



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

Εθνικόν και Καποδιστριακόν  
Πανεπιστήμιον Αθηνών

— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 —

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΦΥΣΙΚΗ ΑΓΩΓΗ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΣ»

«ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΚΑΦΕΪΝΗΣ ΣΤΗΝ ΑΕΡΟΒΙΑ  
ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΛΑΘΟΣΦΑΙΡΙΣΤΩΝ»

Δημήτριος Χρηστάκης

Πτυχιακή Εργασία

ΤΟΜΕΑΣ ΑΘΛΟΠΑΙΔΙΩΝ

ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ: ΚΑΛΑΘΟΣΦΑΙΡΙΣΗ

ΙΟΥΛΙΟΣ 2024

© Copyright

Δημήτριος Χρηστάκης

Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού  
Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού  
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών  
Εθνικής Αντιστάσεως 41, 172 37, Δάφνη, Αθήνα

Σημείωμα Συγγραφέα

Το δοκίμιο αυτό αποτελεί Πτυχιακή Εργασία που συντάχθηκε για το Πρόγραμμα Προπτυχιακών Σπουδών της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του ΕΚΠΑ και υποβλήθηκε τον Ιούλιο του 2024.

Ο/Η συγγραφέας βεβαιώνει ότι το περιεχόμενο του παρόντος έργου είναι αποτέλεσμα προσωπικής εργασίας και ότι έχει γίνει η κατάλληλη αναφορά στην εργασία τρίτων – όπου κάτι τέτοιο ήταν απαραίτητο-, σύμφωνα με τους κανόνες της ακαδημαϊκής δεοντολογίας.

Επιβλέπων Καθηγητής  
Νικόλαος Αποστολίδης, Καθηγητής, Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και  
Αθλητισμού, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

*Επίδραση της καφεΐνης στην αερόβια προπόνηση των καλαθοσφαιριστών*

## ΕΚΦΡΑΣΗ ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΩΝ

Η παρούσα βιβλιογραφική πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του προγράμματος σπουδών του Τμήματος Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών κατά το έτος 2023 – 2024 και αποτελεί μέρος των απαιτήσεων για την απονομή του Πτυχίου στο εν λόγω Τμήμα.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα της παρούσας πτυχιακής εργασίας, τον Καθηγητή του Τμήματος Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, κ. Αποστολίδη Νικόλαο, μέλος ΔΕΠ του Τομέα Αθλοπαιδιών, για την ανάθεση αυτού του τόσο ενδιαφέροντος θέματος και για την καθοδήγηση του κατά τη διάρκεια συγγραφής της παρούσας εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της Τριμελούς Επιτροπής Αξιολόγησης για τη συμμετοχή τους σε αυτή και τη συμβολή τους στη διόρθωση της παρούσας εργασίας.

Δηλώνω υπεύθυνα ότι η πτυχιακή εργασία είναι εξ' ολοκλήρου δικό μου έργο και κανένα μέρος της δεν είναι αυτούσια αντιγραμμένο από έντυπες ή ηλεκτρονικές πηγές, αναπαραγωγή από εργασίες άλλων ερευνητών ή φοιτητών ή μετάφραση από ξενόγλωσσες. Όπου έχω βασιστεί σε ιδέες ή κείμενα άλλων, έχω προσπαθήσει να τα προσδιορίσω και να τα παραθέσω με σαφήνεια μέσα από την καλή χρήση αναφορών ακολουθώντας την ακαδημαϊκή δεοντολογία και την αποφυγή λογοκλοπής.

## **ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΚΑΦΕΪΝΗΣ ΣΤΗΝ ΑΕΡΟΒΙΑ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΛΑΘΟΣΦΑΙΡΙΣΤΩΝ**

### **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η καλαθοσφαίριση αποτελεί ένα απαιτητικό άθλημα που απαιτεί επιτάχυνση, εκρηκτικότητα, και συνεχείς αλλαγές κατεύθυνσης και είναι πρωτίστως αναερόβιο. Οι καλαθοσφαιριστές χρησιμοποιούν κατά 80% ενέργεια που προέρχεται από τον αναερόβιο μεταβολισμό και 20% από τον αερόβιο. Η καφεΐνη παρουσιάζεται ως πολλά υποσχόμενο εργογόνο συμπλήρωμα λόγω της διεγερτικής της επίδρασης στο νευρικό σύστημα, ασκώντας άμεσες και ορμονικές επιδράσεις στη λειτουργία των σκελετικών μυών. Πλήθος μελετών υπογραμμίζουν την αποτελεσματικότητα των συμπληρωμάτων καφεΐνης στις αθλητικές επιδόσεις όπου χρησιμοποιείται ο αερόβιος, αναερόβιος ή μεικτός μεταβολισμός. Οι τρέχουσες κατευθυντήριες οδηγίες συνιστούν την κατάποση 3 έως 6 mg/kg δόσεων καφεΐνης περίπου 60 λεπτά πριν από την άσκηση. Η επίδραση της καφεΐνης στην απόδοση των καλαθοσφαιριστών είναι ένα θέμα που ενδιαφέρει την παγκόσμια αθλητική κοινότητα και έχει μελετηθεί στη διεθνή βιβλιογραφία. Ωστόσο, η πληθώρα των μελετών εστιάζει στις επιδράσεις της καφεΐνης στον αναερόβιο μεταβολισμό, μιας και η καλαθοσφαίριση αποτελεί άθλημα που βασίζεται κυρίως σε αυτόν. Συνεπώς, δεδομένης της έλλειψης βιβλιογραφικών ερευνών που μελετούν τις επιδράσεις της καφεΐνης στην αερόβια απόδοση των καλαθοσφαιριστών, σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας ήταν η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας και η συλλογή δεδομένων σχετικά με το πώς μπορεί ένα συνηθισμένο εργογόνο συμπλήρωμα όπως η καφεΐνη να επηρεάσει δεξιότητες των καλαθοσφαιριστών που βασίζονται στον αερόβιο μεταβολισμό. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι σε γενικές γραμμές, η καφεΐνη δεν επιδρά θετικά ή αρνητικά στην αερόβια απόδοση των καλαθοσφαιριστών, όπως φάνηκε από μετρήσεις της ικανότητας αντοχής, παρόλο που γενικότερα υπάρχουν δεδομένα για θετική επίδραση της καφεΐνης σε αθλήματα αντοχής (π.χ., ποδηλασία, μαραθώνιος). Ωστόσο, περαιτέρω μελέτες πρέπει να γίνουν ώστε να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα σχετικά με το θέμα.

**Λέξεις κλειδιά:** εργογόνο βοήθημα, ομαδικό άθλημα, αντοχή

## ABSTRACT

Basketball is considered a demanding sport that requires acceleration, explosiveness, and constant changes of direction and is primarily anaerobic. Basketball players use 80% of the energy that comes from anaerobic metabolism and 20% from aerobic. Caffeine is shown as a promising ergogenic supplement due to its stimulatory effect on the nervous system, exerting direct and hormonal effects on skeletal muscle function. Numerous studies have shown the effectiveness of caffeine supplementation in athletic performance that prioritizes aerobic, anaerobic, or mixed metabolism. Current guidelines recommend ingesting 3 to 6 mg/kg doses of caffeine about 60 minutes before exercise. The effect of caffeine on the performance of basketball players is a topic of interest to the global sports community and has been studied in the international literature. However, the majority of studies focus on the effects of caffeine on anaerobic metabolism, as basketball is a predominantly anaerobic sport. Therefore, given the lack of literature studies investigating the effects of caffeine on the aerobic performance of basketball players, the purpose of this thesis was to review the literature and collect data on how a common ergogenic supplement such as caffeine can affect the skills of basketball players based on aerobic metabolism. The results showed that in general, caffeine does not positively or negatively affect the aerobic performance of basketball players, as shown by measures of endurance capacity, although there is generally evidence of a positive effect of caffeine in endurance sports (e.g., cycling, marathon). However, further studies need to be performed to draw safe conclusions on the matter.

**Keywords:** ergogenic supplement, team sport, endurance

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Πρακτικό της Εξεταστικής Επιτροπής για την κρίση της πτυχιακής εργασίας.....	iv
Έκφραση Ευχαριστιών.....	v
Περίληψη .....	vi
Abstract .....	vii
Πίνακας Περιεχομένων .....	viii
Κατάλογος Εικόνων .....	x
Κατάλογος Συμβόλων και Συντομογραφιών .....	xi

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....σελ.1**

- 1.1. Ορισμός και διατύπωση του προβλήματος.....σελ.1
- 1.2. Σκοπός της μελέτης.....σελ.2
- 1.3. Ερευνητικά ερωτήματα και υποθέσεις και σημασία της έρευνας .....σελ.2
- 1.4. Οριοθετήσεις και περιορισμοί .....

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙ. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....σελ.6**

- 2.1. Καφεΐνη και αθλητική απόδοση .....
- 2.1.1. Εισαγωγικά στοιχεία.....σελ.6
- 2.1.2. Απορρόφηση και μεταβολισμός της καφεΐνης.....σελ.8
- 2.1.3. Μηχανισμοί και εργογόνος δράση της καφεΐνης.....σελ.9
- 2.1.4. Επίδραση της καφεΐνης στην αθλητική απόδοση.....σελ.12
- 2.2. Αερόβια προπόνηση στην καλαθοσφαίριση.....σελ.18
- 2.2.1. Γενικά στοιχεία.....σελ.18
- 2.2.2. Πλεονεκτήματα αερόβιας άσκησης.....σελ.20
- 2.2.3. Ρόλος της αερόβιας προπόνησης στην καλαθοσφαίριση.....σελ.26

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙΙ. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....σελ.31**

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙV. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....σελ.38**



**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ .....σελ.40**

## **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ**

**Εικόνα 1.1.** Χημική δομή (α) της καφεΐνης και (β) της αδενοσίνης .....σελ.6

**Εικόνα 2.1.** Επιδράσεις της καφεΐνης σε διάφορα συστήματα του ανθρώπινου οργανισμού.....σελ.11

**Εικόνα 3.1.** Οφέλη της αερόβιας άσκησης στον ανθρώπινο οργανισμό.....σελ.26

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

<b>ACSM</b>	American College of Sports Medicine/ Αμερικάνικο Κολλέγιο Αθλητικής.....	σελ.19
<b>ATP</b>	adenosine triphosphate/ τριφωσφορική αδενοσίνη.....	σελ.18
<b>CO<sub>2</sub></b>	carbon dioxide/ διοξείδιο του άνθρακα.....	σελ.34
<b>HDL</b>	high density lipoprotein/ λιποπρωτεΐνη υψηλής πυκνότητας.....	σελ.20
<b>HIIT</b>	high-intensity interval training/ διαλείπουσα προπόνηση υψηλής έντασης.....	σελ.20
<b>HR<sub>max</sub></b>	maximum heart rate/ μέγιστος καρδιακός ρυθμός.....	σελ.21
<b>LDL</b>	low density lipoprotein/ λιποπρωτεΐνη χαμηλής πυκνότητας.....	σελ.20
<b>O<sub>2</sub></b>	oxygen/ οξυγόνο.....	σελ.35
<b>PC</b>	phosphocreatine/ φωσφοκρεατίνη.....	σελ.18
<b>RER</b>	respiratory exchange ratio/ αναλογία αναπνευστικής ανταλλαγής....	σελ.34
<b>VO<sub>2max</sub></b>	maximal oxygen uptake/ μέγιστη κατανάλωση οξυγόνου.....	σελ.3
<b>Yo-Yo</b>	Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1/ Δοκιμή διαλείπουσας	
<b>IR1</b>	ανάκαμψης.....	σελ.33



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1. Ορισμός και διατύπωση του προβλήματος

Η καλαθοσφαίριση, ένα γρήγορο και δυναμικό άθλημα, απαιτεί ένα μοναδικό μείγμα αντοχής, ευκινησίας και εκρηκτικής δύναμης. Η φύση της καλαθοσφαίρισης απαιτεί από τους αθλητές να συμμετέχουν σε γρήγορες εκρήξεις έντονης σωματικής δραστηριότητας, που συνδυάζονται με περιόδους ενεργητικής αποκατάστασης και στρατηγικού παιχνιδιού. Οι φυσιολογικές απαιτήσεις του αθλήματος περιλαμβάνουν ένα συνδυασμό αερόβιου και αναερόβιου μεταβολισμού, με τους παίκτες να εναλλάσσονται μεταξύ σπριντ, αλμάτων και περιόδων κίνησης χαμηλότερης έντασης κατά τη διάρκεια ενός παιχνιδιού (Gottlieb et al., 2021).

Ο αερόβιος μεταβολισμός είναι απαραίτητος καθώς οι καλαθοσφαιριστές διανύουν σημαντικές αποστάσεις στο γήπεδο, επιδίδονται σε συνεχή κίνηση και στρατηγική τοποθέτηση. Η αντοχή γίνεται κρίσιμος παράγοντας, ειδικά λαμβάνοντας υπόψη τη διάρκεια ενός τυπικού παιχνιδιού και την ανάγκη για τους παίκτες να διατηρούν υψηλό επίπεδο απόδοσης καθ' όλη τη διάρκεια. Ταυτόχρονα, το άθλημα περιλαμβάνει εκρηκτικές κινήσεις όπως άλματα, σπριντ και γρήγορες αλλαγές κατεύθυνσης, δραστηριότητες βασισμένες σε αναερόβιες οδούς μεταβολισμού για τη δημιουργία γρήγορων εκρήξεων ενέργειας. Αυτός ο μοναδικός συνδυασμός αερόβιων και αναερόβιων απαιτήσεων τοποθετεί την καλαθοσφαίριση ως ένα άθλημα που απαιτεί μια πολύπλευρη προσέγγιση στην προπόνηση και τη βελτίωση της απόδοσης (Mancha-Triguero et al., 2020, Gottlieb et al., 2021).

Η καφεΐνη, ένα διεγερτικό που καταναλώνεται ευρέως, έχει συγκεντρώσει την προσοχή για τις πιθανές επιπτώσεις της στην αθλητική απόδοση. Ως ουσία που είναι γνωστό ότι επηρεάζει το νευρικό σύστημα και τη λειτουργία των σκελετικών μυών, ο ρόλος της καφεΐνης στην ενίσχυση της εστίασης, στη μείωση της κόπωσης και δυνητικά επηρεάζοντας τόσο τις αερόβιες όσο και τις αναερόβιες πτυχές της απόδοσης την καθιστά ένα ενδιαφέρον θέμα μελέτης για την εφαρμογή της στην

καλαθοσφαίριση (Lazić et al., 2022, Saunders et al., 2023). Η πρόσληψη 3 έως 6 mg/kg καφεΐνης πριν από την άσκηση έχει βρεθεί να είναι αποτελεσματική στη βελτίωση πολλών μεταβλητών σωματικής απόδοσης σε καλαθοσφαιριστές κατά τη διάρκεια συγκεκριμένων για το άθλημα δοκιμών και προσομοίωσης αγώνων. Πιο συγκεκριμένα, η καφεΐνη αυξάνει σημαντικά, μεταξύ άλλων, την απόδοση στα κάθετα άλματα, τα σπριντ χωρίς μπάλα, τον αριθμό των σουτ τριών βολών, τα ριμπάουντ, τις ασίστ και τα χτυπήματα σώμα με σώμα κατά τη διάρκεια προσομοιωμένων αγώνων, δεξιότητες που βασίζονται στον αναερόβιο μεταβολισμό (Lazić et al., 2022). Από την άλλη, περιορισμένες είναι οι έρευνες που εστιάζουν στην επίδραση της καφεΐνης στην αερόβια απόδοση των καλαθοσφαιριστών.

## **1.2. Σκοπός της μελέτης**

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας ήταν η συλλογή βιβλιογραφικών δεδομένων ώστε να μελετηθεί εάν ένα εργογόνο συμπλήρωμα όπως η καφεΐνη μπορεί να έχει θετικές επιδράσεις σε δεξιότητες σχετικές με την καλαθοσφαίριση που βασίζονται στον αερόβιο μεταβολισμό, όπως η αντοχή. Στα κεφάλαια που ακολουθούν αρχικά παρουσιάζονται ορισμένες γενικές πληροφορίες για την καφεΐνη, τους μηχανισμούς δράσης και τις εργογόνες επιδράσεις της, στοιχεία σχετικά με τον αερόβιο μεταβολισμό και τα πλεονεκτήματα της αερόβιας προπόνησης καθώς και οι επιδράσεις αυτής στην καλαθοσφαίριση. Τέλος, παρατίθενται έρευνες της διεθνούς βιβλιογραφίας σχετικά με τα αποτελέσματα της συμπληρωματικής κατανάλωσης καφεΐνης στην αερόβια απόδοση των καλαθοσφαιριστών και τα συμπεράσματα που προκύπτουν από αυτές.

