακόμη και για τους αθλητές. Αν και το ποσοστό σφάλματος είναι πολύ χαμηλό, δεν είναι εφικτό για τους περισσότερους ασκούμενους και

επαγγελματίες άσκησης να χρησιμοποιήσουν αυτή την μέθοδο. Μπορεί επίσης να είναι μια πολύ άβολη κατάσταση για τους υπέρβαρους ασκούμενους.

### Μαγνητική τομογραφία (MRI) Σκοπός και αξία

Η μαγνητική τομογραφία είναι ένας άλλος τρόπος για να πάρουμε καθαρές, ευκρινείς εικόνες της καρδιάς και των αγγείων του αίματος που την περιβάλλουν και για να μετρήσουμε τη λειτουργία της καρδιάς. Το MRI χρησιμοποιεί ανώδυνα μαγνητικά κύματα για να αξιολογήσει και να αναλύσει την καρδιά και τα αγγεία αίματος που συνδέονται με την καρδιά και τους πνεύμονες. Ένας ορός θα χρειαστεί σε πολλές περιπτώσεις να τοποθετηθεί στο χέρι, για να δοθούν ουσίες που δείχνουν τη ροή του αίματος στην καρδιά ή για να δοθούν φάρμακα για καταπράυνση.

Το MRI είναι μια απεικονιστική μέθοδος που παράγει εικόνες του σώματος χρησιμοποιώντας έναν μαγνήτη και ραδιοκύματα. Με τη χρήση ειδικών κεραίων, το μηχάνημα δέχεται ραδιοκύματα από το σώμα και επεξεργάζεται τα σήματα στον υπολογιστή του για να δημιουργήσει πολύ καθαρές εικόνες της ανατομίας.

Το MRI γίνεται για να αξιολογήσει τη δομή και τη λειτουργία της καρδιάς και των αγγείων αίματος. Το MRI μπορεί να προσφέρει πληροφορίες που δεν μπορούν να αποκτηθούν με άλλες εξετάσεις όπως η ακτινογραφία θώρακος, το ΗΚΓ, το ηχοκαρδιογράφημα (triplex καρδιας) ή άλλες εξετάσεις.

### Διαδικασία

Η εξέταση συνήθως παίρνει 45-90 λεπτά της ώρας για να εκτελεστεί και ο εξεταζόμενος θα πρέπει να είναι τελείως ακίνητος για την εξέταση. Στη διάρκεια της εξέτασης το άτομο τοποθετείται επάνω σε ένα τραπέζι εντός του μαγνήτη. Το μεγαλύτερο μέρος του σώματός του βρίσκεται εντός μια μικρής σήραγγας στο κέντρο του μαγνήτη. Αυτό μπορεί να είναι ενοχλητικό, αλλά πολλά κέντρα διαθέτουν ειδικό εξοπλισμό (π.χ., ακουστικά και μάσκες με video) που μπορεί να βοηθήσει για να

παραμένει κάποιος ήρεμος στη διάρκεια της εξέτασης. Μερικές φορές το MRI (που για την περίπτωση της καρδιάς ονομάζεται και CMR) γίνεται αντί για τον καρδιακό καθετηριασμό και το αγγειογράφημα, ή για να συμπληρώσει αυτήν την εξέταση.

### Υπερηχοτομογραφία

#### Σκοπός και αξία

Το υπερηχογράφημα είναι μια ανώδυνη, ακίνδυνη και σχετικά χαμηλού κόστους εξέταση, η οποία προσφέρει απεικόνιση διαφόρων οργάνων του σώματος. Το υπερηχογράφημα διαφέρει από τις άλλες απεικονιστικές μεθόδους, όπως η αξονική τομογραφία (CT), η μαγνητική τομογραφία (MRI) και το σπινθηρογράφημα, επειδή το υπερηχογράφημα είναι αβλαβές για τα όργανα, δεδομένου ότι οι υπέρηχοι είναι ηχητικά κύματα υψηλής συχνότητας. Η υπερηχοτομογραφία σε συνδυασμό με το έγχρωμο Doppler δίνει αξιόπιστες πληροφορίες για την αιμάτωση της εξεταζόμενης περιοχής. Από τις μεθόδους που παρουσιάστηκαν στα ΣΑ χρησιμοποιούνται κυρίως ο ΔΜΣ και οι Δερματοπτυχές.

#### Στρατιωτικές εφαρμογές

Στην εργασιακή αξιολόγηση προσδιορίζονται περισσότερες και πιο εξειδικευμένες ικανότητες και δεξιότητες, με περιορισμό των στόχων της ευρωστίας και της υγείας. Η αξιολόγηση του σωματικού λίπους των σπουδαστών εξακολουθεί να υφίσταται με τα ίδια όρια που ισχύουν κατά τη μεταβατική αξιολόγηση, αλλά πλέον αποτελεί συμπληρωματική μέτρηση και όχι απαραίτητη προϋπόθεση για την αξιολόγηση. Λόγω περιορισμένης δυνατότητας για χρήση διαγνωστικού εξοπλισμού στις κλειστές δομές εκπαίδευσης, προτείνεται η χρήση της βιοηλεκτρικής εμπέδησης, καθώς αποτελεί μια έγκυρη, αξιόπιστη, εύχρηστη και ανέξοδη μέθοδο (Shen et al., 2005; Kyle et al., 2004), η οποία θεραπεύει περιορισμούς στην ανίχνευση υπέρβαρων στα ΣΑ (Schuna et al., 2013), αρκεί να ακολουθείται συγκεκριμένη μεθοδολογία (Heyward & Wagner, 2004).

Τα όρια επίτευξης είναι κοινά για τα δύο φύλα, εκτελούνται με την αντίστοιχη σειρά εμφάνισής αντιπροσωπεύουν την ηλικιακή ομάδα  $\leq 25$  ετών. Ωστόσο, λόγω μείωσης της αποδοτικότητας του ανθρώπινου σώματος με την πάροδο της ηλικίας, θα πρέπει να προσαρμοστούν (να γίνουν πιο προσιτά) για τις επόμενες ηλικιακές ομάδες (26-30, 31-35, 36-40, 41-45 ετών). Οι προσαρμογές μπορούν να είναι της τάξης του από -3 έως -6% για τις ηλικίες 26-35 ετών και από -8 έως -12% για τις ηλικίες  $\geq 35$  ετών αντίστοιχα.

### Βιβλιογραφία

1. Adams, G.M. (1998). *Exercise Physiology Laboratory Manual* (3rd edition). California State University, McGraw-Hill.
2. Χαβενετίδης, Κ. *Εγχειρίδιο για τις δοκιμασίες σωματικής ικανότητας του προσωπικού των ενόπλων δυνάμεων και των σωμάτων ασφαλείας: συνάφεια με την επιχειρησιακή σωματική απόδοση και ετοιμότητα*. Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα Κάλλιπος, Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2023, σελίδες 296.
3. Heyward, V.H., & Wagner, D.R. (2004). *Applied Body Composition Assessment*. Human Kinetics.
4. Issurin, V. (2008). Block periodization versus traditional training theory: a review. *J Sports Med Phys Fitness*, 48(1), 65-75.
5. Jaworski, A.J., Niederberger, B., Congalton, R., & Kelly, K.R. (2015). Changes in Combat Task Performance Under Increasing Loads in Active-Duty Marines. *Mil Med*, 180(3), 179-186.
6. Kyle, U.G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A.D., Deurenberg, P., Elia, M., Manuel, Gómez, J., Lilienthal, Heitmann, B., Kent-Smith, L., Melchior, J.C., Pirlich, M., Scharfetter, H., Schols, A., Pichard, C. (2004). ESPEN. Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization

- in clinical practice. *Clin Nutr*, 23(6), 1430-1453.
7. Schuna, J.M., Jr., Hilgers, S.J., Manikowske, T.L., Tucker, J.M., & Liguori, G. (2013). The evaluation of a circumference-based prediction equation to assess body composition changes in men. *Int J Exerc Sci*, 6(3), 188-198.
  8. Shen, W., St-Onge, M.P., Pietrobelli, A., Wang, J., Wang, Z., Heshka, S., & Heymsfield, S.B. (2005). Four-compartment cellular level body composition model: comparison of two approaches. *Obes Res*, 13(1), 58-65.

# Διατροφική αξία σε επιχειρήσεις σε ακραία περιβάλλοντα

**Υπλγός Χρήστος Μπίστας, Υπλγός Κωνσταντίνος Λιάκος**

**Επιμέλεια: Μαρία Κατσάνη MSc., Ειδική Επιστήμων Φυσικής Αγωγής ΣΣΕ,  
Τομέας Φυσικής και Πολιτισμικής Αγωγής**

Η διατροφή θα έπρεπε να ληφθεί υπόψη ως παράγοντας βελτιστοποίησης στις στρατιωτικές επιχειρήσεις. Με την οργανωμένη και στοχευμένη διατροφική προετοιμασία στο πεδίο είναι δυνατόν να διατηρηθεί και να βελτιωθεί η απόδοση του μαχητή καθώς και να αυξηθούν οι πιθανότητες επίτευξης του αρχικού στόχου. Η Διοίκηση θα πρέπει να βεβαιωθεί ότι όλα τα μέλη της γνωρίζουν την σημασία της διατροφής και πώς να προετοιμάζονται κατάλληλα κατά την εκπαίδευσή τους.

Το παρόν κείμενο προσφέρει συμβουλές για την κατάλληλη διατροφή τόσο στο στάδιο της εκπαίδευσης όσο και στο πεδίο της μάχης. Επικεντρώνεται κυρίως σε στρατιώτες που επιχειρούν σε περιβάλλοντα όπου οι διατροφικές ανάγκες είναι αυξημένες σε σχέση με τα συμβατά πεδία μάχης (Askew, 1995). Παρακάτω παρατίθενται βασικές διατροφικές γνώσεις που θα βοηθήσουν τον αναγνώστη να κατανοήσει καλύτερα τι ισχύει σε αυτό τον τομέα. Ύστερα θα αναλυθούν οι δυσκολίες στη διατροφή για τις επιχειρήσεις που λαμβάνουν χώρα σε ιδιαίτερα περιβάλλοντα από την υπερβολική ζέστη μιας ερήμου έως το ισχυρό αρκτικό ψύχος. Επιπροσθέτως, παρουσιάζονται τα μέτρα που οφείλουν να ακολουθήσουν από την πλευρά τους οι μαχητές για να προστατευθούν και να καταφέρουν να φέρουν εις πέρας την αποστολή τους.

## **Μεταβολισμός – Απορρόφηση Πρωτεϊνών**

Κύριο ζητούμενο του οργανισμού από τις διάφορες πηγές πρωτεΐνης είναι τα αμινοξέα και κατ' επέκταση το δεσμευμένο σ' αυτές άζωτο. Αν και οι ζωικοί οργανισμοί περιβάλλονται από

αυτό, αδυνατούν όμως να το χρησιμοποιήσουν, παρά μόνον αυτό που παγιδεύεται στα φυτά. Έτσι αναζητώντας, λοιπόν, την πρώτη ύλη (αμινοξέα- άζωτο), αρχίζει η διάσπαση των πρωτεϊνών σε απλούστερες ενώσεις από τις εκκρίσεις του στομάχου (πεπτίνη). Κατόπιν, διασπώνται σε αμινοξέα και μέσω της πυλαίας φλέβας εισέρχονται στο συκώτι και από εκεί μέσω του κυκλοφορικού διοχετεύονται πρωτίστως στους ιστούς. Ο κύριος στόχος αυτής της διαδικασίας είναι να επιλεχθούν τα αμινοξέα που χρειάζονται για την ομαλή λειτουργία του οργανισμού και κυρίως για να αναδομηθεί τάχιστα ο μυϊκός ιστός, που ειδικά μετά την άθληση έχει «καταστραφεί», η διαδικασία αυτή ονομάζεται πρωτεϊνοσύνθεση. Όσα αμινοξέα δεν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν διασπώνται με απομάκρυνση της χαρακτηριστικής τους ομάδας που περιέχει άζωτο με μια αντίδραση που λέγεται απαμίνωση. Το υπόλοιπο τμήμα του αμινοξέος μετά την απαμίνωση είναι ένα κετοξύ, που άλλοτε χρησιμοποιείται για παραγωγή γλυκόζης και υδατάνθρακα (γλυκογονικό οξύ) με τελικό προϊόν την παραγωγή ενέργειας ATP (κύκλος αλανίνης) και άλλοτε χρησιμοποιείται για σχηματισμό κετονοσωμάτων (κετογονικό κετοξύ) όπου περίπου 25%-33% της προσλαμβανόμενης πρωτεΐνης καταναλώνεται ως ενέργεια για τις παραπάνω διεργασίες.

## **Απαιτήσεις πρωτεϊνικής πρόσληψης**

Για ένα μέσο άτομο οι διεθνείς οργανισμοί προτείνουν πρόσληψη 0,8-1 gr ανά κιλό βάρους με ποσοστό επί των προσλαμβανόμενων θερμίδων που κυμαίνονται από το 10%-15% στο πλαίσιο μιας ισορροπημένης διατροφής, όπου οι υπόλοιπες θερμίδες καλύπτονται από υδατάνθρακες και λίπη. Αυτές ανέρχονται έως τα

2 γραμμάρια ανά κιλό βάρους. Ο οργανισμός δεν έχει τη δυνατότητα αποθήκευσης, άρα η πρόσληψη τους θα πρέπει να γίνεται σε πολλαπλά γεύματα και δόσεις και όχι σε ένα γεύμα.