## **1.3. Ερευνητικά ερωτήματα και υποθέσεις και σημασία της έρευνας**

Η επίδραση της καφεΐνης τόσο στην ολική απόδοση όσο και σε σχετικές με το άθλημα δεξιότητες έχει μελετηθεί εκτενώς στη βιβλιογραφία όσον αφορά την καλαθοσφαίριση. Ωστόσο, η πληθώρα των ερευνών επικεντρώνεται κυρίως σε δεξιότητες που χρησιμοποιούν ενέργεια μέσω του αναερόβιου μεταβολισμού και ελάχιστες είναι αυτές που έχουν μελετήσει την επίδραση της καφεΐνης στον αερόβιο μεταβολισμό. Στις περιπτώσεις αυτές δίνεται έμφαση στη δεξιότητα της

αντοχής (*endurance*) η οποία κρίνεται απαραίτητη στην καλαθοσφαίριση αναλογιστεί κανείς τη συνήθη διάρκεια ενός αγώνα μπάσκετ που κυμαίνεται από 40 έως 48 λεπτά. Η καφεΐνη έχει βρεθεί ότι δρα ως ευεργετικό βοήθημα για αθλητές που ασχολούνται με δραστηριότητες αντοχής, επιδεικνύοντας βελτιώσεις τόσο στις μέγιστες όσο και στις υπο-μέγιστες αερόβιες δοκιμασίες σε διάφορες διάρκειες και τύπους άσκησης. Η πιθανή διπλή επίδραση της καφεΐνης τόσο στην αερόβια όσο και στην αναερόβια απόδοση την καθιστά ιδιαίτερα πολύτιμη για ομαδικά αθλήματα όπως η καλαθοσφαίριση, όπου οι παίκτες αντλούν σημαντικό μέρος της ενέργειάς τους αναερόβια, λειτουργούν κοντά ή πάνω από τα αναερόβια όρια, παρουσιάζουν υψηλούς καρδιακούς παλμούς που μπορεί να ξεπερνούν τους 170 παλμούς/λεπτό και βρίσκονται συνήθως στο 70-75% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου τους ( $VO_{2max}$ ). Με βάση λοιπόν και τα παραπάνω, κρίνεται σημαντική η μελέτη της επίδρασης της καφεΐνης σε δραστηριότητες και δεξιότητες των καλαθοσφαιριστών που βασίζονται στον αερόβιο μεταβολισμό, όπως η αντοχή.

#### **1.4. Οριοθετήσεις και περιορισμοί**

Ωστόσο, ελάχιστες είναι οι έρευνες που πραγματεύονται τέτοιες επιδράσεις. Επιπλέον, τα αποτελέσματα των σχετικών ερευνών είναι αμφιλεγόμενα, καθώς οι περισσότεροι ερευνητές δεν παρατηρούν καμία επίδραση από την κατανάλωση των συμπληρωμάτων καφεΐνης στην αερόβια προπόνηση των καλαθοσφαιριστών, ενώ γενικότερα έχει βρεθεί ότι η καφεΐνη αποτελεί εργογόνο βοήθημα σε παρόμοια αθλήματα που απαιτούν αντοχή. αξίζει να αναφερθεί ότι οι έρευνες αυτές παρουσιάζουν ορισμένους περιορισμούς. Στις υπάρχουσες έρευνες οι συμμετέχοντες στο σύνολο τους είναι άνδρες οπότε όσον αφορά την επίδραση συμπληρωμάτων καφεΐνης στην αερόβια προπόνηση παικτριών καλαθοσφαίρισης δεν μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα. Σε γενικότερα πλαίσια, οι παρατηρούμενες διαφορές στις εργογόνες επιδράσεις της καφεΐνης μεταξύ των φύλων και της προτίμησης αρρένων συμμετεχόντων στις μελέτες αποδίδονται στην πολυπλοκότητα της διεξαγωγής έρευνας σχετικά με την καφεΐνη στις γυναίκες, καθώς παράγοντες όπως η χρήση από του στόματος αντισυλληπτικών χαπιών και οι παραλλαγές στα στάδια του εμμηνορρησιακού κύκλου μπορούν να επηρεάσουν

τις ταχύτητες μεταβολισμού της καφεΐνης, αλλάζοντας δυνητικά τις εργογόνες της επιδράσεις (Pickering & Grgic, 2019). Παρ' όλα αυτά αρκετές μελέτες δείχνουν ότι η καφεΐνη έχει θετικό αντίκτυπο στις γυναίκες όσον αφορά τόσο ασκήσεις αντίστασης (Beck et al., 2006, Goldstein et al., 2010) όσο και ασκήσεις αντοχής (Skinner et al., 2019). Εξακολουθούν, ωστόσο, να υπάρχουν ερωτήματα σχετικά με πιθανές παραλλαγές στις βέλτιστες στρατηγικές χορήγησης καφεΐνης μεταξύ των φύλων, ιδιαίτερα λαμβάνοντας υπόψη τις διαφορές στην ταχύτητα μεταβολισμού της καφεΐνης μεταξύ ανδρών και γυναικών. Στην πλειονότητά τους, αποτελέσματα ερευνών δε φαίνεται να παρουσιάζουν διαφορές στην επίδραση της καφεΐνης στον αερόβιο μεταβολισμό μεταξύ των δύο φύλων. Μελέτες των Suvī et al. (2016), Nieman et al. (2017) και Skinner et al. (2019) δεν βρήκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των φύλων όσον αφορά την αντοχή μετά την πρόσληψη καφεΐνης. Οι Suvī et al. (2016) χορήγησαν 6 mg/kg καφεΐνης σε δύο δόσεις πριν τη δοκιμή της ικανότητας αντοχής και δεν παρατήρησαν διακυμάνσεις που να σχετίζονται με το φύλο σε περιβάλλον με θερμοκρασία 42 °C και 20% σχετική υγρασία. Επιπλέον, οι Nieman et al. (2017) δεν βρήκαν διαφορές μεταξύ των φύλων μετά από χρόνια πρόσληψη καφεΐνης 474 mg για 2 εβδομάδες. Τέλος, οι Skinner et al. (2019) ανέφεραν σημαντικές και συγκρίσιμες βελτιώσεις στην απόδοση αντοχής και για τα δύο φύλα, υποδηλώνοντας ότι οι τρέχουσες συστάσεις για τα συμπληρώματα καφεΐνης, βασισμένες σε μελέτες σε άνδρες, μπορεί να ισχύουν και για γυναίκες, ειδικά σε αερόβια αγωνίσματα αντοχής. Αυτά τα ευρήματα δείχνουν συλλογικά ότι η λήψη συμπληρωμάτων καφεΐνης είναι εξίσου αποτελεσματική στην ενίσχυση της αερόβιας ικανότητας τόσο σε άνδρες όσο και σε γυναίκες αθλητές. Ωστόσο, για να εξαχθούν σίγουρα συμπεράσματα όσον αφορά την επίδραση της καφεΐνης σε αερόβιες δραστηριότητες της καλαθοσφαίριση, είναι κρίσιμο όχι μόνο να πραγματοποιηθούν περαιτέρω μελέτες, αλλά και να συμπεριληφθούν αθλητές και των δύο φύλων στους συμμετέχοντες.

Επίσης, ένας παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει τις οξείες επιδράσεις της καφεΐνης είναι, μεταξύ άλλων, η ατομική ανοχή στην καφεΐνη που μπορεί να σχετίζεται με γενετικούς παράγοντες ή/και συνήθη ημερήσια κατανάλωση. Η τακτική κατανάλωση καφεΐνης μπορεί δυνητικά να αλλάξει την άμεση εργογόνο



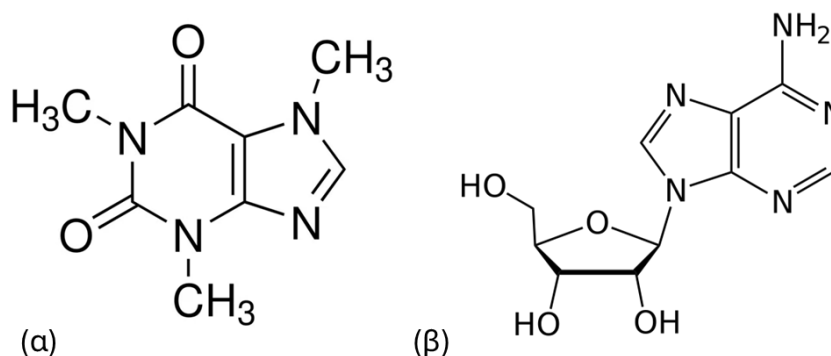
απόκριση σε αυτή. Η ανοχή μπορεί να αναπτυχθεί λόγω αυξημένου μεταβολισμού ή αλλαγών στον αριθμό των υποδοχέων με τους οποίους δεσμεύεται η καφεΐνη ή λόγω αλλαγών στη συγγένεια μεταξύ της καφεΐνης και αυτών των υποδοχέων. Συνήθως, αυτές οι προσαρμογές οδηγούν σε μείωση της αποτελεσματικότητας της με την πάροδο του χρόνου. Κατά συνέπεια, ενδέχεται η καφεΐνη να επιδρά καλύτερα σε ορισμένους αθλητές οπότε να παρατηρούνται θετικά αποτελέσματα, ενώ σε άλλους οι επιδράσεις να είναι αμελητέες. Αρκετές μελέτες έχουν δείξει ότι το επίπεδο της ημερήσιας πρόσληψης καφεΐνης δεν επηρεάζει την εργογόνο επίδραση της σε αθλήματα αντοχής (Gonçalves et al., 2017, de Salles Painelli et al., 2021, Grgic & Mikulic, 2021), οπότε και η διαδικασία αποχής από την καφεΐνη πριν από σημαντικούς αγώνες για την ενίσχυση των εργογόνων επιδράσεων της φαίνεται να είναι μια περιττή τεχνική για τους συνήθεις χρήστες συμπληρωμάτων καφεΐνης. Ωστόσο, υπάρχουν και έρευνες που έδειξαν ότι σε ορισμένα άτομα δεν παρατηρείται βελτίωση στη φυσική απόδοση μετά την κατανάλωση μέτριων δόσεων καφεΐνης (Skinner et al., 2010, Lara et al., 2015, Salinero et al., 2017), γεγονός που υποδηλώνει ότι μπορεί να μην ασκούνται εργογόνες δράσεις σε όλους τους αθλητές. Έτσι, όταν χρησιμοποιείται η καφεΐνη ως εργογόνο συμπλήρωμα, είναι απαραίτητο να εντοπιστούν άτομα που δεν ανταποκρίνονται στην καφεΐνη (Puente et al., 2017). Συνεπώς, στις μελέτες πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ο παράγοντας της ανταπόκρισης στην καφεΐνη.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙ. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

### 2.1. Καφεΐνη και αθλητική απόδοση

#### 2.1.1. Εισαγωγικά στοιχεία

Η καφεΐνη αποτελεί μια τριμεθυλοξανθίνη στην οποία οι τρεις μεθυλομάδες (-CH<sub>3</sub>) βρίσκονται στις θέσεις 1, 3 και 7, οπότε και προκύπτει η δομή όπως φαίνεται στην **Εικόνα 2.1**. Ανήκει στην ευρύτερη κατηγορία των αλκαλοειδών που είναι οργανικές ενώσεις και περιέχουν είτε ένα άτομο ή λίγα άτομα αζώτου. Δρα ως ανταγωνιστής των υποδοχέων της αδενοσίνης, μιας πουρίνης, παρεμποδίζοντας τη δράση της, αφού οι δύο ενώσεις σχετίζονται δομικά. Επίσης, η καφεΐνη έχει βρεθεί ότι έχει διεγερτικές, αντιοξειδωτικές και αντιφλεγμονώδεις δράσεις, οι οποίες είναι υπεύθυνες για την υψηλή παγκόσμια κατανάλωσή της (Saunders et al., 2023).



**Εικόνα 2.1:** Χημική δομή (α) της καφεΐνης και (β) της αδενοσίνης

Πιο συγκεκριμένα, η κατανάλωση καφεΐνης από τον άνθρωπο μπορεί να χρονολογηθεί ήδη από την παλαιολιθική περίοδο. Είναι φυσική ένωση και βρίσκεται σε πολλά φυτά ή δέντρα, σε διάφορα μέρη αυτών, όπως φύλλα, καρπούς ή σπόρους και έχει την ικανότητα να δρα ως φυσικό φυτοφάρμακο. Συνολικά έχει βρεθεί ότι περισσότερα από 60 είδη φυτών περιέχουν καφεΐνη (Saunders et al., 2023).

Η πιο συνηθισμένη μορφή κατανάλωσης της καφεΐνης είναι με τη μορφή του ροφήματος καφέ, το οποίο παρασκευάζεται από καβουρδισμένους και αλεσμένους κόκκους της ποικιλίας *Coffea arabica* (Keisler & Armsey, 2006). Άλλες κοινές πηγές είναι προϊόντα που προέρχονται από κακάο (*Theobroma*

*cacao*), όπως οι σοκολάτες, το τσάι (*Ilex paraguaiensis*) (Heckman et al., 2010) ή πράσινο τσάι (*Camellia sinensis*) (Keisler & Armsey, 2006), σκόνες και ποτά γκουαρανά (*Paullinia cupana*) (Schimpl et al., 2013) και κόλα (*Cola nitida* ή *Cola acuminata*), κυρίως με τη μορφή αναψυκτικών (Burdock et al., 2009). Όπως σε όλα τα επεξεργασμένα παρασκευάσματα τροφίμων, οι συγκεντρώσεις καφεΐνης είναι εξαιρετικά μεταβλητές και, σε ορισμένες περιπτώσεις, υπάρχουν και άλλες ουσίες που σχετίζονται με την καφεΐνη, όπως για παράδειγμα η θεοβρομίνη και θεοφυλλίνη (Heckman et al., 2010). Οι μεταβολές στην περιεκτικότητα καφεΐνης μπορεί να είναι αποτέλεσμα πολλών παραγόντων και σχετίζεται με το προϊόν. Σύμφωνα με τους Desbrow et al. (2012), η διακύμανση της περιεκτικότητας καφεΐνης στα ροφήματα καφέ μπορεί να φτάνει ακόμη και ποσοστό 100%, ανεξάρτητα με το αν εφαρμόζονται οι ίδιες μέθοδοι παρασκευής και ποσότητες. Ακόμη και η καφεΐνη στα υποτιθέμενα τυποποιημένα προϊόντα, όπως οι κάψουλες Nespresso® ενδέχεται να παρουσιάζουν μεγάλη μεταβλητότητα που διαφέρει από τις ετικέτες των κατασκευαστών (Desbrow et al., 2019). Οι διαφορές αυτές μπορεί να οφείλονται στη μεταβλητή συγκέντρωση καφεΐνης μεταξύ του μεγέθους της άλεσης (Jeon et al., 2017), των κόκκων καφέ και των διακυμάνσεων από παρτίδα σε παρτίδα (Fox et al., 2013). Η περιεκτικότητα της καφεΐνης διαφέρει επίσης στα προϊόντα σοκολάτας, γεγονός που οφείλεται εν μέρει στη συγκέντρωση αυτής στα λικέρ κακάο (που αποτελούν τη βάση για όλα τα προϊόντα σοκολάτας), αλλά και λόγω των διακριτών γενετικών χαρακτηριστικών των φυτών κακάο και της ωριμότητας των κόκκων κατά τη συγκομιδή. Σε ροφήματα τσαγιού, τόσο ο χρόνος εμφάνισης του υλικού στο νερό όσο και η αναλογία νερού προς φυτικό υλικό, ενδέχεται να επηρεάσουν τις συγκεντρώσεις καφεΐνης, και έχει βρεθεί ότι υψηλότερα επίπεδα καφεΐνης επιτυγχάνονται με μεγαλύτερο χρόνο εμφάνισης. Ωστόσο, τα βιομηχανικά παρασκευασμένα τρόφιμα, όπως τα ποτά τύπου κόλα και τα εμφιαλωμένα τσάγια, είναι πιθανότερο να έχουν λιγότερο μεταβλητές ποσότητες καφεΐνης επειδή ακολουθούνται διαδικασίες τυποποίησης που εξασφαλίζουν συγκεκριμένα επίπεδα καφεΐνης ανά προϊόν (Rocha et al., 2022). Έτσι, για πιο ακριβή δόση καφεΐνης, υπάρχουν και συνιστώνται πιο τυποποιημένοι τρόποι

κατανάλωσης, όπως τσίγλες με καφεΐνη, τζελ και κάψουλες, σε σύγκριση με σπιτικά ροφήματα καφέ (Wickham & Spriet, 2018).