Πολλά τρόφιμα, κυρίως ζωικά, παρόλο που είναι καλές πηγές πρωτεϊνών, έχουν υψηλά επίπεδα λίπους/χοληστερόλης, για αυτό και υπάρχει μια τάση για χρήση συμπληρωμάτων πρωτεϊνών αθλητικής διατροφής. Η υπέρβαση όμως των 2 gr μπορεί να οδηγήσει σε δυσασπορόφηση ασβεστίου με όλες τις συνέπειες της έλλειψης του. Όσοι διενεργούν βαριές χειρωνακτικές εργασίες υπάγονται στην κατηγορία αυξημένης πρόσληψης πρωτεϊνών. Εδώ όμως μπαίνει έντονα το εξατομικευμένο πρόγραμμα του ατόμου και καλό είναι να κυμαίνεται από 1-1,5 gr ανά κιλό. Όταν η παροχή πρωτεϊνών είναι χαμηλή και η άσκηση εξαντλητική προτείνονται περιστασιακά κάποια συμπληρώματα πρωτεΐνης αλλά πάντα κάτω από την αυστηρή παρακολούθηση κάποιου διαιτολόγου/ιατρού.

#### **Υδατάνθρακες**

Αποτελούν εύκολη μορφή ενέργειας μέσω του γλυκογόνου που αποθηκεύεται σε συκώτι και μύες (300-600 gr). Η γλυκόζη (μονοσακχαρίτης) είναι κύριο προϊόν που χρησιμοποιεί ο οργανισμός από την υδρόλυση συνήθων υδατανθράκων, δίνει ATP (ενέργεια). Όταν το σάκχαρο είναι χαμηλό προκαλεί το αίσθημα της πείνας. Αν όμως καταναλωθούν άλλοι υδατάνθρακες υπό τη μορφή συμπληρωμάτων διατροφής το αίσθημα της πείνας παρατείνεται για 2 ώρες (Greenwood & Oriá 2008).

#### **Μέταλλα και Ιχνοστοιχεία**

Τα περισσότερα στοιχεία του περιοδικού συστήματος που υφίστανται στον άνθρωπο σε μεγαλύτερες ποσότητες είναι το ασβέστιο, το μαγνήσιο, ο φώσφορος, οι ηλεκτρολύτες. Όταν υπάρχει έντονη παρατεταμένη εφίδρωση πρέπει να ελέγχονται τα επίπεδα των μετάλλων και ιχνοστοιχείων.

#### **Νερό**

Ο μέσος όρος απώλειας νερού τη μέρα υπολογίζεται περίπου σε 0,5-1 lt από το δέρμα ως εξατμιζόμενο (άδηλη διαπνοή), 0,1 lt και

πάνω, λίτρα με τον ιδρώτα, 0,4-0,6 lt κατά την εκπονή και 0,05-0,2 lt μέσω κοπράνων. Ωστόσο στην περίπτωση αθλητών (στρατιώτες σε επιχείρηση) διαφοροποιείται, καθώς η απώλεια μπορεί να υπερβεί τα 2,5 lt ανά ώρα. Η πρόσληψη καλύπτεται κυρίως από υγρά μέσω τροφίμων (περίπου 500 ml). Μέσω του μηχανισμού της δίψας ρυθμίζεται η ισορροπία μεταξύ απώλειας- πρόσληψης. Η αναπλήρωση των υγρών πρέπει να είναι συνεχής της τάξεως 150-300 ml ανά 15'.

#### **Ειδικές Συνθήκες**

Όσο μεγαλύτερη η υγρασία, τόσο μειώνεται η δυνατότητα εξάτμισης ιδρώτα, γεγονός που μεγεθύνει το αίσθημα ζέστης κάνοντας την αθλητική προσπάθεια μεγαλύτερη. Η θερμοκρασία κατά τόπους επηρεάζει καθοριστικά τις επιδόσεις. Όταν είναι υψηλή δημιουργείται συντομότερα κόπωση, κράμπες ή ακόμα και εξάντληση. Αλλά όταν είναι και πολύ χαμηλή εμφανίζεται μεγάλη πιθανότητα τραυματισμών.

#### **Διατροφικές Συμβουλές Για το Πεδίο της Μάχης**

Η σωστή διατροφή από τον καιρό της εκπαίδευσης ακόμη μπορεί να συμβάλλει στο να προετοιμαστεί το σώμα του μαχητή να προσαρμοστεί σε κάθε διατροφική κατάσταση που πιθανώς να συναντήσει στο πεδίο της μάχης. Στόχος πριν την επιχείρηση είναι η διατήρηση ενός σταθερού σωματικού βάρους. Η διατροφή οφείλει να περιέχει υγιεινά φαγητά όπως λαχανικά, φρούτα, ψάρι, κρέας και όσπρια. Φαγητά χαμηλά σε λιπαρά και σε σάκχαρα πρέπει να προτιμώνται περισσότερο. Εκτός του φαγητού, οι μερίδες αυτού δεν πρέπει να προκαλούν ανισότητες στις ενεργειακές ανάγκες (Johnson, & Kark 1947). Το φαγητό παίζει πρωταρχικό ρόλο στην διατήρηση της απόδοσης στο πεδίο που επιχειρούμε. Οι επικεφαλές των τμημάτων οφείλουν να διαθέτουν στο προσωπικό τους τις απαραίτητες ποσότητες φαγητού όπως επίσης και τον απαραίτητο χρόνο για την κατανάλωση αυτού. Η έλλειψη βάρους αποτελεί το σύνηθες αποτέλεσμα των επιχειρήσεων ειδικά αυτών με μεγάλη διάρκεια. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι μαχητές προσλαμβάνουν 20% - 40% λιγότερο απ' όση ενέργεια χρειάζονται. Μια πιθανή εξήγηση αυτού είναι ότι οι στρατιώτες μετά από κάποια

περίοδο δεν καταναλώνουν την συσκευασμένη τροφή λόγω της έλλειψης ποικιλίας. Η ρουτίνα αυτή στην τροφή μεγαλώνει όσο παρατείνεται και η διάρκεια της επιχείρησης.

Για να αποτραπεί αυτή η ρουτίνα οι επικεφαλείς των τμημάτων οφείλουν να παρατηρούν τις διατροφικές συνήθειες- όσο αυτό είναι δυνατόν- των στρατιωτών τους και αν τυχόν αντιμετωπίζουν κάποιο πρόβλημα με το φαγητό. Ορισμένες φορές οι ίδιοι οι μαχητές θα πρέπει να πιέζονται να καταναλώνουν την δοθείσα τροφή ή έστω ένα μέρος αυτής. Ακόμη η συνεργασία με την τροφοδοσία των γευμάτων θα πρέπει να είναι υγιής έτσι ώστε να υπάρχει επικοινωνία για να ρυθμίζεται η ποικιλία των τροφών που σερβίρονται (Harper, 1985).

Ένας ακόμη κίνδυνος που ελλοχεύει κατά την προετοιμασία των τμημάτων για το πεδίο της μάχης είναι οι τροφές που οι ίδιοι οι μαχητές παίρνουν μαζί τους. Σε αυτή την περίπτωση οι διοικητές θα πρέπει να ελέγχουν αν γίνεται κατανάλωση τροφών με πολλά λιπαρά και άλλα βλαβερά στοιχεία και να προτείνεται η αντικατάστασή τους με τροφές πλούσιες σε πρωτεΐνες και υδατάνθρακες, συστατικά τα οποία θα βελτιώσουν την απόδοσή τους αλλά θα τους βοηθήσουν να επιβιώσουν. Επίσης, αλκοολούχα ποτά, αναψυκτικά θα πρέπει να αποφεύγονται ενώ θα πρέπει να συνιστώνται ενεργειακά ποτά και υγρά πλούσια σε ηλεκτρολύτες τα οποία αυξάνουν την απόδοσή τους και ανατροφοδοτούν τον οργανισμό με τις απαραίτητες ουσίες που χάνει κατά την διάρκεια μιας άσκησης - επιχείρησης.

### **Η Διατροφή ως Παράγοντας Επιρροής του Στρατού**

Η διατροφή πριν αλλά και κατά τη διάρκεια μιας επιχείρησης είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την βελτίωση της στρατιωτικής απόδοσης. Ωστόσο μπορεί να δράσει και ανασταλτικά για αυτήν. Η διαθεσιμότητα συσκευασμένης τροφής, προγραμματισμένων γευμάτων καθώς και ασκήσεων διατροφής συμβάλλουν στην αύξηση της απόδοσης. Είναι σημαντικό να διατηρείται η ισορροπία ανάμεσα στην εκπαίδευση-επιχειρήσεις και στις διατροφικές ανάγκες του μαχητού. Η σωστή διατροφή πριν κάποια επιχείρηση βοηθάει στην αύξηση των θετικών

αποτελεσμάτων στη διάρκειά της (Hirsch et al, 2005).

### **Στρατιωτικά “Πακέτα” Φαγητού**

Ο ακρογωνιαίος λίθος της διατροφής στο πεδίο της μάχης είναι τα ημερήσια πακέτα τροφής (Harper, 1985). Ανάλογα με τον τύπο της επιχείρησης και τις απαιτήσεις σε τροφή, υπάρχουν ειδικά σχεδιασμένα πακέτα επιβίωσης τροφής. Μερικά από αυτά είναι: Πακέτο για ανθρωπιστικές επιχειρήσεις, Γενικού περιεχομένου, Επιβίωσης. Παρακάτω θα περιγράψουμε τον τρόπο σχεδίασης και δημιουργίας τέτοιου είδους πακέτων διατροφής (Hoyt et al, 2006).

Εκτός από τα ειδικευμένα μέλη από όλους τους κλάδους των ενόπλων δυνάμεων, το ιατρικό προσωπικό συμβάλλει επίσης στην έρευνα των αναγκών των μαχητών για τροφή στο πεδίο της μάχης. Οι απόψεις των ίδιων των στρατιωτών είναι επίσης υψίστης σημασίας καθώς κατέχουν πρωταρχικό ρόλο ως βιωματικοί χαρακτήρες των επιχειρήσεων. Τα κιτ φαγητού παρασκευάζονται από πραγματικές τροφές ωστόσο ο τρόπος συσκευασίας τους είναι αυτός που τα διαφοροποιεί από τις συνηθισμένες τροφές. Συσκευάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να καταλαμβάνουν όσο το δυνατόν λιγότερο χώρο στο φόρτο των μαχητών καθώς και να μην επιβαρύνουν τον ίδιο με περιττό βάρος. Για το λόγο αυτό τις περισσότερες φορές πρόκειται για μπάρες συμπυκνωμένου φαγητού οι οποίες με την κατάποση νερού τείνουν να παράγουν το αίσθημα κορεσμού του μαχητή δίνοντας του έτσι την εντύπωση ότι το γεύμα ήτο πλήρες. Κάποια από τα είδη συσκευασμένης τροφής και οι λειτουργίες τους:

Το *UGR-Heat & Serve (UGR-H&S)* πρόκειται για ένα είδος σταθερής, έτοιμης για ζέσταμα και σερβίρισμα τροφής συσκευασμένη σε κοντά πλαστικά και μεταλλικά δοχεία. Θεωρείται από τα πιο κατάλληλα είδη συσκευασμένης τροφής ειδικά όταν δεν υπάρχει τρόπος να ζεστάνει ο μαχητής το φαγητό του ή να το ξεπαγώσει. Με λίγα λόγια χρησιμοποιείται όταν το φαγητό στο πεδίο της μάχης δεν μπορεί να μαγειρευτεί με κάποιο τρόπο. Κάθε συσκευασία περιέχει 1450 θερμίδες εκ των οποίων 14% πρωτεΐνες, 32% λίπη, 54% υδατάνθρακες). Εάν οι συνθήκες το επιτρέπουν, μαζί με το συγκεκριμένο πακέτο

τροφής είναι θεμιτό να σερβίρονται φρέσκα φρούτα και ίσως κάποια σαλάτα ώστε να το αναβαθμίζουν.

Μια αναβάθμιση του παραπάνω τύπου συσκευασμένης τροφής αποτελεί το *Arctic Supplement*. Πρόκειται για μια προσθήκη στο ήδη υπάρχον πακέτο ώστε να ανταποκρίνεται ορθά στις ενεργειακές απαιτήσεις όταν η επιχείρηση λαμβάνει χώρα σε κρύα περιβάλλοντα. Το συγκεκριμένο πακέτο προσθέτει 914 θερμίδες στο ήδη υπάρχον μοιρασμένες σε πλήθος σνακ και θερμών τροφών. Περιέχει επίσης δίσκους από αφρολέξ και θερμό προκειμένου να διατηρήσουν την θερμοκρασία του φαγητού για μεγαλύτερη διάρκεια.

### Επιπτώσεις της υποσίτισης

Η συνεχής έλλειψη φαγητού παρουσιάζει επιπτώσεις και λειτουργεί κατασταλτικά στην απόδοση των επιχειρήσεων. Βραχυπρόθεσμα, η έλλειψη σωστής διατροφής οδηγεί στην δυσλειτουργία φυσιολογικών παραγόντων του σώματος κατά την άσκηση. Αυτοί μπορεί να είναι εμφάνιση υψηλής καρδιακής συχνότητας, έλλειψη ισορροπίας, πόνοι και αδυναμίες στους μύες κατά την αποκατάσταση. Η μυϊκή δύναμη επίσης επηρεάζεται από την ανεπαρκή διατροφή και ενδέχεται να εμφανίσει πτώση της μυϊκής μάζας κατά 6% σε σχέση με τη σωματική μάζα. Από την άλλη μεριά η μακροχρόνια μείωση της υγιεινής διατροφής οδηγεί σε αισθητή μείωση της αποδοτικότητας του μαχητή με σημαντική μείωση του σωματικού βάρους και με μείωση της αερόβιας και αναερόβιας απόδοσης (Hoyt et al, 2006).