### *2.1.2. Απορρόφηση και μεταβολισμός της καφεΐνης*

Η καφεΐνη, μετά την κατανάλωση, απορροφάται κατά μήκος όλου του γαστρεντερικού σωλήνα, συμπεριλαμβανομένου του στόματος και του οισοφαγικού βλεννογόνου. Συνεπώς, φτάνει γρήγορα στην κυκλοφορία του αίματος, σε μόλις 15-30 λεπτά, ενώ η μέθοδος κατάποσης φαίνεται να επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την ακριβή ταχύτητα με την οποία αυτό πραγματοποιείται. Για παράδειγμα, καφεΐνη που παραλαμβάνεται μέσω μάζησης καφεϊνούχου τσίγλας εισέρχεται στην κυκλοφορία πιο γρήγορα από ότι η καφεΐνη σε κάψουλες λόγω απορρόφησης στη στοματική κοιλότητα (Kamimori et al., 2002). Η συγκέντρωση της καφεΐνης φτάνει στα ανώτατα επίπεδα στο πλάσμα περίπου 1-2 ώρες μετά την κατάποση, ανάλογα με τη δόση, ενώ ο χρόνος ημιζωής της είναι περίπου 3-6 ώρες (Kamimori et al., 2002), αν και αυτό μπορεί να επηρεαστεί από το κάπνισμα ή τη χρήση αντισυλληπτικών χαπιών. Η συγκέντρωση της καφεΐνης στο αίμα επιστρέφει γενικά στην αρχική της τιμή εντός 16-29 ωρών μετά από μεταβολισμό (απομεθυλίωση) αυτής και απέκκριση μέσω των νεφρών και είναι πάλι δοσοεξαρτώμενη (Grzegorzewski et al., 2021).

Στον οργανισμό, η καφεΐνη μεταβολίζεται από το κυτόχρωμα P450, μια οικογένεια μονο-οξυγονασών (ενζύμων), οπότε παράγεται μια ποικιλία μεταβολιτών της ξανθίνης με περίπου 1-3% να απεκκρίνεται στα ούρα ως ελεύθερη καφεΐνη (Tarnopolsky, 2011). Το τελευταίο είναι σημαντικό υπό την οπτική των δοκιμών για ναρκωτικές ουσίες, εφόσον η δωρεάν καφεΐνη είναι αυτή που μετράται στα τεστ ντόπινγκ. Παράγοντες όπως η ηπατική δυσλειτουργία, οι πολυμορφισμοί του κυτοχρώματος P450 (Chen et al., 2005), η χρήση αντισυλληπτικών χαπιών από το στόμα και άλλα φάρμακα μπορούν να διαταράξουν το μεταβολισμό και την απέκκριση των μεταβολιτών καφεΐνης από τον ανθρώπινο οργανισμό. Η συνήθης κατανάλωση επηρεάζει επίσης το μεταβολισμό μειώνοντας πολλές από τις φυσιολογικές επιδράσεις, φαινόμενο γνωστό ως ταχυφυλαξία (ανάπτυξη ταχύτατης ανοχής μετά τη χορήγηση λίγων μόνο δόσεων ενός φαρμάκου ή μιας ουσίας). Για

παράδειγμα, συνήθης κατανάλωση καφεΐνης μείωσε την οξεία αύξηση του καρδιακού ρυθμού ή της αρτηριακής πίεσης, ενώ αντίθετα, οι εργογόνες επιδράσεις της καφεΐνης φαίνεται να είναι παρόμοιες τόσο σε μη συνήθεις όσο και σε συνήθεις καταναλωτές καφεΐνης (Tarnopolsky, 2011).

### *2.1.3. Μηχανισμοί και εργογόνος δράση της καφεΐνης*

Με βάση βιβλιογραφικά δεδομένα η καφεΐνη φαίνεται ότι επιδρά κυρίως μέσα από τέσσερις διαφορετικούς μηχανισμούς που επηρεάζονται από τη συγκέντρωσή της. Όταν βρίσκεται σε συγκεντρώσεις πλάσματος 5–10  $\mu\text{mol/L}$ , παρεμποδίζει τη λειτουργία των υποδοχέων αδενোসίνης, οπότε και προκαλεί τις διεγερτικές της ιδιότητες. Επιπλέον, η καφεΐνη έχει τη δυνατότητα να διαπερνά τον αιματοεγκεφαλικό φραγμό με αποτέλεσμα να αυξάνει τις κυκλοφορούσες συγκεντρώσεις της επινεφρίνης/αδρεναλίνης. Οι δύο παραπάνω μηχανισμοί συμβάλλουν στις οξείες επιδράσεις της καφεΐνης (αυξημένη ενεργειακή δαπάνη, αυξημένη λιπόλυση, αυξημένος καρδιακός ρυθμός και ρυθμός οξειδωσης των λιπαρών οξέων, υπεργλυκαιμία και υπερινσουλιαιμία). Οι επόμενοι δύο προτεινόμενοι μηχανισμοί της καφεΐνης θεωρούνται λιγότερο σημαντικοί, καθώς απαιτούν υψηλότερες συγκεντρώσεις καφεΐνης (500-5000  $\mu\text{mol/L}$ ), οι οποίες συνήθως δε δύνανται να επιτευχθούν με την τακτική κατανάλωση καφέ (που αντιπροσωπεύει 5–20  $\mu\text{mol}$  καφεΐνης/ημέρα). Οι μηχανισμοί αυτοί περιγράφουν την καφεΐνη ως αναστολέα της φωσφοδιεστεράσης ή ως διεγέρτη των καναλιών απελευθέρωσης ασβεστίου (Graham et al., 2008). Η καφεΐνη έχει επίσης χρόνιες επιπτώσεις, όπως απώλεια βάρους, απώλεια σωματικού λίπους, μυϊκή υπερτροφία και βελτιωμένη ευαισθησία στην ινσουλίνη, παρόμοια με άλλους  $\beta$ -αναστολείς.

Η καφεΐνη αλληλεπιδρά μη επιλεκτικά με τους υποδοχείς της αδενোসίνης, μόλις φτάσει στους ιστούς-στόχους της μετά την απορρόφηση, εμποδίζοντάς την να επιτύχει τα αποτελέσματά της. Η αδενοσίνη, ως πουρίνη, παράγεται σχεδόν σε όλα τα κύτταρα κατά τη διάρκεια της ημέρας όπου ασκεί ρυθμιστικές λειτουργίες στην κυτταρική δραστηριότητα, ενώ έχει παρατηρηθεί αυξημένη παραγωγή αυτής σε καταστάσεις στρες (π.χ. χαμηλή διαθεσιμότητα οξυγόνου, κυτταρική βλάβη, άσκηση) (Saunders et al., 2023). Όταν η καφεΐνη συνδέεται με αυτούς τους

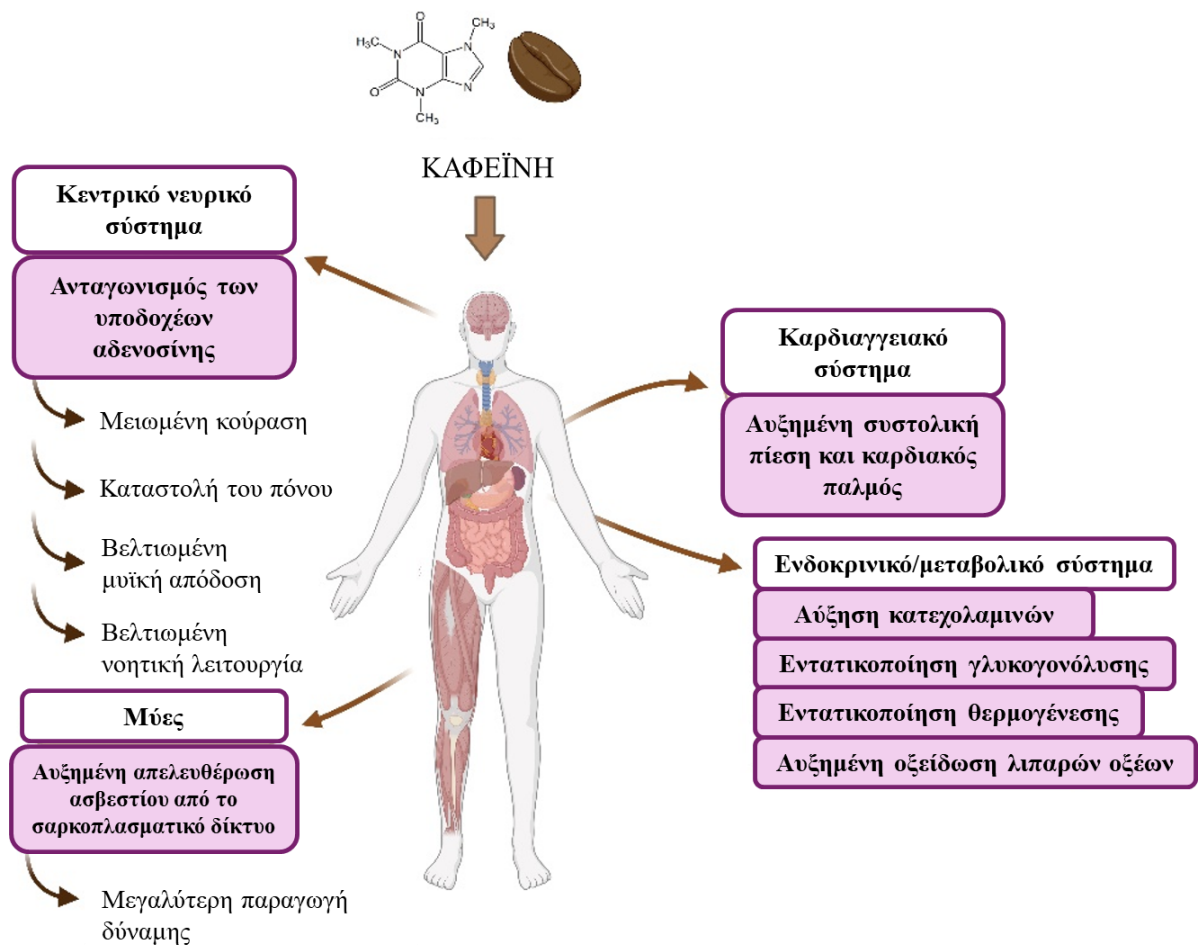
υποδοχείς (A1, A2a, A2b και A3) στα μυϊκά κύτταρα, παρατηρείται μείωση της πρόσληψης γλυκόζης και ταυτόχρονη αύξηση στην οξείδωση του λίπους (Sacramento et al., 2015, Collado-Mateo et al., 2020). Όταν η καφεΐνη δεσμεύεται συγκεκριμένα στους υποδοχείς A2a του κεντρικού νευρικού συστήματος, προκαλεί ενεργοποίηση των υποδοχέων ντοπαμίνης, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η διέγερση και η ενεργοποίηση συμπεριφοράς που οδηγεί σε εντατικοποίηση της βούλησης (Salamone et al., 2013). Η διέγερση ενισχύεται επίσης από την αυξημένη απελευθέρωση κατεχολαμινών, η οποία δημιουργεί μια αντίδραση μάχης ή φυγής (*fight-or-flight*) που προετοιμάζει το σώμα για δράση.

Η καφεΐνη αυξάνει επίσης την απελευθέρωση ασβεστίου από το σαρκοπλασματικό δίκτυο, το οποίο οδηγεί σε πιο ισχυρή και αποτελεσματική μυϊκή σύσπαση, γεγονός που εξηγεί και την εργογόνο δράση της καφεΐνης στη βελτίωση της απόδοσης σε ασκήσεις με αντιστάσεις (Tarnopolsky, 2008, Bazzucchi et al., 2011). Επιπλέον, μελέτες που διεξήχθησαν τόσο σε ζώα όσο και σε ανθρώπους υποδηλώνουν ότι η καφεΐνη μπορεί να έχει άμεση επίδραση στον σκελετικό μυϊκό ιστό, επιβεβαιώνοντας την εργογόνο δράση της (Tallis et al., 2012, Tallis et al., 2015).

Όσον αφορά την εργογόνο δράση της καφεΐνης στην απόδοση της άσκησης, είχαν αρχικά προταθεί ορισμένοι μηχανισμοί που σχετίζονταν με την ενισχυμένη οξείδωση του λίπους και την επακόλουθη εξοικονόμηση γλυκογόνου (Grgic et al., 2019). Ωστόσο, αυτοί οι προτεινόμενοι μηχανισμοί δεν επιβεβαιώθηκαν από περαιτέρω μελέτες, δεδομένου ότι η κατανάλωση καφεΐνης έχει παρατηρηθεί ότι είναι ευεργετική ακόμη και σε πρωτόκολλα άσκησης μικρότερης διάρκειας (π.χ. < 30 λεπτά) στα οποία τα επίπεδα γλυκογόνου δεν φαίνεται να είναι περιοριστικός παράγοντας (Graham, 2001). Επίσης, οι μηχανισμοί αυτοί αδυνατούσαν να εξηγήσουν τις παρατηρούμενες εργογόνες επιδράσεις της καφεΐνης στην απόδοση αναερόβιας άσκησης μικρής διάρκειας και υψηλής έντασης (Davis & Green, 2009). Επί του παρόντος, αποδεκτοί μηχανισμοί σχετίζονται με την ανταγωνιστική επίδραση της καφεΐνης στους υποδοχείς αδενosίνης, την αυξημένη οξείδωση λίπους την ενίσχυση της οξείδωσης των εξωγενών υδατανθράκων και την αυξημένη απελευθέρωση ασβεστίου στο σαρκοπλασματικό δίκτυο όπως

προαναφέρθηκε (McLellan et al., 2016, Conger et al., 2022, Saunders et al., 2023). Πιθανότατα, η καφεΐνη λειτουργεί μέσω ενός ή συνδυασμού των παραπάνω μηχανισμών και η σχετική συνεισφορά τους εξαρτάται από τον τύπο, τη διάρκεια και την ένταση της δραστηριότητας.

Πέραν των εργογόνων δράσεων της καφεΐνης απευθείας στους σκελετικούς μύες, υπάρχουν επιδράσεις στο κεντρικό νευρικό σύστημα (εγκέφαλος και νωτιαίος μυελός) από τη χορήγηση καφεΐνης που μπορεί να βελτιώσουν την απόδοση κατά τη διάρκεια της άσκησης αντοχής. Ίσως η πιο γνωστή επίδραση της καφεΐνης είναι η προώθηση της εγρήγορσης, γεγονός που μπορεί να αποτρέψει την κεντρική αντίληψη της κόπωσης. Εκτός από τη μείωση της κεντρικής αντίληψης της κόπωσης, η μείωση του πόνου έχει αποδειχθεί σε αρκετές μελέτες μετά τη χορήγηση καφεΐνης (Suchomel et al., 2018). Συνολικά, τα οφέλη της καφεΐνης στον ανθρώπινο οργανισμό παρουσιάζονται στην **Εικόνα 2.2**.



*Εικόνα 2.2.: Επιδράσεις της καφεΐνης σε διάφορα συστήματα του ανθρώπινου οργανισμού*

*2.1.4. Επίδραση της καφεΐνης στην αθλητική απόδοση*

Η καφεΐνη είναι ένα δημοφιλές εργογόνο βοήθημα, που χρησιμοποιείται ευρέως από αθλητές σε όλα τα επίπεδα (Van Thuyne & Delbeke, 2006, Del Coso et al., 2011). Η πρώτη γνωστή μελέτη σχετικά με τις επιδράσεις της καφεΐνης στη βελτίωση της απόδοσης της άσκησης δημοσιεύτηκε το 1907 και πλέον έχουν μελετηθεί για περισσότερα από 100 χρόνια (Rivers & Webber, 1907). Έκτοτε, το ενδιαφέρον για την καφεΐνη έχει αυξηθεί τόσο, ώστε πλέον αποτελεί ένα από τα πιο καθιερωμένα εργογόνα βοηθήματα, με αποτελέσματα βελτίωσης της απόδοσης σε ένα ευρύ φάσμα τρόπων άσκησης (Polito et al., 2016). Επί του παρόντος, οι επιδράσεις της καφεΐνης που ενισχύουν την απόδοση σε μια πληθώρα τρόπων άσκησης είναι καλά εδραιωμένες σε επίπεδο μετα-αναλύσεων (Grgic et al., 2018, Southward et al., 2018, Grgic & Pickering, 2019). Οι γενικές κατευθυντήριες οδηγίες συνιστούν την κατανάλωση 3–6 mg καφεΐνης /kg σωματικού βάρους, κατά προτίμηση 60 λεπτά πριν την έναρξη της άσκησης. Ωστόσο, πρόσφατα φάνηκε ότι υπάρχει σημαντική διακύμανση μεταξύ των ατόμων ως απόκριση σε ένα τέτοιο τυποποιημένο πρωτόκολλο, και μια ποικιλία παραγόντων ενδεχομένως επηρεάζουν την απορρόφηση της καφεΐνης (Pickering & Kiely, 2018).