### Ενεργειακές Ανάγκες Κατά τη Διάρκεια των Επιχειρήσεων

Κατά τη διάρκεια των επιχειρήσεων το προσωπικό λόγω του φάσματος δραστηριοτήτων έχει και διαφορετικές ενεργειακές ανάγκες αντίστοιχα. Σύμφωνα με έρευνες οι ανάγκες αυτές ξεπερνούν τις ανάγκες ενός μέσου πολίτη. Όπως έχουν δείξει τα αποτελέσματα οι ενεργειακές απαιτήσεις ενός στρατιωτικού κυμαίνονται από 2.300 kcal μέχρι 7.100 kcal (Tharion et al. 2005) όταν οι αντίστοιχες τιμές για έναν μέσο άνθρωπο είναι από 1.500 kcal μέχρι 3400 kcal. Για τους άνδρες η μέση τιμή βρίσκεται

4.620 kcal καλύπτοντας το εύρος δραστηριοτήτων και ξεπερνώντας έτσι κατά 38% το όριο ενός μέσου πολίτη. Υπάρχουν επίσης διαφορές και ανάμεσα στα διάφορα στρατιωτικά τμήματα. Για παράδειγμα τα μάχιμα τμήματα που ενεργούν στο πεδίο της μάχης χρειάζονται και καταναλώνουν περισσότερη ενέργεια από τα τμήματα υποστήριξης. Η διαφορά τους αυτή υπολογίζεται στο ύψος του 20%. Επιπροσθέτως, οι ανάγκες σε θερμίδες μεταβάλλονται ανάλογα με το είδος και το μέρος στο οποίο λαμβάνει χώρα η εκπαίδευση. Η διαφορά της ενεργούς δράσης με την ξηρά προπόνηση ανέρχεται στην τάξη του 15%-20%. Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει αυτές τις αλλαγές είναι οι πολλές ώρες εργασίας. Στο πεδίο της μάχης οι μαχητές συχνά υπερβαίνουν τις 16 ώρες δραστηριότητας. Αντιθέτως, στους χώρους εκπαίδευσης οι ώρες είναι συγκεκριμένες και συνήθως κάτω από το όριο των 12 ωρών ημερησίως. Επίσης παράγοντες όπως η έλλειψη χρόνου, η μικρή ποικιλία τροφών, η έλλειψη νερού ή η υπερβολική κούραση ενδέχεται να μειώσουν την όρεξη του μαχητή και να τον οδηγήσουν σε ενεργειακό έλλειμμα σε βάθος χρόνου (Institute of Medicine, 2006).

### Περιβαλλοντικές Συνθήκες και Διατροφικές Ανάγκες

#### Θερμά Περιβάλλοντα

Η επιβίωση σε θερμό περιβάλλον απαιτεί την ανάγκη για προετοιμασία του οργανισμού στις αντίστοιχες καιρικές συνθήκες. Το πιο κρίσιμο σημείο σε τέτοιου είδους επιχειρήσεις είναι η επαρκής παροχή νερού για διατήρηση των υγρών του σώματος. Οι ενεργειακές απώλειες στρατιωτών σε επιχειρήσεις σε θερμά κλίματα είναι παρόμοιες με αυτές σε επιχειρήσεις σε ψυχρά κλίματα όπως έχει αποδειχθεί από έρευνες (Tharion et al. 2005). Μάλιστα έχει αποδειχθεί ότι είναι μικρότερες οι απαιτήσεις σε ένα θερμό περιβάλλον απ' ότι σε ψυχρό. Αυτό βέβαια αποδίδεται στο γεγονός ότι σε θερμές περιοχές το προσωπικό διεξάγει λιγότερες διεργασίες παρά από κάποιο ψυχρό. Ωστόσο σε περιοχές όπου οι θερμοκρασίες είναι υψηλές η σκληρή δουλειά οδηγεί πιο εύκολα σε αφυδάτωση λόγω των μεγάλων ποσοτήτων ιδρώτα που παράγονται από την ζέση. Η συνεχής παρότρυνση για συχνή ενυδάτωση είναι υψίστης σημασίας καθώς εν καιρώ επιχειρήσεων



το προσωπικό βάζει σε δεύτερη μοίρα την αναπλήρωση υγρών λόγω του φόρτου εργασιών που καλείται να διεκπεραιώσει. Όσον αφορά την πρόσληψη τροφής σε θερμά περιβάλλοντα είναι συχνό το φαινόμενο της έλλειψης νατρίου στους μαχητές. Το φαγητό είναι επίσης μέσο αναπλήρωσης νερού και η παράλειψη αυτού μπορεί εύκολα να επηρεάσει την αναπλήρωση υγρών. Τελευταία έχει παρατηρηθεί ότι η μεγαλύτερη ποσότητα υγρών καταναλώνεται κατά τη διάρκεια των γευμάτων. Έτσι εάν παραλείπονται γεύματα η ποσότητα υγρών θα μειωθεί δραματικά (Tharion et al, 2005).

### **Αναπλήρωση Υγρών στις Στρατιωτικές Επιχειρήσεις**

Ο μέσος μαχητής μπορεί να επιβιώσει για μέρες χωρίς την χορήγηση φαγητού και μπορεί να χρησιμοποιήσει τις φυσικές του αποθήκες λίπους για ακόμη περισσότερο διάστημα. Ωστόσο, η αναπλήρωση υγρών είναι η μόνη λύση για να αποφύγει την αφυδάτωση. Το νερό είναι το κυριότερο συστατικό που πρέπει οι στρατιώτες να έχουν μαζί τους στο πεδίο της μάχης έτσι ώστε να παραμείνουν αποδοτικοί χωρίς δυσλειτουργίες. Η αφυδάτωση στο επίπεδο του 3% της συνολικής μάζας του σώματος μειώνει δραματικά την στρατιωτική απόδοση και αυξάνει ταυτόχρονα το θερμικό στρες (Sawka et al. 1996). Ο μόνος τρόπος ανατροφοδότησης είναι η κατανάλωση νερού ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες που ισχύουν σε κάθε περιοχή δράσης. Σε περίοδο εκπαίδευσης η αναπλήρωση υγρών με την προσθήκη ηλεκτρολυτών συμβάλλει σημαντικά στην αποφυγή της αφυδάτωσης και στην εξισορρόπηση των επιπέδων υγρών που χάνονται με την άσκηση (Scientific Advisory Committee on Nutrition's, 2020). Υπάρχουν ορισμένες γενικές οδηγίες τις οποίες κάθε στρατιώτης ξεχωριστά οφείλει να γνωρίζει αλλά και η διοίκηση είναι υπεύθυνη να ενημερώνει το προσωπικό της. Όταν ο φόρτος εργασίας είναι ελαφρύς και η ζέστη σχετικά υποφερτή τότε τα τμήματα πρέπει να καταναλώνουν 4-6 λίτρα νερού ημερησίως. Αντίστοιχα, όταν η εργασία δυσκολεύει και η ζέστη αυξάνεται ο αριθμός αυτός μεταβάλλεται και μπορεί να φτάσει έως και τα 12 λίτρα.

Ωστόσο δεν αρκεί μόνο να γνωρίζει το προσωπικό την ποσότητα του νερού που θα

χρειαστεί. Μέσα στο ημερήσιο πρόγραμμα πρέπει να ενταχθεί η ρουτίνα αναπλήρωσης νερού ακόμα και όταν δεν δημιουργείται το αίσθημα της δίψας. Είναι προτιμότερο να καταναλώνονται μικρότερες ποσότητες νερού με μεγαλύτερη συχνότητα παρά να καταναλώνονται μεγάλες ποσότητες σε αραιά διαστήματα. Η διαθεσιμότητα του νερού κατά τη διάρκεια των επιχειρήσεων συμβάλλει στη βελτίωση της ικανότητας του μαχητή να μεταφέρει βάρος. Ο φόρτος γίνεται ολοένα και πιο βαρύς και ένας παράγοντας που δυσκολεύει τον στρατιώτη να τον μεταφέρει είναι η έλλειψη νερού και υγρών γενικότερα. Η δυσκολία αυτή μεταφράζεται σε μείωση της διάρκειας απόδοσης του μαχητή και στην αύξηση του χρόνου αντίδρασης.

Η ευκολία εύρεσης νερού σε κάθε επιχείρηση, μεταβάλλει τον φόρτο και τις επιχειρήσεις ανεφοδιασμού καθώς και την χωρητικότητα του φόρτου του μαχητή και την ικανότητα του να μεταφέρει βαριά φορτία. Οι στρατιώτες δεν δύναται να μεταφέρουν φορτία μεγαλύτερα από 50% του συνολικού τους σωματικού βάρους. Ανάλογα με την διαθεσιμότητα του νερού σε κάθε περιοχή αποστολών μέρος αυτού του ποσοστού βάρους δεσμεύεται από 'μερίδες' νερού που πρέπει οι μαχητές να μεταφέρουν για την επιβίωσή τους.

### **Σημάδια Αφυδάτωσης**

Η αφυδάτωση αποτελεί το αποτέλεσμα της ελλιπής ανατροφοδότησης υγρών σε σχέση με την απώλεια υγρών. Μπορεί να προκληθεί σε κάθε θερμοκρασία και είναι ανεξάρτητη της φυσικής δραστηριότητας του μαχητή. Τα συμπτώματα της αφυδάτωσης διαφέρουν βάση της απώλειας νερού από το σώμα. Για την τάξη του 2% παρουσιάζεται μια μείωση στην απόδοση της εργασίας. Από 3-5% υπάρχει δυσκολία στην ανάληψη δύσκολων εργασιών ενώ για το βαθμό του 10-15% καταλήγει σε δυσλειτουργία ακόμη και σε θάνατο. Ένα ακόμη σημάδι αφυδάτωσης αποτελεί το χρώμα των ούρων. Εάν τα ούρα έχουν σκούρο χρώμα κίτρινο ή πορτοκαλί τότε ο στρατιώτης είναι κατά πάσα πιθανότητα αφυδατωμένος. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να καταναλώσει όχι περισσότερο από 1,5 λίτρα νερό την ώρα μέχρι τα ούρα του να επανέλθουν στο φυσιολογικό ανοιχτό κίτρινο χρώμα.

Τέλος η απώλεια βάρους εμφανίζεται στα αφυδατωμένα άτομα. Για το λόγο αυτό συνιστάται η συνεχής παρακολούθηση του βάρους των μαχητών. Συμπερασματικά, υπάρχουν αρκετά σημάδια τα οποία αποκαλύπτουν ότι ένας στρατιώτης πάσχει από αφυδάτωση. Το κλειδί για την πρόωρη αντιμετώπισή της κρύβεται στη συνεχή παρακολούθηση του προσωπικού για τυχόν εμφάνιση κάποιου συμπτώματος έτσι ώστε να προστατευτούν οι ίδιοι πριν φθάσουν στο τελικό στάδιο της αφυδάτωσης. Παρόλα ταύτα ανάλογα με το επίπεδο αφυδάτωσης ποικίλουν και οι θεραπείες. Εάν εμφανίζεται ένα αρχικό στάδιο αφυδάτωσης τότε αυτό λύνεται με την κατανάλωση ποσότητας νερού ώστε να επανέλθει ο οργανισμός στα φυσιολογικά επίπεδα υγρών και να ανακτηθεί η ισορροπία έλλειψης- πρόσληψης. Αντιθέτως, εάν το στάδιο είναι προχωρημένο τότε το περιστατικό χρίζει ιατρικής αντιμετώπισης με διάφορες μεθόδους εισαγωγής υγρών στον οργανισμό (ενδοφλέβια μέσω ορού).

### **Κρύα Περιβάλλοντα**

Η σωστή διατροφή τείνει να μην λαμβάνεται αρκετά υπόψη παρόλο που θεωρείται υψίστης σημασίας για τις επιχειρήσεις σε κρύα περιβάλλοντα. Κύριος στόχος όταν επιχειρεί κάποιο τμήμα σε ένα ψυχρό έδαφος είναι να το προστατευθεί από τυχόν κινδύνους όπως η υποθερμία ή διάφορους τραυματισμούς λόγω του κρύου που επικρατεί. Είναι καθοριστικό να παρέχεται στο προσωπικό ζεστές τροφές και ροφήματα ώστε να διατηρείται το σώμα στην φυσιολογική του θερμοκρασία, όσο είναι βέβαια αυτό εφικτό.

### Υποθερμία

Με τον όρο υποθερμία εννοείται η υπερβολική μείωση της θερμοκρασίας του σώματος σε σημείο που αυτή εμποδίζει τον εγκέφαλο και τον οργανισμό να λειτουργήσουν ομαλά. Αυτή παρουσιάζεται όταν η απώλειες θερμότητας από το σώμα δεν μπορούν να καλυφθούν από το ίδιο το άτομο με κάποιο τρόπο. Η αδυναμία αναπλήρωσης αυτών των απωλειών συχνά κρύβεται στην κακή διατροφή ή καλύτερα στην παραμέληση αυτής καθώς επίσης και στην έλλειψη καλού ρουχισμού και γενικά προστασίας

από το κρύο. Για την επίλυση του προαναφερθέντος προβλήματος σημαντικό ρόλο παίζει η σωστή διαχείριση του φαγητού. Όπως είναι ευρέως γνωστό η κατανάλωση φαγητού παράγει θερμότητα κατά την φάση της πέψης (τροφική θερμογένεση) η οποία συμβάλλει ως «τοίχος προστασίας» ενάντια της υποθερμίας. Εκτός από τα κανονικά γεύματα οι στρατιώτες θα πρέπει να καταναλώνουν και ενδιάμεσα τροφές για να διατηρούν την ισορροπία στην θερμοκρασία τους. Σημαντικό ρόλο παίζει, επίσης, να προπονηθούν ώστε να καταναλώνουν μια μικρή ποσότητα τροφής πριν την είσοδό τους στον υπνόσακο το βράδυ έτσι ώστε να επεκταθεί ο χρόνος διατήρησης της θερμοκρασίας του σώματος. Ακόμη περισσότερη πρόληψη προσφέρει εάν η εν λόγω παράδοση φαγητού γίνεται στην ώρα που τα φαγητά και τα ροφήματα έχουν υψηλή θερμοκρασία.