Παλαιότερα η καφεΐνη είχε συμπεριληφθεί στη λίστα αντι-ντόπινγκ, με μια συγκέντρωση της στα ούρα της τάξης των 15 mg/mL να αποτελεί θετικό δείγμα (το 1985 μειώθηκε σε 12 mg/mL), το οποίο πιθανότατα θα μπορούσε να επιτευχθεί μόνο μέσω κατάποσης πολύ πάνω από 9 mg/kg μάζας σώματος (Burke, 2008). Εφόσον οι τρέχουσες συστάσεις για συμπλήρωμα καφεΐνης είναι 3–6 mg/kg (Maughan et al., 2018), είναι πολύ απίθανο οι ακόλουθες οδηγίες να οδηγήσουν σε θετικό τεστ δοκιμής. Ωστόσο, το 2004 η καφεΐνη αφαιρέθηκε από τη λίστα με βάση τον Παγκόσμιο Οργανισμό Αντι-ντόπινγκ (Burke, 2008) οπότε οι αθλητές μπορούν πλέον να την εντάξουν ελεύθερα ως μέρος της διατροφικής τους προετοιμασίας. Βέβαια ο Παγκόσμιος Οργανισμός Αντι-ντόπινγκ συνεχίζει να παρακολουθεί τη χρήση της σε όλο τον αθλητισμό. Η καφεΐνη περιλαμβάνεται στη δήλωση συναίνεσης της Διεθνούς Ολυμπιακής Επιτροπής του 2018 για τα συμπληρώματα



ως ένα από τα πέντε μόνο συμπληρώματα διατροφής που έχουν καλά έως ισχυρά επιστημονικά στοιχεία για να υποστηρίξουν τη χρήση τους στη βελτίωση της απόδοσης της άσκησης σε διάφορα αθλήματα (Maughan et al., 2018).

Πλέον, η καφεΐνη θεωρείται ένα από τα πιο αποτελεσματικά εργογόνα βοηθήματα σε ένα ευρύ φάσμα δραστηριοτήτων, συμπεριλαμβανομένης της άσκησης δύναμης (Grgic, 2018), αντοχής (Southward et al., 2018), και ενδυνάμωσης (Grgic et al., 2018). Η καφεΐνη είναι επίσης αποτελεσματική όσον αφορά την ευκινησία, τη δύναμη των αλμάτων και την απόδοση διαλείπουσας άσκησης, οπότε και οι παίκτες ομαδικών αθλημάτων μπορούν να ωφεληθούν από τη χορήγησή της (Salinero et al., 2019). Ομοίως φαίνεται να ωφελούνται και τα μαχητικά αθλήματα που απαιτούν διαλείπουσες προσπάθειες τόσο με αερόβια όσο και με αναερόβια άσκηση (Diaz-Lara et al., 2022).

Για την καλύτερη κατανόηση του μεγέθους του εργογόνου αποτελέσματος της καφεΐνης χρησιμοποιούνται ορισμένα μεγέθη επίδρασης, όπου τα υψηλότερα αντικατοπτρίζουν μεγαλύτερα κέρδη απόδοσης. Με βάση τον Sawilowsky (2009), τα μεγέθη αυτά διαχωρίζονται σε τρεις κατηγορίες και ερμηνεύονται ως πολύ μικρά (0,01-0,19), μικρά (0,20-0,49), μέτρια (0,50-0,79) και μεγάλα ( $\geq 0,80$ ). Αξίζει να σημειωθεί ότι ακόμη και πολύ μικρά μεγέθη επίδρασης μπορεί να είναι χρήσιμα, καθώς σε αγώνες κορυφαίου επιπέδου, όπως η ποδηλασία ή το τρέξιμο, η διαφορά μεταξύ της νίκης και του τερματισμού στη δεύτερη ή χαμηλότερη θέση, μπορεί να κριθεί σε χιλιοστά του δευτερολέπτου.

- Άσκηση αντοχής υψηλής έντασης

Η άσκηση αντοχής είναι μια δραστηριότητα που μπορεί να διαρκέσει από αρκετά λεπτά έως αρκετές ώρες, και η κυρίαρχη ενέργεια που απαιτείται για την εκπλήρωσή της προέρχεται από τον αερόβιο μεταβολισμό, ενώ συμβάλλουν και οι αναερόβιες πηγές ενέργειας (Gastin, 2001, Chamari & Padulo, 2015). Η συμβολή από αερόβιες πηγές ενέργειας αυξάνεται με την αύξηση της διάρκειας της δραστηριότητας (Gastin, 2001). Η απόδοση εξαρτάται από έναν συνδυασμό καλής αερόβιας και αναερόβιας ικανότητας, δεδομένου ότι πολλές δραστηριότητες αντοχής μεγαλύτερης διάρκειας συχνά ολοκληρώνονται με μία τελική ακραία

εκτόξευση ή ένα σπριντ. Επομένως, οι αθλητές αντοχής βασίζονται στην ικανότητα να διατηρούν αυξημένο ενεργειακό μεταβολισμό για να τροφοδοτούν την απόδοση που προέρχεται τόσο από αερόβιες όσο και από αναερόβιες πηγές.

Σε ασκήσεις αντοχής ποικίλου μήκους, συμπεριλαμβανομένης της ποδηλασίας διαφορετικών χιλιομέτρων (1 χιλιομέτρου, 4 χιλιομέτρων, 10 χιλιομέτρων, 16 χιλιομέτρων, 30 χιλιομέτρων και 40 χιλιομέτρων), η καφεΐνη έχει αποδειχθεί ότι είναι ένα αποτελεσματικό συμπλήρωμα διατροφής για τη βελτίωση της απόδοσης. Εκτός της ποδηλασίας, και άλλες μορφές άσκησης αντοχής μπορούν να βελτιωθούν με τη λήψη συμπληρωμάτων καφεΐνης, συμπεριλαμβανομένου του τρεξίματος, της κωπηλασίας, της κολύμβησης και του τριάθλου. Συνολικά, τα μετα-αναλυτικά δεδομένα υποδηλώνουν ότι η καφεΐνη έχει μικρές έως μέτριες επιδράσεις (εύρος μεγέθους: 0,22–0,61) στην απόδοση της άσκησης αντοχής (Grgic et al., 2020).

- Άσκηση με αντιστάσεις

Στην άσκηση με αντιστάσεις μεμονωμένες ή πολλαπλές μυϊκές ομάδες συσπώνται ενάντια σε μια εξωτερική αντίσταση που στοχεύουν στην αύξηση της μυϊκής δύναμης, του μεγέθους των μυών (υπερτροφία), της δύναμης και της αντοχής. Στον αθλητισμό, η δύναμη και η ισχύς είναι απαραίτητες για μεγαλύτερη αθλητική απόδοση σε διάφορα αθλήματα και καθοριστικές σε αθλήματα όπως η άρση βαρών και η σφαιροβολία. Οι προπονήσεις με αντιστάσεις είναι ένα σημαντικό συστατικό πολλών αθλητικών προπονητικών προγραμμάτων για την ανάπτυξη ισχύος και δύναμης. Δοκιμασίες όπως το μέγιστο μίας επανάληψης, τα κάθετα άλματα και οι επαναλήψεις μέχρι την εξάντληση χρησιμοποιούνται συνήθως για τον προσδιορισμό της μυϊκής δύναμης, της ισχύος και της αντοχής, καθώς δεν απαιτούν εξειδικευμένο εξοπλισμό για τη μέτρηση της απόδοσης (Saunders et al., 2023).

Μεγάλος αριθμός πρωτότυπων μελετών έχει καθορίσει τις επιδράσεις της καφεΐνης στη μυϊκή δύναμη, την ισχύ και την αντοχή, οδηγώντας κατ' επέκταση σε πολυάριθμες μετα-αναλύσεις που συνοψίζουν στατιστικά αυτά τα δεδομένα. Υπάρχουν μικρές (μέγεθος επίδρασης: 0,20) και πολύ μικρές (μέγεθος επίδρασης:

0,17) επιδράσεις της καφεΐνης στη δύναμη και την ισχύ (Grgic et al., 2018) και μικρές επιδράσεις στη μυϊκή αντοχή (μέγεθος επίδρασης: 0,38) (Polito et al., 2016).

Τα παραπάνω αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι οι αθλητές μπορούν να σηκώσουν ελαφρώς βαρύτερα φορτία μετά από κατανάλωση καφεΐνης καθώς η καφεΐνη μπορεί να ενισχύσει τη δύναμη και την ισχύ που παράγεται κατά την άσκηση με αντιστάσεις. Αντίστοιχα, η βελτιωμένη μυϊκή αντοχή που παρατηρείται σημαίνει ότι μπορούν να πραγματοποιηθούν περισσότερες επαναλήψεις μετά από πρόσληψη καφεΐνης. Συνολικά, φαίνεται ότι η καφεΐνη βελτιώνει τη δύναμη, την ισχύ και τη μυϊκή υπερτροφία με την πάροδο του χρόνου κατά τη διάρκεια προγραμμάτων ασκήσεων με αντιστάσεις (Lopez et al., 2021).

Σε περιπτώσεις χρήσης συμπληρωμάτων καφεΐνης τα μετα-αναλυτικά δεδομένα δείχνουν ταχύτερο ρυθμό ανάπτυξης δύναμης κατά την άσκηση με αντιστάσεις (μέγεθος επίδρασης: μικρό 0,49) (Grgic & Mikulic, 2022). Είναι ενδιαφέρον ότι τα ευεργετικά αποτελέσματα ήταν μεγαλύτερα όταν λαμβάνονταν μεγαλύτερες από τις συνιστώμενες δόσεις καφεΐνης, συγκεκριμένα πάνω από 6 mg/kg (μέγεθος επίδρασης: μέτριο 0,57), αν και τα αποτελέσματα εξακολουθούν να είναι θετικά με τις συνιστώμενες δόσεις (μέγεθος επίδρασης: μικρό 0,25). Μια μετα-ανάλυση, χρησιμοποιώντας συγκεντρωμένα δεδομένα από δώδεκα αρχικές μελέτες, προσδιόρισε την επίδραση της καφεΐνης στην ταχύτητα της κίνησης κατά τη διάρκεια ασκήσεων με αντιστάσεις (Raya-González et al., 2020), παρουσιάζοντας σημαντικές βελτιώσεις σε αυτή (μέγεθος επίδρασης: μέτριο 0,62). Τα αποτελέσματα ήταν εμφανή τόσο για τη μέση ταχύτητα (μέγεθος επίδρασης: υψηλό 0,80) όσο και για τη μέγιστη ταχύτητα (μέγεθος επίδρασης: μικρό 0,41) για ασκήσεις αντιστάσεων χαμηλού, μέτριου και υψηλού φορτίου, τόσο κάτω όσο και άνω σώματος. Είναι λοιπόν φανερό ότι υπάρχουν δεδομένα που υποστηρίζουν τη χρήση της καφεΐνης στην άσκηση με αντιστάσεις, με ευεργετικά αποτελέσματα τόσο στην ποιότητα όσο και στην ποσότητα της άσκησης.

- Ομαδικά αθλήματα/επαναλαμβανόμενες δραστηριότητες σπριντ

Η καλαθοσφαίριση, το ποδόσφαιρο, το χόκεϊ, το ράγκμπι και η πετοσφαίριση είναι ομαδικά, διαλείποντα αθλήματα που περιλαμβάνουν επαναλαμβανόμενες

περιόδους υψηλής έντασης και μέγιστης δραστηριότητας (δηλαδή σπριντ) σε συνδυασμό με χαμηλή έως μέτρια δραστηριότητα ή ανάπαυση, ενώ έχουν μέτρια έως μεγάλη διάρκεια (π.χ. 1–4 ώρες). Η ικανότητα ανάκαμψης και επανάληψης της υψηλής έντασης και μέγιστης προσπάθειας κατά τη διάρκεια των ομαδικών αθλημάτων είναι μια συνιστώσα της φυσικής κατάστασης που ονομάζεται *ικανότητα επαναλαμβανόμενων σπριντ* (Girard et al., 2011). Η ικανότητα επανάληψης αυτών των προσπαθειών υψηλής έντασης κατά τη διάρκεια ενός ανταγωνιστικού αγώνα ή παιχνιδιού είναι κρίσιμη για την επιτυχία του έκβαση οπότε και αποτελεί βασικό συστατικό της απόδοσης (Rampinini et al., 2007). Η δοκιμή της ικανότητας επαναλαμβανόμενων σπριντ χρησιμοποιείται συχνά ως εργαλείο για να προσδιοριστεί εάν ένα συμπλήρωμα διατροφής, όπως η καφεΐνη, μπορεί να έχει εργογόνες δράσεις όσον αφορά τα ομαδικά αθλήματα.

Μεμονωμένες μελέτες έχουν δείξει ότι η λήψη συμπληρωμάτων καφεΐνης μπορεί να βελτιώσει διάφορες πτυχές της απόδοσης στο ποδόσφαιρο, την πετοσφαίριση, το χόκεϊ επί χόρτου, το χόκεϊ επί πάγου, τη χειροσφαίριση και το ράγκμπι (Saunders et al., 2023). Με βάση δεδομένα μετα-αναλύσεων και συστηματικών ανασκοπήσεων φαίνεται ότι συνολικά η καφεΐνη μπορεί να βελτιώσει ορισμένες μεταβλητές απόδοσης τόσο στην καλαθοσφαίριση (Lazić et al., 2022), όσο και στο ποδόσφαιρο (Mielgo-Ayuso et al., 2019). Η ανασκόπηση των Salinero et al. (2019) που περιλαμβάνει 34 δημοσιευμένες έδειξε ότι η καφεΐνη μπορεί να αυξήσει την ταχύτητα κατά τη διάρκεια μονών (μέγεθος επίδρασης: πολύ μικρό 0,16) και επαναλαμβανόμενων σπριντ (μέγεθος επίδρασης: πολύ μικρό 0,14), καθώς και το ύψος άλματος για μονά (μέγεθος επίδρασης: πολύ μικρό 0,19) και επαναλαμβανόμενα άλματα (μέγεθος επίδρασης: μικρό 0,29). Επιπλέον, κατά τη διάρκεια αγώνων ομαδικού αθλητισμού, η καφεΐνη αύξησε τη συνολική απόσταση τρεξίματος (μέγεθος επίδρασης: μικρό 0,41), τον αριθμό των πραγματοποιούμενων σπριντ (μέγεθος επίδρασης: μικρό 0,44) και την απόσταση που καλύπτεται κατά τη διάρκεια του σπριντ (μέγεθος επίδρασης: μικρό 0,36). Εφόσον η καφεΐνη έχει μικρές αλλά θετικές επιδράσεις στην απόδοση κατά τη διάρκεια συγκεκριμένων δραστηριοτήτων αποτελεί συμπλήρωμα ενδιαφέροντος για τους αθλητές ομαδικών αθλημάτων.

- Μαχητικά αθλήματα

Στα μαχητικά αθλήματα περιλαμβάνονται μεταξύ άλλων η πυγμαχία, η πάλη, το τζούντο, το καράτε. Είναι αθλήματα επαφής που συνήθως περιλαμβάνουν μάχη ένας προς έναν και μπορεί να έχουν διαλείπουσα δομή, οπότε μερικά αποτελούνται από πολλαπλούς αγώνες με καθορισμένες περιόδους ανάπαυσης (π.χ. γύροι πυγμαχίας 3 λεπτών με ανάπαυση 1 λεπτού) ενώ άλλα αποτελούνται από έναν μονό αγώνα (π.χ. αγώνας τζούντο 5 λεπτών). Ανεξάρτητα από τη διάρκεια και τη δομή, ο κάθε αγώνας χαρακτηρίζεται από περιόδους προσπαθειών υψηλής έντασης, ακολουθούμενες από δραστηριότητα χαμηλότερης έντασης (López- González et al., 2018). Κατά τη διάρκεια των μαχητικών αθλημάτων η μυϊκή δύναμη, η ισχύς και η αντίσταση τόσο του άνω όσο και του κάτω σώματος είναι επιθυμητές και απαραίτητες για βέλτιστη απόδοση, ενώ υπάρχει σημαντική ενεργειακή συμβολή τόσο από αερόβιες όσο και από αναερόβιες πηγές ενέργειας (Campos et al., 2012). Επιπλέον, οι γνωστικές επιδόσεις είναι μια σημαντική πτυχή της απόδοσης των μαχητικών αθλημάτων, καθώς ο χρόνος αντίδρασης, η προσοχή, και η λήψη αποφάσεων είναι ζωτικής σημασίας για την πρόβλεψη επιθέσεων και την οργάνωση αντεπιθέσεων (Russo & Ottoboni, 2019).