Όπως και με τα ζεστά κλίματα έτσι και στα ψυχρά η αφυδάτωση απειλεί τους μαχητές. Όταν κάποιος ενεργεί σε κρύο περιβάλλον το προσωπικό λόγω του πάγου και της έλλειψης ιδρώτα δεν καταναλώνει τα απαιτούμενα ποσά υγρών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αφυδατώνονται και λόγω αυτού να είναι επιρρεπείς και σε άλλους κινδύνους. Τέτοιοι κίνδυνοι μπορεί να είναι το κρουαγέμα και η έλλειψη κριτικής ικανότητας. Για το λόγο αυτό οι επικεφαλές οφείλουν να παρακολουθούν την ημερήσια κατανάλωση των υφισταμένων τους. Ωστόσο, δεν αρκεί μόνο η παρακολούθηση. Οι προϊστάμενοι οφείλουν να προτρέπουν το προσωπικό τους να καταναλώνει τις συνιστώμενες ποσότητες νερού και στα απαραίτητα χρονικά διαστήματα. Ο μύθος για την κατανάλωση χιονιού σαν υποκατάστατο του νερού θα πρέπει να αναφέρουμε πως όχι μόνο δεν είναι αληθής αλλά εγκυμονεί και κινδύνους για όσους το προσπαθήσουν. Αυτό συμβαίνει διότι το χιόνι εκτός από τα μικρόβια που μπορεί να περιέχει, λόγω της θερμοκρασίας του δρα ως μηχανισμός μείωσης της θερμοκρασίας του σώματος με επακόλουθο την εμφάνιση περιστατικού υποθερμίας. Ένας ακόμη μύθος που καταρρίπτεται είναι αυτός του αλκοόλ. Τα αλκοολούχα ποτά δημιουργούν την ψευδαίσθηση ότι η θερμοκρασία του σώματος ανεβαίνει και διατηρείται ψηλά. Αντιθέτως, τα συγκεκριμένα ποτά έχουν την ικανότητα να

αυξάνουν την θερμοκρασία προσωρινά και στην συνέχεια να την μειώνουν περισσότερο λόγω της μεγαλύτερης διαφοράς που δημιουργείται με την παροδική αύξησή της.

### Ενεργειακές Απαιτήσεις

Εν αντιθέσει με τις επιχειρήσεις στα θερμά περιβάλλοντα, αυτές που διεξάγονται σε ψυχρά κλίματα απαιτούν μεγαλύτερες ποσότητες ενέργειας. Συγκεκριμένα αυτή η αύξηση έχει υπολογισθεί γύρω στο 30% της ενέργειας σε σχέση με τα θερμά περιβάλλοντα καθώς και 40% απο, ότι σε κανονικές συνθήκες. (Hoyt et al. 2001). Κατά τη διάρκεια των επιχειρήσεων σε κρύα περιβάλλοντα το βάρος του χειμερινού ρουχισμού μπορεί να αυξήσει κατά 16% τις ενεργειακές απαιτήσεις σε σχέση με το ρουχισμό που χρησιμοποιείται σε επιχειρήσεις σε θερμό περιβάλλον (Tharion et. al. 2005). Εάν ο ρουχισμός δεν είναι ο μέγιστος αποτελεσματικός οι μεταβολικές απαιτήσεις δύναται να αυξηθούν κατά 430 kcal ανά ώρα.

Σημαντικός παράγοντας είναι επίσης το μέρος όπου τοποθετείται το εκάστοτε βάρος. Για παράδειγμα εάν ένας μαχητής φοράει βαριά άρβυλα αυτά επιδρούν διαφορετικά στην ενεργειακή του κατανάλωση απ' ότι εάν τα κουβαλούσε σε ένα σακίδιο τοποθετημένα ψηλά και προς το σώμα του. Συνεπώς, οι κατανάλωση ενέργειας μεταβάλλεται ανάλογα με τον εξοπλισμό και το πώς αυτός τοποθετείται στον μαχητή. Είναι επίσης αξιοσημείωτο το γεγονός ότι η απαιτούμενη ενέργεια μπορεί να αυξηθεί κατά 30% για μετακίνηση πάνω σε ξηρό και σκληρό χιόνι ενώ κατά 50 % σε βαθύ χιόνι (Tharion et al. 2005).

### Υψηλό Υψόμετρο

Πολλοί είναι οι παράγοντες που μπορούν να εξηγήσουν το γεγονός ότι στις επιχειρήσεις σε υψόμετρο η ενέργεια που καταναλώνεται είναι μεγαλύτερη από τα συνηθισμένα. Ορισμένοι είναι η υποξία (έλλειψη οξυγόνου), η μεταφορά ειδικού εξοπλισμού, η πολυπλοκότητα του εδάφους, οι υψηλοί άνεμοι, το χιόνι και οι χαμηλές θερμοκρασίες συμβάλλουν στο ενεργειακό κόστος. Επιπροσθέτως, τα ειδικά χαρακτηριστικά ενός απότομου εδάφους σε υψόμετρο αυξάνουν το μεταβολικό ρυθμό, το ρυθμό της αναπνοής και μειώνουν την ικανότητα

του ύπνου. Συμπερασματικά οι συνθήκες που επικρατούν σε περιοχές με μεγάλο υψόμετρο αυξάνουν το ενεργειακό κόστος έως και 10% σε σχέση με τις απαιτήσεις στο επίπεδο της θάλασσας.

Μια μεταβλητή με την οποία έρχονται αντιμέτωποι οι μαχητές είναι η μείωση βάρους λόγω της υποξίας. Αυτό συμβαίνει διότι η όρεξη και η διαθεσιμότητα του φαγητού είναι μειωμένες. Σε πολύ υψηλές περιοχές η μείωση του βάρους είναι πιο έντονη και μαζί της και η μείωση της δύναμης καθώς και η πτώση της ψυχολογίας του προσωπικού. Όλα τα παραπάνω, επηρεάζουν την έκβαση μιας επιχείρησης. Η αναπλήρωση υδατανθράκων αυξάνει την απόδοση και την επίδοση του μαχητή. Για το λόγο αυτό προτιμώνται ως η κατ' εξοχήν πηγή ενέργειας σε υψόμετρο. Η ορθή χρήση υδατανθρακο-ηλεκτρολυτικών ποτών έχει αποδειχθεί ως η καταλληλότερη για όταν επιχειρούμε σε μεγάλα υψόμετρα (Montain and Young 2003). Η ανάγκη του οργανισμού για υγρά είναι αρκετά υψηλή στο υψόμετρο ξεπερνώντας συνήθως τα 4 λίτρα ημερησίως. Αυτό οφείλεται σε απώλειες από τους πνεύμονες και από την ούρηση καθώς και από την δυσκολία εύρεσης πόσιμου νερού σε αυτά τα περιβάλλοντα. Όλα τα παραπάνω καθιστούν απαραίτητη τη συνεχή παρακολούθηση και αναπλήρωση όλων των προαναφερθέντων στοιχείων.