Στη μελέτη των Lopes-Silva et al. (2015), αν και η λήψη συμπληρωμάτων καφεΐνης έδειξε ότι αυξάνει την παραγωγή ενέργειας μέσω της γλυκόλυσης κατά τη διάρκεια προσομοιωμένης μάχης τάε-κβον-ντο, εντούτοις δεν παρατηρήθηκε βελτίωση της απόδοσης. Ωστόσο, μια άλλη μελέτη έδειξε ότι η απόδοση κατά τη διάρκεια προσομοιωμένης μάχης τάε-κβον-ντο βελτιώθηκε με την καφεΐνη (Santos et al., 2014). Άλλες μελέτες έχουν παρατηρήσει τόσο ειδικές όσο και μη ειδικές επιδράσεις σε πτυχές της πυγμαχίας, της πάλης, του τζούντο, και του καράτε (Saunders et al., 2023). Μια πρόσφατη συστηματική ανασκόπηση και μετα-ανάλυση των Diaz-Lara et al. (2022) έδειξε ότι η καφεΐνη θα μπορούσε να βελτιώσει τον αριθμό (μέγεθος επίδρασης: μικρό 0,40) και τη διάρκεια των επιθετικών ενεργειών (μέγεθος επίδρασης: μέτριο 0,58) κατά τη διάρκεια των μαχητικών αθλημάτων, ύστερα από ποσοτικοποίηση της επίδραση της πρόσληψης καφεΐνης στην απόδοση των μαχητικών αθλημάτων. Αυτή η μελέτη μετρήσε επίσης μη ειδικές επιδράσεις που σχετίζονται με τα μαχητικά αθλήματα,

παρουσιάζοντας βελτιωμένο χρόνο αντίδρασης (μέγεθος επίδρασης: υψηλό 0,98) και επίτευξη μεγαλύτερου ύψους σε κάθετα άλματα (μέγεθος επίδρασης: μικρό 0,38). Είναι προφανές ότι οι αθλητές των μαχητικών αθλημάτων μπορούν να αποκτήσουν σημαντικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα από την κατανάλωση καφεΐνης πριν από τις προπονήσεις ή τους αγώνες.

## **2.2. Αερόβια προπόνηση στην καλαθοσφαίριση**

### *2.2.1. Γενικά στοιχεία*

Για την εκπλήρωση των ενεργειακών αναγκών των μυών λειτουργούν από κοινού τρεις διακριτές αλλά στενά αλληλένδετες διαδικασίες. Από τη μία πλευρά, το αναερόβιο ενεργειακό σύστημα που υποδιαιρείται σε δύο μέρη: αυτό που αποτελείται από συστατικά εκτός του γαλακτικού οξέος και αντιπροσωπεύει τις διεργασίες που σχετίζονται με τη διάσπαση των αποθηκευμένων ουσιών που περιέχουν φώσφορο, όπως η τριφωσφορική αδενοσίνη ή ATP (μονάδα ενέργειας) και η φωσφοκρεατίνη (PC), καθώς και αυτό που σχετίζεται με το γαλακτικό οξύ και περιλαμβάνει την αναερόβια μετατροπή των υδατανθράκων σε γαλακτικό οξύ μέσω της γλυκόλυσης. Από την άλλη πλευρά, το αερόβιο ενεργειακό σύστημα περιλαμβάνει όλες τις διεργασίες που σχετίζονται με την καύση των υδατανθράκων και λιπών για την παραγωγή ενέργειας παρουσία οξυγόνου. Στην τελευταία περίπτωση περιλαμβάνονται οι διαδικασίες της γλυκόλυσης παρουσία οξυγόνου, του κύκλου του κιτρικού οξέος και της μεταφοράς ηλεκτρονίων/οξειδωτικής φωσφορυλίωσης. Τα αναερόβια μονοπάτια περιορίζονται από την ποσότητα ενέργειας που μπορεί να απελευθερωθεί σε μια ενιαία έντονη άσκηση τα αναερόβια μονοπάτια, παρόλο που μπορούν να αναγεννήσουν γρήγορα το ATP. Αντίθετα, το αερόβιο σύστημα παράγει ενέργεια για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα αλλά είναι κάπως περιορισμένη η ικανότητά του να παρέχει ενέργεια γρήγορα (Gastin, 2001).

Ως αερόβια άσκηση χαρακτηρίζεται κάθε δραστηριότητα που χρησιμοποιεί μεγάλες μυϊκές ομάδες, μπορεί να διατηρηθεί συνεχώς και έχει ρυθμικό χαρακτήρα σύμφωνα με το Αμερικανικό Κολλέγιο Αθλητικής (ACSM) (Wahid et al., 2016). Οι μυϊκές ομάδες που ενεργοποιούνται από αυτό το είδος άσκησης βασίζονται στον αερόβιο μεταβολισμό, όπως υποδηλώνει και το όνομα, με σκοπό την παραγωγή

ενέργειας με τη μορφή ATP κυρίως από υδατάνθρακες και λιπαρά οξέα. Στις αερόβιες δραστηριότητες συμπεριλαμβάνονται η ποδηλασία, ο χορός, η πεζοπορία, το τζόκινγκ/ τρέξιμο μεγάλων αποστάσεων, το κολύμπι και το περπάτημα. Αυτές οι δραστηριότητες έχουν σχεδιαστεί για να βελτιώσουν και να διατηρήσουν την αποτελεσματικότητα του καρδιαγγειακού συστήματος, ενισχύοντας την ικανότητα του σώματος να μεταφέρει και να χρησιμοποιεί οξυγόνο. Ο ίδιος ο όρος «αερόβιο» σημαίνει «με οξυγόνο». Κατά τη διάρκεια της αερόβιας προπόνησης, τόσο ο καρδιακός ρυθμός όσο και ο ρυθμός της αναπνοής αυξάνονται προκειμένου να καλυφθεί η αυξημένη ζήτηση οξυγόνου των μυών. Συνεπώς, αυτός ο τύπος άσκησης βοηθά στην ενίσχυση της καρδιάς, στη βελτίωση της ικανότητας των πνευμόνων και στη βελτίωση της συνολικής καρδιαγγειακής υγείας. Οι αερόβιες δραστηριότητες μπορούν να αξιολογηθούν μέσω της παραμέτρου της αερόβιας ικανότητας, η οποία ορίζεται από το ACSM ως *το προϊόν της ικανότητας του καρδιοαναπνευστικού συστήματος να παρέχει οξυγόνο και της ικανότητας των σκελετικών μυών να χρησιμοποιούν οξυγόνο* (ACSM, 2013). Ο δείκτης μέτρησης της αερόβιας ικανότητας είναι η μέγιστη κατανάλωση οξυγόνου ( $VO_{2max}$ ), η οποία μπορεί να μετρηθεί είτε μέσω διαβαθμισμένης εργομετρικής αξιολόγησης ή πρωτοκόλλων διαδρόμου με αναλυτή κατανάλωσης οξυγόνου είτε μέσω μαθηματικών τύπων (Patel et al., 2017).

Η αερόβια άσκηση είναι γνωστή για τα πολυάριθμα οφέλη της για την υγεία (**Εικόνα 3.1.**), συμπεριλαμβανομένης της αυξημένης αντοχής, της βελτίωσης της κυκλοφορίας του αίματος, της καλύτερης διαχείρισης βάρους και του μειωμένου κινδύνου διάφορων χρόνιων παθήσεων όπως οι καρδιαγγειακές παθήσεις και ο διαβήτης. Για το σκοπό αυτό, η αερόβια άσκηση συνιστάται ανεπιφύλακτα σε ασθενείς με στεφανιαία νόσο λόγω του χαμηλού της κόστους, του χαμηλού κινδύνου και της μη φαρμακευτικής παρέμβασής της. Η Ευρωπαϊκή Καρδιολογική Εταιρεία, το 2015, υποστήριξε την ενσωμάτωση της αερόβιας άσκησης σε προγράμματα καρδιακής αποκατάστασης, ιδιαίτερα για ασθενείς με οξύ στεφανιαίο σύνδρομο. Οι κατευθυντήριες γραμμές τονίζουν τη σημασία της αξιολόγησης της ικανότητας άσκησης και των σχετικών κινδύνων. Για βέλτιστα οφέλη, συνιστάται η τακτική αερόβια άσκηση να διεξάγεται τρεις ή περισσότερες

φορές την εβδομάδα, με κάθε συνεδρία να διαρκεί 30-45 λεπτά (Patel et al., 2017, Wang & Xu, 2017).

### *2.2.2. Πλεονεκτήματα αερόβιας άσκησης*

- Λιπιδαιμικό προφίλ

Η αερόβια άσκηση έχει αξιοσημείωτο αντίκτυπο στη βελτίωση των επιπέδων της λιποπρωτεΐνης υψηλής πυκνότητας ή HDL χοληστερόλης, όπως υποδεικνύεται από στοιχεία που παρουσιάζονται από τους Banz et al. (2003). Σε μια μελέτη 10 εβδομάδων που περιελάμβανε συνεδρίες αερόβιας άσκησης τρεις φορές την εβδομάδα στο 85% του μέγιστου καρδιακού ρυθμού, υπήρξε σημαντική αύξηση 13% στην HDL χοληστερόλη (από 29,8 σε 33,7 mg/dL). Το σχήμα άσκησης, το οποίο περιελάμβανε 40 λεπτά σε εξοπλισμό άσκησης τύπου σκι, επηρέασε μόνο την HDL χοληστερόλη, και δεν παρατηρήθηκαν αξιοσημείωτες βελτιώσεις σε άλλα συστατικά του λιπιδαιμικού προφίλ.

Η αύξηση της έντασης της συνεχούς αερόβιας άσκησης φαίνεται να αποφέρει σταθερά αποτελέσματα στην HDL χοληστερόλη. Σε μία αξιοσημείωτη παλαιότερη έρευνα, μελετήθηκε ο αντίκτυπος ενός προγράμματος αερόβιας άσκησης διάρκειας 6 μηνών, με προοδευτική αύξηση από το 50% στο 85% της μέγιστης αερόβιας ικανότητας για 20–60 λεπτά, τρεις φορές την εβδομάδα. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντικές μειώσεις της ολικής χοληστερόλης και του λόγου της ολικής προς την HDL χοληστερόλη. Αξίζει να σημειωθεί ότι η περίοδος παρέμβασης ήταν σχετικά μεγάλη και η ένταση της άσκησης ήταν σχετικά υψηλή, υπογραμμίζοντας τα πιθανά οφέλη της παρατεταμένης και έντονης αερόβιας άσκησης στις βελτιώσεις του λιπιδαιμικού προφίλ (Dunn et al., 1997).

Σε μια μετα-ανάλυση 51 παρεμβάσεων που περιελάμβαναν 12 ή περισσότερες εβδομάδες αερόβιας άσκησης και συμμετείχαν 4.700 άτομα, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, κατά μέσο όρο, η HDL χοληστερόλη αυξήθηκε κατά 4,6%, ενώ τα επίπεδα των τριγλυκεριδίων μειώθηκαν κατά 3,7% και η λιποπρωτεΐνη χαμηλής περιεκτικότητας ή LDL χοληστερόλη μειώθηκε κατά 5% (Leon & Sanchez, 2001). Παρόλο που η ολική χοληστερόλη παρέμεινε αμετάβλητη, παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση της αναλογίας HDL: LDL. Τα αποτελέσματα αυτά



υποδηλώνουν ότι η αερόβια άσκηση αυξημένης έντασης έχει μεγαλύτερο αντίκτυπο στα τριγλυκερίδια και την LDL χοληστερόλη συγκριτικά με μέτρια επίπεδα φυσικής δραστηριότητας.

Σε μία άλλη μελέτη, οι Nybo et al. (2010) διαπίστωσαν ότι η αναλογία της ολικής προς την HDL χοληστερόλη βελτιώθηκε σημαντικά με 150 λεπτά άσκησης την εβδομάδα στο 65% της  $VO_{2max}$  σε συμμετέχοντες που δεν είχαν προπονηθεί προηγουμένως. Η μελέτη συνέκρινε ένα ένα έντονο πρωτόκολλο διαλειμματικού τρεξίματος (40 λεπτά/εβδομάδα) με ένα πρωτόκολλο παρατεταμένης αερόβιας άσκησης (150 λεπτά/εβδομάδα) στο οποίο συμμετείχαν συνολικά 36 άτομα. Είναι ενδιαφέρον ότι μόνο η ομάδα παρατεταμένης άσκησης παρουσίασε βελτιώσεις στο λιπιδαιμικό προφίλ, ενώ δεν παρατηρήθηκαν αλλαγές μετά το έντονο πρόγραμμα διαλειμματικού τρεξίματος. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι ο όγκος της προπόνησης, και όχι η ένταση, παίζει κρίσιμο ρόλο στην ενίσχυση του λιπιδαιμικού προφίλ. Επιπλέον, πρότειναν μια πιθανή σχέση μεταξύ της μείωσης του σωματικού λίπους (που παρατηρείται στην ομάδα παρατεταμένης άσκησης) και των ευνοϊκών αλλαγών στα επίπεδα χοληστερόλης, τονίζοντας τη σημασία του όγκου άσκησης για την πρόκληση τέτοιων βελτιώσεων.

Η αερόβια προπόνηση τρεις φορές την εβδομάδα στο 70-75% του μέγιστου καρδιακού ρυθμού ( $HR_{max}$ ) για 8 εβδομάδες, προχωρώντας στη συνέχεια σε τέσσερις φορές την εβδομάδα στο 85% του  $HR_{max}$  για 45 λεπτά, είχε ως αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση των επιπέδων των τριγλυκεριδίων στο πλάσμα και την αύξηση της HDL χοληστερόλης. Τα δεδομένα έδειξαν ότι οι βραχυπρόθεσμες παρεμβάσεις μπορούν να είναι αποτελεσματικές, ειδικά με επαρκώς υψηλό όγκο προπόνησης. Η αύξηση της συχνότητας προπόνησης σε τέσσερις φορές την εβδομάδα φάνηκε να αποφέρει πρόσθετα οφέλη σε σύγκριση με ένα θεραπευτικό σχήμα τρεις φορές την εβδομάδα. Επιπλέον, οι ερευνητές της παρούσας μελέτης παρατήρησαν και μια μείωση 13% στο ποσοστό σωματικού λίπους (από 26,4% σε 22,9%) των συμμετεχόντων, υποδηλώνοντας ότι ο προστιθέμενος όγκος προπόνησης δημιούργησε μια επιπλέον μεταβολική απόκριση (LeMura et al., 2000).

Η ομάδα των Kraus et al. (2002) διεξήγαγε μια μελέτη όπου εξετάστηκε ο αντίκτυπος της μεταβολής του όγκου και της έντασης της αερόβιας άσκησης στα λιπιδαιμικά προφίλ 111 υπέρβαρων συμμετεχόντων με ήπια έως μέτρια δυσλιπιδαιμία, οι οποίοι ακολουθούσαν καθιστική ζωή. Οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν είτε σε 6 μήνες (ομάδα ελέγχου), είτε σε 8 μήνες σε μία από τις τρεις ομάδες αερόβιας άσκησης με διαφορετικά επίπεδα έντασης (υψηλή, μέτρια ή χαμηλή). Η μελέτη αποκάλυψε ότι ο συνδυασμός υψηλής έντασης και υψηλού όγκου αερόβιας άσκησης παρουσίασε τις πιο σημαντικές βελτιώσεις σε 10 από τις 11 μεταβλητές των λιπιδίων, συμπεριλαμβανομένης της μείωσης της LDL χοληστερόλης, της αύξησης της HDL και της μείωσης των τριγλυκεριδίων. Όσον αφορά λοιπόν την αερόβια άσκηση, φάνηκε ότι τόσο η συνολική ενεργειακή δαπάνη όσο και η ένταση παίζουν κρίσιμους ρόλους στη μείωση των λιπιδίων.

Τέλος, οι O' Donovan et al. (2005) αξιολόγησαν άμεσα τον αντίκτυπο της έντασης και του όγκου της αερόβιας προπόνησης στο λιπιδαιμικό προφίλ 64 ανδρών που έκαναν προηγουμένως καθιστική ζωή. Οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν τυχαία σε μια ομάδα ελέγχου, μια ομάδα άσκησης μέτριας έντασης (στο 60% της  $VO_{2max}$ ) ή μια ομάδα άσκησης υψηλής έντασης (στο 80% της  $VO_{2max}$ ). Παρατηρήθηκαν σημαντικές βελτιώσεις στο λιπιδαιμικό προφίλ μόνο στην ομάδα που ακολούθησε αερόβια προπόνηση υψηλής έντασης, συμπεριλαμβανομένων αξιοσημείωτων μειώσεων της LDL (από 4,04 σε 3,52 mmol/L) και της ολικής χοληστερόλης (από 6,02 σε 5,48 mmol/L).

Όλα τα παραπάνω ευρήματα υποδηλώνουν ότι ένα πρόγραμμα άσκησης μέτριας έντασης μπορεί να αυξήσει αποτελεσματικά την HDL χοληστερόλη. Ωστόσο, για να μειωθούν άμεσα τα επίπεδα χοληστερόλης LDL και των τριγλυκεριδίων, απαιτείται υψηλότερη ένταση αερόβιας άσκησης, η οποία μπορεί να δημιουργήσει προκλήσεις για άτομα με περιορισμένη ικανότητα άσκησης ή άλλους παράγοντες κινδύνου.

- Καρδιαγγειακό σύστημα

Πολλές μελέτες υπογραμμίζουν τα οφέλη της αερόβιας άσκησης στην αναστροφή και πρόληψη καρδιαγγειακών παθήσεων. Το 2002, οι Wisløff et al.

διεξήγαγαν πειράματα σε αρουραίους, αποδεικνύοντας τα πλεονεκτήματα της αερόβιας προπόνησης στο μυοκάρδιο μετά από ένα ισχαιμικό συμβάν. Αυτή η πρωτοποριακή εργασία κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η αερόβια προπόνηση επηρέασε θετικά την καρδιακή αναδιαμόρφωση και τη συσταλτικότητα του μυοκαρδίου. Στη συνέχεια, το 2007, οι Wisløff et al. επέκτειναν τα ευρήματά τους σε ανθρώπους, ιδιαίτερα σε αυτούς με καρδιακή ανεπάρκεια μετά από έμφραγμα του μυοκαρδίου. Η μελέτη περιελάμβανε μια ομάδα ελέγχου, μια ομάδα αερόβιας διαλειμματικής προπόνησης, και μίας μέτριας συνεχούς προπόνησης. Η ομάδα που συμμετείχε σε αερόβια διαλειμματική προπόνηση εμφάνισε αύξηση 46% στη  $VO_{2max}$ , που συσχετίστηκε με 60% αύξηση στο μέγιστο ποσοστό επαναπρόσληψης ασβεστίου στους σκελετικούς μύες (συστολική λειτουργία). Καρδιακή αναδιαμόρφωση και αύξηση 35% στη συστολική λειτουργία παρατηρήθηκαν επίσης και στην ομάδα που πραγματοποίησε μέτρια αλλά συνεχή προπόνηση, τονίζοντας τα ουσιαστικά πλεονεκτήματα της αερόβιας άσκησης τόσο σε ζωικά μοντέλα όσο και σε ανθρώπους.

Επιπλέον, η αερόβια άσκηση φαίνεται ότι επιδρά θετικά στην αρτηριακή πίεση. Συγκεκριμένα, μια οξεία συνεδρία αερόβιας άσκησης έχει τη δυνατότητα να προκαλέσει μείωση της κλινικής αρτηριακής πίεσης κατά την περίοδο μετά την άσκηση, και παρατηρείται τόσο σε υπερτασικά όσο και σε φυσιολογικά άτομα. Το εν λόγω φαινόμενο ονομάζεται *υπόταση μετά την άσκηση* όπου παρατηρείται μια διαρκής μείωση της αρτηριακής πίεσης ύστερα από ένα μόνο επεισόδιο άσκησης. Τα επίπεδα αρτηριακής πίεσης που παρατηρούνται μετά την άσκηση είναι χαμηλότερα σε σύγκριση με τα επίπεδα πριν από αυτή ή σε μια ημέρα ελέγχου χωρίς άσκηση. Αυτό υποδηλώνει ότι μια μόνο συνεδρία άσκησης μπορεί να οδηγήσει σε διαρκή μείωση της αρτηριακής πίεσης (Cardoso et al., 2010).

Ακόμη, έχει μελετηθεί η επίδραση της οξείας και χρόνιας αερόβιας άσκησης στην περιπατητική καταγραφή της αρτηριακής πίεσης (συνήθως 24ωρη) σε υπερτασικά άτομα. Για ευκολία κατανόησης, η εν λόγω αρτηριακή πίεση θα αναφέρεται στο παρόν κεφάλαιο ως περιπατητική. Το φαινόμενο της περιπατητικής υπότασης μετά την οξεία αερόβια άσκηση είναι καλά εδραιωμένο σε υπερτασικά άτομα, αλλά το μέγεθος της (-2 έως -12 mmHg) και η διάρκειά της

(4 έως 16 ώρες) παρουσιάζουν σημαντική μεταβλητότητα, υποδηλώνοντας πιθανές επιδράσεις από παράγοντες όπως τα χαρακτηριστικά του ατόμου ή της άσκησης. Γενετικές παραλλαγές ενδέχεται να επηρεάσουν τις αποκρίσεις της αρτηριακής πίεσης μετά την άσκηση σε υπερτασικά άτομα όπως προτείνεται από τη μελέτη των Blanchard et al. (2006). Όσον αφορά τα χαρακτηριστικά της άσκησης, η επίδραση της έντασης της άσκησης παραμένει θέμα συζήτησης. Ενώ ορισμένες μελέτες δεν έχουν βρει σημαντική διαφορά στην περιπατητική μείωση της αρτηριακής πίεσης με ποικίλες εντάσεις εντός του αερόβιου εύρους (40 έως 75% της  $VO_{2max}$ ) (Pescatello et al., 1991), άλλες παρατήρησαν μεγαλύτερες υποτασικές επιδράσεις μετά από βαριά άσκηση σε σύγκριση με την ελαφριά άσκηση (Quinn et al., 2000), ενώ ορισμένες ανέφεραν μεγαλύτερη υπόταση μετά από άσκηση χαμηλής έντασης (Blanchard et al., 2006). Η διάρκεια της άσκησης είναι μια άλλη δυναμικά σχετική μεταβλητή, αν και η επίδρασή της στην περιπατητική αρτηριακή πίεση δεν έχει διερευνηθεί διεξοδικά. Επιπλέον, η παρουσία παύσεων κατά τη διάρκεια της άσκησης μπορεί να επηρεάσει τις αποκρίσεις της αρτηριακής πίεσης, με στοιχεία να υποδηλώνουν ότι η περιπατητική υπόταση μετά την άσκηση διαρκεί περισσότερο όταν η ίδια άσκηση χωρίζεται σε πολλαπλές μικρές περιόδους σε σύγκριση με τη συνεχή άσκηση (Park et al., 2006). Συνοπτικά, ένα μεμονωμένο επεισόδιο οξείας αερόβιας άσκησης σχετίζεται με σημαντική μείωση της περιπατητικής αρτηριακής πίεσης κατά την περίοδο μετά την άσκηση σε υπερτασικά άτομα. Αυτό το αποτέλεσμα, κλινικής σημασίας για αυτούς τους ασθενείς, είναι σημαντικό σε μέγεθος και παραμένει για αρκετές ώρες. Ωστόσο, η μεταβλητότητα στο μέγεθος και τη διάρκεια της περιπατητικής υπότασης μετά την άσκηση υποδηλώνει ότι πολλοί παράγοντες μπορεί να επηρεάσουν αυτές τις επιδράσεις.

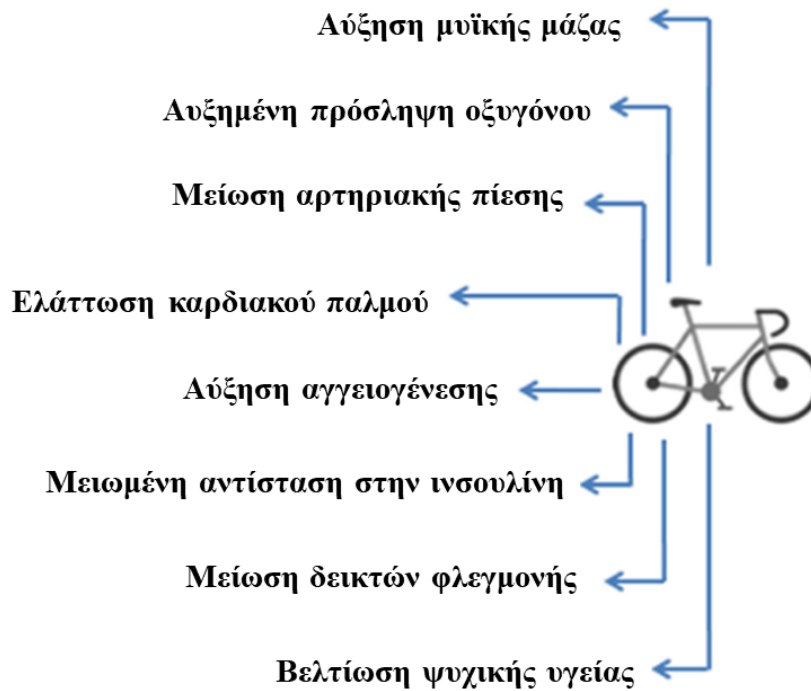
Ο αντίκτυπος της χρόνιας αερόβιας προπόνησης έχει επίσης εξεταστεί διεξοδικά σε υπερτασικούς ασθενείς, με πολυάριθμες διαχρονικές μελέτες να αναφέρουν μειώσεις στα περιπατητικά επίπεδα αρτηριακής πίεσης μετά από τέτοια προπόνηση. Στη μετα-ανάλυση του Fagard (2006) επιβεβαιώνεται ότι η αερόβια προπόνηση μειώνει κατά 3,3 mmHg τη συστολική και 3,5 mmHg τη διαστολική αρτηριακή πίεση κατά την αφύπνιση. Παρά το γεγονός ότι αυτές οι μειώσεις είναι

φαινομαινικά μέτριες, η έρευνα των Chobanian et al. (2003) δείχνει ότι ακόμη και μικρές μειώσεις, όπως 2 mmHg, σχετίζονται με 6% μείωση της θνησιμότητας από εγκεφαλικό και 4% μείωση της στεφανιαίας νόσου, υπογραμμίζοντας την κλινική σημασία αυτών των αλλαγών. Τα χαρακτηριστικά της αερόβιας προπόνησης παίζουν ρόλο στον τρόπο με τον οποίο επηρεάζεται η αρτηριακή πίεση. Σε μια έρευνα, δεν παρατηρήθηκε σημαντική μείωση της περιπατητικής αρτηριακής πίεσης μετά από 6 μήνες αερόβιας προπόνησης, αλλά σημειώθηκαν χαμηλότερα επίπεδα περιπατητικής αρτηριακής πίεσης μετά από 12 μήνες προπόνησης (Seals & Reiling, 1991). Αντίθετα, οι Marceau et al. (1993) διαπίστωσαν ότι η προπόνηση στο 50% και 70% της  $VO_{2max}$  οδήγησε σε μειωμένη περιπατητική αρτηριακή πίεση. Συγκεκριμένα, η προπόνηση χαμηλής έντασης συσχετίστηκε με μειωμένη αρτηριακή πίεση κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ η προπόνηση υψηλής έντασης οδήγησε σε μειωμένες τιμές τη νύχτα. Αυτά τα ευρήματα υπογραμμίζουν τη σημασία της εξέτασης συγκεκριμένων χαρακτηριστικών προπόνησης για την κατανόηση των επιπτώσεων τους στην αρτηριακή πίεση.

Λαμβάνοντας υπόψη την πολυπαραγοντική αιτιολογία της υπέρτασης, δεν είναι απολύτως σαφείς οι μηχανισμοί που διέπουν τη μείωση της αρτηριακής πίεσης μετά την αερόβια προπόνηση. Υπάρχουν αρκετοί πιθανοί μηχανισμοί που μπορεί να συμβάλλουν στις υποτασικές επιδράσεις της αερόβιας προπόνησης. Ωστόσο, ο επικρατέστερος μηχανισμός προτείνει ότι η αερόβια προπόνηση μειώνει κυρίως την αρτηριακή πίεση μέσω της μείωσης της περιφερειακής αγγειακής αντίστασης. Ενώ η υπέρταση είναι περίπλοκη και περιλαμβάνει πολλούς παράγοντες, αυτό το εύρημα υπογραμμίζει τον πιθανό ρόλο της βελτιωμένης αγγειακής λειτουργίας στα αποτελέσματα μείωσης της αρτηριακής πίεσης που σχετίζονται με την αερόβια προπόνηση (Fagard, 2006).

Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η οξεία αερόβια άσκηση μπορεί να μειώσει αποτελεσματικά τα επίπεδα της περιπατητικής αρτηριακής πίεσης, ιδιαίτερα σε υπερτασικούς ασθενείς. Από την άλλη πλευρά, η χρόνια αερόβια άσκηση φαίνεται να είναι ευεργετική στη μείωση της περιπατητικής αρτηριακής πίεσης, τόσο σε φυσιολογικά όσο και σε υπερτασικά άτομα. Κατά

συνέπεια, η αερόβια προπόνηση αναδεικνύεται ως πολύτιμο εργαλείο τόσο για την πρόληψη όσο και για τη θεραπεία της υπέρτασης, μεταξύ άλλων.



Εικόνα 3.1: Οφέλη της αερόβιας άσκησης στον ανθρώπινο οργανισμό

### 2.2.3. Ρόλος της αερόβιας προπόνησης στην καλαθοσφαίριση

Η καλαθοσφαίριση αποτελεί άθλημα διαλείπουσας διάρκειας και υψηλής έντασης που απαιτεί κυρίως ενέργεια από τον αναερόβιο μεταβολισμό (Castagna et al., 2009). Η αναερόβια συνεισφορά στο μπάσκετ είναι σημαντική για κινήσεις τακτικής (δηλαδή αμυντικές/επιθετικές μεταβάσεις) και τεχνικές ενέργειες όπως σουτ, άλματα, μπλοκ, πάσες, λεί-απ και άλλες τεχνικές κινήσεις (Castagna et al., 2010). Ωστόσο, η διάρκεια ενός αγώνα καλαθοσφαίρισης (40–48 λεπτά) απαιτεί υψηλό επίπεδο αερόβιου μεταβολισμού με σκοπό την «εκκαθάριση» του γαλακτικού οξέος από τους ενεργούς μύες, την ενίσχυση της επανασύνθεσης της φωσφορικής κρεατίνης, και την απομάκρυνση του συσσωρευμένου ενδοκυτταρικού ανόργανου φωσφόρου (Glaister, 2005). Συνεπώς, η φυσική κατάσταση των καλαθοσφαιριστών και κατ' επέκταση η απόδοση του παιχνιδιού

μπορούν να επηρεαστούν τόσο από τον αερόβιο όσο και από τον αναερόβιο μεταβολισμό (Montgomery et al., 2010).

Επί του παρόντος, οι φυσικές απαιτήσεις του ανταγωνισμού στην καλαθοσφαίριση έχουν αυξηθεί σημαντικά κυρίως λόγω αλλαγών κανόνων και εξελισσόμενων στρατηγικών (Ben Abdelkrim et al., 2007, Cormery et al., 2008). Η επιτυχής συμμετοχή στο άθλημα απαιτεί καλά ανεπτυγμένη φυσική κατάσταση μεταξύ των παικτών. Τα βασικά φυσικά χαρακτηριστικά για τους καλαθοσφαιριστές περιλαμβάνουν την ικανότητα (α) να ξεπερνούν τους αντιπάλους, (β) να έχουν δύναμη και ισορροπία για να αντέχουν σε σωματικές επαφές που σχετίζονται με το παιχνίδι, (γ) να πηδούν ψηλότερα και πιο γρήγορα από τους αντιπάλους και (δ) να επαναλαμβάνουν αυτές τις ενέργειες πιο αποτελεσματικά από τους αντιπάλους με μειωμένη κόπωση. Επιπλέον, αυτές οι δραστηριότητες πρέπει να εκτελούνται σε συνεργασία με συμπαίκτες, εναντίον αντιπάλων και σε συντονισμό με τη μπάλα και το γήπεδο, δίνοντας έμφαση στη σημασία των ορίων αυτού (Schelling & Torres-Ronda, 2013).