### Συμπεράσματα

Η ενεργειακή πληρότητα στο προσωπικό των ΕΔ θεωρείται απαραίτητη προϋπόθεση για την εκτέλεση των εργασιακών του καθηκόντων, καθώς η έλλειψή της προκαλεί υποβάθμιση της επιχειρησιακής ετοιμότητας και συμβάλλει στην εμφάνιση πολλαπλών διαταραχών υγείας. Η διατροφική ευρωστία αναφέρεται ως η παροχή και κατανάλωση επαρκούς ποσότητας-ποιότητας-αναλογίας τροφών, έτσι ώστε να διατηρηθεί σε υψηλό επίπεδο η ικανότητα για απόδοση και η προστασία απέναντι σε ασθένειες η/και τραυματισμούς. Η διατροφική ευρωστία περιλαμβάνει 3 επιμέρους πυλώνες. Ο 1<sup>ος</sup> στοχεύει στην επίτευξη διατροφικής ποιότητας στην καθημερινή διατροφή, ο 2<sup>ος</sup> στην αντιστάθμιση των προσωπικών διατροφικών ενεργειακών απαιτήσεων για την αντιμετώπιση

ασθενειών/τραυματισμών και ο 3<sup>ος</sup> στην προσήλωση σε επιλογές τροφίμων που σχετίζονται με την προάσπιση της υγείας. Μια ισορροπημένη διατροφή περιλαμβάνει αναλογίες σε μακροστοιχεία 55%-70%, 15%-20%, και 20%-30%, της συνολικής θερμιδικής πρόσληψης, για τους υδατάνθρακες, λίπη και πρωτεΐνες αντίστοιχα ανάλογα με τη στρατιωτική δραστηριότητα και το περιβάλλον. Οι τροφές πρέπει να είναι πλούσιες σε βιταμίνες και μέταλλα. Όσο αφορά την αναπλήρωση υγρών έχει αναφερθεί ότι τα υδατανθρακούχα ροφήματα (φρουκτόζη ή γλυκόζη αλλά κυρίως μαλτοδεξτρίνες) πυκνότητας 4-6%, θερμοκρασίας 8-12° Κελσίου και ποσότητας 200-300 χιλιοστόλιτρων (με συχνότητα ανά 15-20 λεπτά) έχουν οδηγήσει σε σημαντική βελτίωση της στρατιωτικής σωματικής απόδοσης σε σχέση με την κατανάλωση νερού ενώ άλλες έδειξαν ότι το ποσοστό της βελτίωσης της απόδοσης με τη χορήγηση υδατανθρακικών ροφημάτων σχετιζόταν με το είδος της στρατιωτικής δραστηριότητας. Άλλα δεδομένα μελετών δείχνουν ότι η στρατιωτική απόδοση των μαχητών διατηρείται σε υψηλό επίπεδο κατά την διάρκεια αρκετών ημερών υποσιτισμού αρκεί να παρέχονται ικανές ποσότητες υδατανθράκων για να συντηρήσουν ενεργειακά το αυξημένο επίπεδο στρατιωτικής δραστηριότητας.

Η Στρατιωτική Αναφορά Διαιτητικής Πρόσληψης που αποτελείται από σύνολο οδηγιών που έχουν σχεδιαστεί για να ανταποκρίνονται στις ιδιαίτερες διατροφικές ανάγκες του στρατιωτικού προσωπικού προτείνει ότι η συσκευασμένη μερίδα θα πρέπει να περιέχει τουλάχιστον 1100-1500 kcal, εκ των οποίων τα 50-70 g να είναι πρωτεΐνη και τουλάχιστον τα 100 g υδατάνθρακες, σε καθημερινή βάση. Αυτή η χαμηλά ενεργειακά διατροφική πρόσληψη θερμίδων, ωστόσο δεν συνίσταται για την επιβίωση του ατόμου για περισσότερο από 10 συνεχόμενες ημέρες. Η διαιτητική πρόσληψη υδατανθράκων, περίπου 300-400 g, είναι ικανή ποσότητα ώστε να προκαλέσει οξειδωση (καύση) και το άτομο να μπορεί να ανταποκριθεί στις καθημερινές ενεργειακές απαιτήσεις κατά την διάρκεια των στρατιωτικών επιχειρήσεων. Μελλοντικές μελέτες σχετικά με τον ρόλο της διατροφής στην διατήρηση της υγείας του

στρατιώτη πρέπει να επικεντρωθούν σε μια καλύτερη κατανόηση της επίδρασης της ενεργειακής πρόσληψης και της σύνθεσης των μακροθρεπτικών συστατικών για την διατήρηση της άλιπης μάζας σώματος, μειώνοντας ταυτόχρονα την ευαισθησία σε ασθένειες και σε τραυματισμούς καθώς και επιταχύνοντας την ανάρρωση κατά την διάρκεια αλλά και μετά από συνεχόμενες στρατιωτικές επιχειρήσεις.

### Βιβλιογραφία

1. Adams, G.M. (1998). *Exercise Physiology Laboratory Manual* (3rd edition). California State University, McGraw-Hill.
2. Askew, E.W. (1995). Environmental and physical stress and nutrient requirements. *Am J Clin Nutr*, 61(Suppl. 3), 631-637.
3. Deuster, P.A., Weinstein, A.A., Sobel, A., & Young, A.J. (2009). Warfighter nutrition: current opportunities and advanced technologies report from a Department of Defense workshop. *Mil Med*, 174(7), 671-677.
4. Greenwood, M.R.C., & Oria, M. (2008). *Use of Dietary Supplements by Military Personnel*. Institute of Medicine (US) Committee on Dietary Supplement Use by Military Personnel. National Academies Press (US).
5. Harper, A.E. (1985). Origin of recommended dietary allowances—an historic overview. *Am J Clin Nutr*, 41(1), 140-148.
6. Hirsch, E.S., Kramer, F.M., Meiselman, & H.L. (2005). Effects of food attributes and feeding environment on acceptance, consumption and body weight: lessons learned in a twenty-year program of military ration research US Army Research (Part 2). *Appetite*, (1), 33-45.
9. Hoyt, R.W., Opstad, P.K., Haugen, A.H., DeLany, J.P., Cymerman, A., Friedl, K.E. (2006). Negative energy balance in male and female rangers: effects of 7 d of sustained exercise and food deprivation. *Am J Clin Nutr*, 83(5), 1068-1075.

10. Institute of Medicine, Committee on Optimization of Nutrient Composition of Military Rations for Short-Term HS, Committee on Military Nutrition Research, Food Nutrition Board. (2006). *Nutrient Composition of Rations for Short-Term, High-Intensity Combat Operations*. National Academies Press (US).
11. Johnson, R.E., & Kark, R.M. (1947). *Feeding Problems in Man as Related to Environment. An Analysis of United States and Canadian Army Ration Trials and Surveys, 1941-1946*. Chicago, IL, Quartermaster Food and Container Institute for the Armed Forces, Research and Development Branch, U.S. Army Medical Nutrition Laboratory.
12. Scientific Advisory Committee on Nutrition's (SACN). (2020, September). *Position statement on military dietary reference values for energy: supplement on submariner and military specialist data*. Public Health England.
13. Tharion, W.J., Lieberman, H.R., Montain, S.J., Young, A.J., Baker-Fulko, C.J., Delany, J.P., & Hoyt, R.W. (2005). Energy requirements of military personnel. *Appetite*, 44(1), 47-65.

# Αθλητική Επιστήμη & Ένοπλες Δυνάμεις



Το ηλεκτρονικό περιοδικό  
του Τομέα Φυσικής και Πολιτισμικής Αγωγής  
της Στρατιωτικής Σχολής Ευελπίδων.