Ενώ το σύστημα πρωτογενούς ενέργειας στην καλαθοσφαίριση εξακολουθεί να αποτελεί αντικείμενο συνεχούς έρευνας, υπάρχει συναίνεση μεταξύ των περισσότερων ερευνητών ότι η καλαθοσφαίριση συνιστά διακεκομμένη υψηλής έντασης σωματική δραστηριότητα, που απαιτεί καλά ανεπτυγμένη αερόβια και αναερόβια φυσική κατάσταση. Σύμφωνα με τους Castagna et al. (2008), η απόδοση πιστεύεται ότι βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην αναερόβια ικανότητα των παικτών, ωστόσο η υψηλή αερόβια ικανότητα, ιδιαίτερα η μέγιστη αερόβια ικανότητα ( $VO_{2max}$ ), θεωρείται κρίσιμη για την ενίσχυση της ανάκαμψης από τις αναερόβιες προσπάθειες κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού (Tomlin & Wenger, 2001). Επιπλέον, είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη ότι οι σωματικές απαιτήσεις στην καλαθοσφαίριση ποικίλλουν ανάλογα με την ηλικία, το φύλο, τη θέση παιχνιδιού και τον χρόνο παιχνιδιού. Μελέτες αποκαλύπτουν ότι οι παίκτες καλύπτουν αποστάσεις που κυμαίνονται από 4.500 έως 7.500 μέτρα ανά παιχνίδι, συμμετέχουν σε έως και 1.000 διαφορετικές ενέργειες (όπως άμυνα, σπριντ, αλλαγή κατεύθυνσης, άλμα, περπάτημα), εκτελούν περίπου 45 άλματα και πρέπει να υπογραμμιστεί ότι μερικές ακολουθίες δραστηριότητες κατά τη διάρκεια

του παιχνιδιού διαρκούν περισσότερο από 40 δευτερόλεπτα (McInnes et al., 1995, Schelling & Torres-Ronda, 2013).

Για τους προπονητές και τους επαγγελματίες του αθλητισμού που ασχολούνται με την προετοιμασία των αθλητών, η πλήρης κατανόηση των σωματικών και φυσιολογικών απαιτήσεων ενός συγκεκριμένου αθλήματος είναι απαραίτητη κατά το σχεδιασμό προγραμμάτων προπόνησης (Gantois et al., 2018). Στην καλαθοσφαίριση, όπως προαναφέρθηκε, οι αθλητές συνήθως συμμετέχουν σε περίπου 55-105 κινήσεις σπριντ με διαστήματα που κυμαίνονται από 21-39 δευτερόλεπτα (Ben Abdelkrim et al., 2007). Η ικανότητα διατήρησης της βέλτιστης απόδοσης σε διαδοχικά σπριντ αναφέρεται ως *επαναλαμβανόμενη ικανότητα σπριντ* (RSA) και χαρακτηρίζεται από σύντομα, υψηλής έντασης ερεθίσματα που ακολουθούνται από σύντομες περιόδους ανάρρωσης. Έχει καθιερωθεί ως έγκυρη και αξιόπιστη δοκιμασία πεδίου σε διάφορα αθλήματα (ποδόσφαιρο, καλαθοσφαίριση, αντισφαίριση, χειροσφαίριση κ.α.) (Girard et al., 2011). Παρά την κυρίαρχη αναερόβια συνεισφορά στην επαναλαμβανόμενη ικανότητα σπριντ (Milionis et al., 2017), οι μελέτες υπογραμμίζουν επίσης τη σημασία της αερόβιας φυσικής κατάστασης σε αυτή, καθώς ο οξειδωτικός μεταβολισμός είναι απαραίτητος στην παροχή ενέργειας μέσω ATP και την επανασύνθεση της φωσφοκρεατίνης, καθώς και την απομάκρυνση μεταβολιτών όπως ο φώσφορος. Καθώς τα σπριντ επαναλαμβάνονται, η αερόβια συνεισφορά στην παροχή ενέργειας γίνεται πιο έντονη, καθυστερώντας πιθανώς την εμφάνιση της κόπωσης (Girard et al., 2011).

Στη μελέτη των Gantois et al. (2018) στόχος ήταν να εξεταστεί η σχέση μεταξύ της ενισχυμένης αερόβιας ικανότητας και της επαναλαμβανόμενης ικανότητας σπριντ σε 12 καλαθοσφαιριστές κολεγίου, ηλικίας 18 έως 24 ετών, μετά από έξι εβδομάδες προπόνησης. Σε συνδυασμό με την τακτική-τεχνική προπόνηση, οι αθλητές υποβλήθηκαν σε δοκιμές επαναλαμβανόμενης ικανότητας σπριντ. Οι ερευνητές παρατήρησαν ότι η αύξηση της μέγιστης αερόβιας ικανότητας, συγκεκριμένα αύξηση της  $VO_{2max}$  κατά ~7,5%, επέφερε βελτίωση της ικανότητας διατήρησης της μέγιστης απόδοσης σε διαδοχικά σπριντ. Δεδομένου ότι τα επαναλαμβανόμενα σπριντ είναι μια κοινή και κρίσιμη κίνηση στην προπόνηση και



στους αγώνες καλαθοσφαίρισης, τα ευρήματα υπογραμμίζουν τη σημασία της στόχευσης στη βελτίωση της αερόβιας απόδοσης στην προετοιμασία των αθλητών. Επιπλέον, η μελέτη προτείνει ότι, όταν η δοκιμή επαναλαμβανόμενης ικανότητας σπριντ προστίθεται στην τακτική-τεχνική προπόνηση, χρησιμεύει ως στρατηγική ικανή να προκαλέσει νευρομυϊκές προσαρμογές και να ενισχύσει την αερόβια δύναμη. Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί η απουσία ομάδας ελέγχου (*control*) σε αυτή τη μελέτη, οπότε και τα αποτελέσματα αυτής θα πρέπει να ερμηνευθούν αντίστοιχα. Οι μελλοντικές έρευνες θα πρέπει να εξετάσουν τη συμπερίληψη μιας ομάδας ελέγχου για μια πιο ολοκληρωμένη κατανόηση. Συμπερασματικά, περίπου το 39% της βελτίωσης στις μεταβλητές που σχετίζονται με τη διατήρηση των επαναλαμβανόμενων σπριντ σε καλαθοσφαιριστές κολεγίου συνδέθηκε με 7,5% αύξηση της  $VO_{2max}$  μετά από έξι εβδομάδες δοκιμών επαναλαμβανόμενων σπριντ σε συνδυασμό με τεχνική-τακτική προπόνηση ρουτίνας κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας. Αυτά τα ευρήματα υπογραμμίζουν τη σημασία για τους προπονητές και το προπονητικό προσωπικό να ενσωματώνουν στρατηγικές προπόνησης για την ενίσχυση της αερόβιας φυσικής κατάστασης των αθλητών και, κατά συνέπεια, την ικανότητά τους να διατηρούν κορυφαία απόδοση σε διαδοχικά σπριντ τόσο κατά τη διάρκεια της προπόνησης όσο και των αγώνων καλαθοσφαίρισης.

Επιπλέον, διάφορες μελέτες έχουν αποδείξει συσχετισμούς μεταξύ της απόδοσης του παιχνιδιού, συγκεκριμένα της απόστασης που καλύπτεται με τρέξιμο υψηλής έντασης, και σωματικών ικανοτήτων, όπως η  $VO_{2max}$  (Ben Abdelkrim et al., 2007, Narazaki et al., 2009). Στους άνδρες καλαθοσφαιριστές, η αερόβια απόδοση έχει συνδεθεί με τη συχνότητα των ενεργειών υψηλής έντασης κατά τη διάρκεια των αγώνων (Narazaki et al., 2009, Ben Abdelkrim et al., 2010). Η βελτιωμένη αερόβια απόδοση συνδέεται γενικά με ενισχυμένη ανάκαμψη από δραστηριότητες υψηλής έντασης (Tomlin & Wenger, 2001). Δεδομένης της πολύπλευρης φύσης της απόδοσης του παιχνιδιού, συμπεριλαμβανομένων των τακτικών και τεχνικών δεξιοτήτων, υπάρχει περιορισμένο παράθυρο για προπόνηση αντοχής στην καλαθοσφαίριση. Στα πλαίσια αυτά, η *διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης* (HIIT) έχει αναδειχθεί ως μια αποτελεσματική

μέθοδος, από άποψη χρόνου, για τη βελτίωση τόσο της αερόβιας όσο και της αναερόβιας απόδοσης, που συνήθως περιλαμβάνει τρέξιμο ή ποδηλασία (Zinner et al., 2016, Delextrat et al., 2018). Ενώ προηγούμενες μελέτες έχουν δείξει βελτιώσεις στην αερόβια απόδοση στα ομαδικά αθλήματα με τη μέθοδο της ΗΠΤ που βασίστηκε σε δοκιμασίες τρεξίματος (McMillan et al., 2005, Sperlich et al., 2011), εξακολουθεί να υπάρχει ανάγκη για εναλλακτικές λύσεις ειδικά για την καλαθοσφαίριση όπου ενσωματώνονται δοκιμές όπως η ντρίμπλα και το σουτ. Ορισμένες μελέτες έχουν διερευνήσει τη χρήση της ντρίμπλας στη μέθοδο ΗΠΤ σε ποδοσφαιριστές (Hoff & Helgerud, 2004) ή την ενσωμάτωση διαφόρων ελιγμών αλλαγής κατεύθυνσης σε γυναίκες καλαθοσφαιριστές (Sanchez-Sanchez et al., 2018). Η μελέτη των Aschendorf et al. (2018) είχε ως στόχο να αξιολογήσει τον αντίκτυπο ενός προγράμματος ΗΠΤ 5 εβδομάδων στην αερόβια απόδοση νεαρών καλαθοσφαιριστών. Συμμετείχαν 25 αθλητές ηλικίας  $15,1 \pm 1,1$  ετών, ύψους  $170 \pm 5,2$  cm και βάρους  $60,9 \pm 6,0$  kg. Η ομάδα προπόνησης (11 συμμετέχοντες) ενσωμάτωσε στην κανονική ομαδική προπόνηση δέκα συνεδρίες ΗΠΤ που περιελάμβαναν δοκιμές ειδικές για την καλαθοσφαίριση, ενώ η ομάδα ελέγχου (14 συμμετέχοντες) συνέχισε την τυπική προπονητική ρουτίνα. Οι αξιολογήσεις πριν και μετά την προπόνηση αποκάλυψαν ότι το ειδικό σχήμα ΗΠΤ 5 εβδομάδων για την καλαθοσφαίριση οδήγησε σε βελτιώσεις στην αερόβια απόδοση των νεαρών καλαθοσφαιριστών.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙΙ: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η επίδραση της καφεΐνης τόσο στην ολική απόδοση όσο και σε σχετικές με το άθλημα δεξιότητες έχει μελετηθεί εκτενώς στη βιβλιογραφία όσον αφορά την καλαθοσφαίριση. Ωστόσο, η πληθώρα των ερευνών επικεντρώνεται κυρίως σε δεξιότητες που χρησιμοποιούν ενέργεια μέσω του αναερόβιου μεταβολισμού και ελάχιστες είναι αυτές που έχουν μελετήσει την επίδραση της καφεΐνης στον αερόβιο μεταβολισμό. Στις περιπτώσεις αυτές δίνεται έμφαση στη δεξιότητα της αντοχής (*endurance*) η οποία κρίνεται απαραίτητη στην καλαθοσφαίριση αν αναλογιστεί κανείς τη συνήθη διάρκεια ενός αγώνα μπάσκετ που κυμαίνεται από 40 έως 48 λεπτά.

Όσον αφορά την αντοχή, αυτή χαρακτηρίζεται από την ικανότητα διατήρησης μιας συγκεκριμένης ταχύτητας ή δύναμης για μεγάλο χρονικό διάστημα. Η επιτυχία σε αγώνες αντοχής βασίζεται σημαντικά στην αερόβια επανασύνθεση του ATP, μια διαδικασία που εξαρτάται από την επαρκή παροχή οξυγόνου στην οξειδάση του κυτοχρώματος στην αλυσίδα μεταφοράς ηλεκτρονίων των μιτοχονδρίων, σε συνδυασμό με την παροχή και καύση υδατανθράκων και λιπιδίων. Οι προπονήσεις που βασίζονται στην αντοχή προκαλούν προσαρμογές στο αναπνευστικό, καρδιαγγειακό και νευρομυϊκό σύστημα, οδηγώντας σε βελτιωμένη παροχή οξυγόνου από την ατμόσφαιρα στα μιτοχόνδρια και ενισχυμένο μεταβολικό έλεγχο στα μυϊκά κύτταρα (Jones & Carter, 2012).

Η καφεΐνη έχει βρεθεί ότι δρα ως ευεργετικό βοήθημα για αθλητές που ασχολούνται με δραστηριότητες αντοχής, επιδεικνύοντας βελτιώσεις τόσο στις μέγιστες όσο και στις υπο-μέγιστες αερόβιες δοκιμασίες σε διάφορες διάρκειες και τύπους άσκησης. Επιπλέον, τα αναδυόμενα στοιχεία δείχνουν ότι η καφεΐνη μπορεί να ενισχύσει τη μυϊκή δύναμη και την αντοχή κατά τη διάρκεια επαναλαμβανόμενων ισομετρικών συσπάσεων (Tucker et al., 2013). Είναι ενδιαφέρον ότι η εργογόνος δράση της καφεΐνης φαίνεται να είναι πιο έντονη σε άτομα που δεν είναι συνήθεις χρήστες της ουσίας (Bell & McLellan, 2002). Η πιθανή διπλή επίδραση της καφεΐνης τόσο στην αερόβια όσο και στην αναερόβια

απόδοση την καθιστά ιδιαίτερα πολύτιμη για ομαδικά αθλήματα όπως η καλαθοσφαίριση, όπου οι παίκτες αντλούν σημαντικό μέρος της ενέργειάς τους αναερόβια, λειτουργούν κοντά ή πάνω από τα αναερόβια όρια, παρουσιάζουν υψηλούς καρδιακούς παλμούς που μπορεί να ξεπερνούν τους 170 παλμούς/λεπτό και βρίσκονται συνήθως στο 70-75% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου τους ( $VO_{2max}$ ). Ενώ ο ακριβής μηχανισμός μέσω του οποίου η καφεΐνη βελτιώνει την αντοχή παραμένει ασαφής, υπάρχουν αρκετοί πιθανοί τρόποι. Ένας προτεινόμενος φυσιολογικός μηχανισμός προτείνει ότι η κατανάλωση καφεΐνης μπορεί να συνδέεται με αύξηση της κινητοποίησης των ελεύθερων λιπαρών οξέων, η αξιολόγηση του οποίου μπορεί να εξεταστεί λαμβάνοντας υπόψη τις διαφορές στις αναλογίες αναπνευστικής ανταλλαγής, που είναι τυπικοί μεταβολικοί δείκτες (Doherty et al., 2004, Tucker et al., 2013).

Με βάση λοιπόν και τα παραπάνω, κρίνεται σημαντική η μελέτη της επίδρασης της καφεΐνης σε δραστηριότητες και δεξιότητες των καλαθοσφαιριστών που βασίζονται στον αερόβιο μεταβολισμό, όπως η αντοχή. Ωστόσο, ελάχιστες είναι οι έρευνες που πραγματεύονται τέτοιες επιδράσεις. Επιπλέον, τα αποτελέσματα των σχετικών ερευνών είναι αμφιλεγόμενα, καθώς οι περισσότεροι ερευνητές δεν παρατηρούν καμία επίδραση από την κατανάλωση των συμπληρωμάτων καφεΐνης στην αερόβια προπόνηση των καλαθοσφαιριστών, ενώ γενικότερα έχει βρεθεί ότι η καφεΐνη αποτελεί εργογόνο βοήθημα σε παρόμοια αθλήματα που απαιτούν αντοχή. Στο παρόν κεφάλαιο, θα γίνει μια αναφορά στις έρευνες πάνω στο θέμα και θα σχολιαστούν τα αποτελέσματα αυτών. Επίσης, θα ακολουθήσει μια μικρή αναφορά ορισμένων περιορισμών και παρενεργειών που έχουν παρατηρηθεί στις έρευνες. Στο σημείο αυτό, θα πρέπει να τονιστεί ξανά ότι η καλαθοσφαίριση αποτελεί άθλημα που βασίζεται σε μεγαλύτερο ποσοστό στον αναερόβιο μεταβολισμό οπότε είναι ίσως λογικό η πληθώρα των ερευνών να στοχεύει σε δεξιότητες που απαιτούν την παραγωγή ενέργειας μέσω αυτού.

Στην πρόσφατη έρευνα των Douligeris et al. (2023) τριάντα καλαθοσφαιριστές, ηλικίας 18–31 ετών, ύψους 166–195 cm, βάρους 70,2–116,7 kg, και σωματικού λίπους 10,6–26,4%, κατανεμήθηκαν σε δύο ομάδες των 15 ατόμων η κάθε μια. Στη μία ομάδα δόθηκε συμπλήρωμα για κατανάλωση πριν την

προπόνηση το οποίο περιείχε ένα συνδυασμό γνωστών εργογόνων ουσιών (200 mg καφεΐνη, 3,3 g μονοϋδρική κρεατίνη, 3,2 g β-αλανίνη, 6 g μηλική κιτρουλίνη και 5 g αμινοξέων διακλαδισμένης αλύσου ανά δόση), ενώ η άλλη ομάδα καταλάωνε εικονικό φάρμακο (*placebo*) για όλη τη διάρκεια του πειράματος. Οι ερευνητές μελέτησαν την επίδραση αυτών τόσο στον αναερόβιο όσο και στον αερόβιο μεταβολισμό. Στην τελευταία περίπτωση η αξιολόγηση έγινε με το τεστ διαλείπουσας ανάκαμψης Yo-Yo επιπέδου 1 (Yo-Yo IR1), το οποίο εστιάζει στην ικανότητα εκτέλεσης διαλείπουσας άσκησης που οδηγεί σε μέγιστη ενεργοποίηση του αερόβιου συστήματος (Bangsbo et al., 2008). Η αυξημένη αερόβια ικανότητα επηρεάζει την απόδοση και την αποκατάσταση στην καλαθοσφαίριση (Mancha-Triguero et al., 2019), επιτρέποντας στον αθλητή να εκτελεί αρκετές δραστηριότητες υψηλής έντασης κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού (Gottlieb et al., 2022). Η δοκιμή διαλείπουσας ανάκαμψης Yo-Yo επιπέδου 1 είναι ένα εξαιρετικό εργαλείο για την αξιολόγηση της αερόβιας ικανότητας (Mancha-Triguero et al., 2019). Στην παρούσα έρευνα, το τεστ αποτελούνταν από πολλαπλά στάδια τρεξίματος 40 μέτρων προοδευτικά αυξημένης ταχύτητας, ελεγχόμενα από ηχητικά σήματα. Σε κάθε στάδιο, οι αθλητές έπρεπε να τρέξουν 20 μέτρα από τη γραμμή εκκίνησης, να στρίψουν και να επιστρέψουν πίσω στη γραμμή εκκίνησης (20 μέτρα). Μεταξύ των σταδίων, οι αθλητές είχαν μια περίοδο ενεργητικής αποκατάστασης 10 δευτερολέπτων (2 × 5 μέτρα τζόκινγκ) (Douligeris et al., 2023). Τα ευρήματα της μελέτης απέδειξαν ότι η κατανάλωση του συμπληρώματος πριν από την προπόνηση δεν επέφερε σημαντικές αλλαγές στην αερόβια απόδοση, όπως μετρήθηκε από το τεστ Yo-Yo. Η εφάπαξ δόση καφεΐνης, κρεατίνης, β-αλανίνης, μηλικής κιτρουλίνης ή/και αμινοξέων διακλαδισμένης αλύσου στο συμπλήρωμα δεν οδήγησε σε αξιοσημείωτες βελτιώσεις στο τεστ Yo-Yo. Συγκεκριμένα, η ποσότητα καφεΐνης στο συμπλήρωμα ήταν  $2,4 \pm 0,4$  mg/kg σωματικού βάρους και η περιεκτικότητα σε αμινοξέα διακλαδισμένης αλύσου ήταν 5 g, η οποία μπορεί να θεωρηθεί πολύ χαμηλή για να ασκήσει αισθητή επίδραση στην αερόβια απόδοση. Προηγούμενες μελέτες έχουν προτείνει ότι η οξεία κατανάλωση καφεΐνης (Southward et al., 2018) ή η από του στόματος κατάποση 20 g αμινοξέων διακλαδισμένης αλύσου (AbuMoh'd et al., 2022) μπορεί να έχει μικρή αλλά θετική

επίδραση στην αντοχή των αθλητών, αλλά η δόση στο παρόν συμπλήρωμα μπορεί να ήταν ανεπαρκής. Με βάση τους ερευνητές, τα αποτελέσματα της μελέτης συμφωνούν με προηγούμενες έρευνες που δεν έδειξαν οξεία επίδραση της κατανάλωσης παρόμοιου συμπληρώματος στη μέγιστη αερόβια ικανότητα ( $VO_{2max}$ ), έναν δείκτη μέτρησης του αερόβιου μεταβολισμού σε καλαθοσφαιριστές (Çetin et al., 2018) και δεν ανέφεραν σημαντική διαφορά στην απόδοση τρεξίματος κατά τη διάρκεια ενός αγώνα 5 χιλιομέτρων σε αερόβια προπονημένους συμμετέχοντες (Lutsch et al., 2019). Συμπερασματικά, η κατανάλωση συμπληρώματος που περιέχει, μεταξύ άλλων, 200 mg καφεΐνης, 30 λεπτά πριν από την προπόνηση ή τον αγώνα καλαθοσφαίρισης δεν προκαλεί βελτιώσεις στην αερόβια απόδοση, αλλά θα μπορούσε να βελτιώσει σημαντικά το άλμα και την ευκινησία, καθώς και τον δείκτη γαλακτικής αναερόβιας απόδοσης και τον δείκτη κόπωσης σε καλά προπονημένους άνδρες καλαθοσφαιριστές (Douligeris et al., 2023).

Παρόμοια με παραπάνω, σε μία παλαιότερη έρευνα δεν παρατηρήθηκε βελτίωση της αντοχής των καλαθοσφαιριστών με την κατανάλωση καφεΐνης πριν από εξαντλητική άσκηση σε συγκέντρωση 3 mg/kg σωματικού βάρους (Tucker et al., 2013). Στην εν λόγω έρευνα, πέντε υγιείς άνδρες καλαθοσφαιριστές, σε ελίτ επίπεδο, με μέση ηλικία  $22 \pm 1$  έτος και 7 μήνες έλαβαν εθελοντικά μέρος στο πείραμα και οι αερόβιες παράμετροι διερευνήθηκαν χρησιμοποιώντας ένα τεστ διαβαθμισμένης άσκησης σε διάδρομο που περιελάμβανε τη μέτρηση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου τους ( $VO_{2max}$ ), την αναλογία αναπνευστικής ανταλλαγής και τα επίπεδα του γαλακτικού οξέος στο αίμα.

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί ότι η αναλογία αναπνευστικής ανταλλαγής (RER) αποτελεί ένα δείκτη μέτρησης του αερόβιου μεταβολισμού. Συγκεκριμένα, είναι η αναλογία μεταξύ της μεταβολικής παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα ( $CO_2$ ) και της πρόσληψης οξυγόνου ( $O_2$ ) και μπορεί έμμεσα να εκτιμήσει το αναπνευστικό πηλίκο, που υποδηλώνει ποιο υπόστρωμα μεταβολίζεται στον οργανισμό (π.χ. υδατάνθρακες ή λίπος) για την παραγωγή ενέργειας. Η εκτίμηση του αναπνευστικού πηλίκου με τη χρήση της αναλογίας είναι ακριβής μόνο σε περιπτώσεις ανάπαυσης και ήπιας έως μέτριας αερόβιας άσκησης, χωρίς

συσσώρευση γαλακτικού οξέος. Μια τιμή της αναλογίας κοντά στο 0,7 υποδηλώνει ότι το λίπος είναι το κυρίαρχο υπόστρωμα για την παραγωγή ενέργειας, η τιμή 1,0 είναι ενδεικτική της καύσης υδατανθράκων, ενώ μια τιμή μεταξύ 0,7 και 1,0 υποδηλώνει ένα μείγμα λίπους και υδατανθράκων. Από την άλλη, μια τιμή από 1,0 και άνω υποδηλώνει αναερόβια αναπνοή, όπου τα σάκχαρα μεταβολίζονται χρησιμοποιώντας την αναερόβια οδό και συσσωρεύεται γαλακτικό οξύ. Σε αυτή την περίπτωση, παράγεται περισσότερο CO<sub>2</sub> από ό, τι καταναλώνεται O<sub>2</sub> (Ramos-Jiménez et al., 2008).

Οι ερευνητές (Tucker et al., 2013) παρατήρησαν ότι οι τιμές της μέγιστης κατανάλωσης οξυγόνου (VO<sub>2max</sub>) τόσο ύστερα από κατανάλωση καφεΐνης όσο και ύστερα από την κατανάλωση εικονικού φαρμάκου (*placebo*) ήταν παρόμοιες και δεν εντοπίστηκαν σημαντικές διαφορές. Τα αποτελέσματα αυτά οδήγησαν σε απόρριψη της αρχικής υπόθεσης ότι η κατάποση καφεΐνης θα επηρέαζε θετικά την αερόβια απόδοση, ευνοώντας έτσι την εναλλακτική υπόθεση της μη επίδρασης καφεΐνης σε αυτή. Στην ίδια γραμμή κινήθηκαν και τα αποτελέσματα που αφορούσαν τους υπόλοιπους μετρούμενους δείκτες της αερόβιας απόδοσης, όπως η αναλογία αναπνευστικής ανταλλαγής και τα επίπεδα του γαλακτικού οξέος στο αίμα. Με βάση τους ερευνητές αυτά τα ευρήματα ευθυγραμμίζονται με άλλες έρευνες που υποδηλώνουν ότι οι φυσιολογικές επιδράσεις της καφεΐνης μόνο στην αντοχή είναι είτε ανύπαρκτες είτε αμελητέες (Bell & McLellan, 2002, Cox et al., 2002, Sökmen et al., 2008). Συνοπτικά, η μελέτη κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι καλαθοσφαιριστές που έλαβαν 3 mg/kg σωματικού βάρους καφεΐνης πριν από την προπόνηση δεν είχαν περισσότερες πιθανότητες να παρουσιάσουν βελτιωμένη αντοχή σε σύγκριση με όταν δεν κατανάλωναν καφεΐνη.

Στη μελέτη των Abian-Vicen et al. (2013), ερευνήθηκε η επίδραση της κατανάλωσης ενεργειακού ποτού που περιείχε 3 mg καφεΐνης/kg σε δραστηριότητες της καλαθοσφαίρισης που βασίζονται στον αναερόβιο και αερόβιο μεταβολισμό. Οι συμμετέχοντες στη μελέτη ήταν δεκαέξι νεαροί καλαθοσφαιριστές της πρώτης κατηγορίας εθνικού πρωταθλήματος νεανίδων, με ηλικία  $14,9 \pm 0,8$  ετών, βάρος  $73,4 \pm 12,4$  κιλά, και ύψος  $182,3 \pm 6,5$  εκ. Η ομάδα ελέγχου (*control*) αντί καφεΐνης κατανάλωνε ένα εικονικό ενεργειακό ποτό με την

ίδια εμφάνιση και γεύση. Όπως και σε προηγούμενη έρευνα, η αξιολόγηση της αερόβιας απόδοσης έγινε με τη δοκιμή διαλείπουσας ανάκαμψης Yo-Yo επιπέδου 1. Στην περίπτωση αυτή, η δοκιμή περιελάμβανε διαδρομές τρεξίματος 20 μέτρων που πραγματοποιήθηκαν με προοδευτικά αυξανόμενες ταχύτητες, με ανάκαμψη 10 δευτερολέπτων μεταξύ των διαδρομών μέχρι την εξάντληση. Η δοκιμή ολοκληρωνόταν (α) είτε σε περίπτωση που ο συμμετέχοντας αποτύγχανε δύο φορές να φτάσει στην πρώτη γραμμή εγκαίρως (αντικειμενική αξιολόγηση), (β) είτε σε περίπτωση που ο συμμετέχοντας δεν ήταν ικανός να ολοκληρώσει άλλη διαδρομή με την καθορισμένη ταχύτητα (υποκειμενική αξιολόγηση). Η καταγεγραμμένη μέτρηση για τη δοκιμή Yo-Yo ήταν η συνολική απόσταση που κάλυψε ο συμμετέχων. Και σε αυτή την περίπτωση δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές (τιμή  $p = 0,19 > 0,05$ ) στην απόσταση που διανύθηκε κατά τη διάρκεια της δοκιμής Yo-Yo μεταξύ των καλαθοσφαιριστών που κατανάλωσαν το ενεργειακό ποτό με την καφεΐνη ( $2.000 \pm 706$  m) και αυτών που κατανάλωσαν το εικονικό ποτό ( $1.925 \pm 702$  m). Η δοκιμή Yo-Yo επιπέδου 1 έχει χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση της ικανότητας αντοχής των καλαθοσφαιριστών και σε προηγούμενες μελέτες (Krustrup et al., 2003, Castagna et al. 2008). Συνολικά, οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η κατανάλωση καφεΐνης 3 mg/kg μέσω ενός εμπορικού ενεργειακού ποτού αύξησε το ύψος μονών ή επαναλαμβανόμενων αλμάτων στους καλαθοσφαιριστές (αναερόβια δραστηριότητα) αλλά δεν είχε καμία επίδραση στην δοκιμή Yo-Yo. Επίσης τόνισαν την ανάγκη διεξαγωγής περαιτέρω μελετών με σκοπό να διευκρινιστεί εάν τα ενεργειακά ποτά που περιέχουν καφεΐνη αυξάνουν την ικανότητα αντοχής των καλαθοσφαιριστών.

Σε μια πρόσφατη μελέτη ανασκόπησης από τους Escribano-Ott et al. (2022) που διερεύνησε τα εργογόνα/διατροφικά συμπληρώματα που είναι αποτελεσματικά στην καλαθοσφαίριση, η καφεΐνη εξετάστηκε σε εννέα μελέτες με δόσεις που κυμαίνονταν από 3 έως 6 mg/kg. Όταν συμπληρώματα καφεΐνης σε δόσεις 3 mg/kg χρησιμοποιούνταν 60–75 λεπτά πριν από την προπόνηση, παρατηρήθηκαν μικρές έως μέτριες βελτιώσεις στην αναερόβια απόδοση σε ορισμένες μελέτες (Tucker et al., 2013, Stojanović et al., 2019), ενώ μια μελέτη σημείωσε ισχυρή βελτίωση (Stojanović et al., 2022). Από την άλλη, όσον αφορά την αερόβια απόδοση, τρεις



μελέτες ανέλυσαν την αποτελεσματικότητα της καφεΐνης, αλλά καμία δεν έδειξε πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τις ομάδες ελέγχου (*control*) (Tucker et al., 2013, Raya-González et al., 2021). Υψηλότερες δόσεις χορήγησης, της τάξης των 6 mg/kg, οδήγησαν σε ισχυρότερη βελτίωση στους δείκτες αναερόβιας απόδοσης και ευεξίας (Cheng et al., 2016, Raya-González et al., 2021). Ωστόσο, ακόμη και σε αυτές τις δόσεις καφεΐνης, δεν υπήρξαν στατιστικές βελτιώσεις στην αερόβια απόδοση τόσο σε έρευνες που βασίστηκαν σε συγκεκριμένες ασκήσεις/αθλητικά πρωτόκολλα όσο και σε προσομιώσεις αγώνων καλαθοσφαίρισης.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Με βάση όσα αναφέρθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια μπορούν να εξαχθούν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Η καφεΐνη αποτελεί ένα σημαντικό εργογόνο συμπλήρωμα στον αθλητισμό. Οι θετικές επιδράσεις της έχουν μελετηθεί εκτενώς και έχουν επιβεβαιωθεί από πληθώρα μετα-αναλύσεων.
- Γενικότερα, η καφεΐνη φαίνεται ότι έχει μεγαλύτερη και καλύτερη επίδραση σε δραστηριότητες και αθλήματα που απαιτούν ενέργεια μέσω του αναερόβιου μεταβολισμού, πιθανότατα λόγω των μηχανισμών δράσης της ως ανταγωνιστής της αδενosίνης.
- Ωστόσο, υπάρχουν και μελέτες που υποστηρίζουν τη βελτίωση της απόδοσης και της αντοχής σε αθλήματα μεγάλης διάρκειας, που χρησιμοποιούν σε μεγάλο ποσοστό τον αερόβιο μεταβολισμό, ύστερα από κατανάλωση συμπληρωμάτων καφεΐνης.
- Όσον αφορά την καλαθοσφαίριση, αν και αποτελεί άθλημα σχεδόν εξ' ολοκλήρου αναερόβιο, δεν μπορούν να μην υπογραμμιστούν τα πλεονεκτήματα της ενσωμάτωσης αερόβιας προπόνησης στην απόδοση των καλαθοσφαιριστών, ιδιαίτερα στην αντοχή.
- Η χρήση συμπληρωμάτων καφεΐνης στην απόδοση των καλαθοσφαιριστών παρουσιάζει εξαιρετικό ενδιαφέρον. Αποτελέσματα μελετών και μετα-αναλύσεων υποστηρίζουν ότι, σε γενικές γραμμές, η καφεΐνη βελτιώνει τις σχετικές με το άθλημα δραστηριότητες που βασίζονται στον αναερόβιο μεταβολισμό.
- Αντιθέτως, η καφεΐνη δεν έχει επίδραση στην αερόβια απόδοση των καλαθοσφαιριστών με βάση τα τρέχοντα δεδομένα της βιβλιογραφίας. Αξίζει, ωστόσο, να τονιστεί ότι οι έρευνες σε αυτό το πεδίο είναι ελάχιστες συγκριτικά με αντίστοιχες της αναερόβιας απόδοσης στο ίδιο άθλημα και περιορίζονται σε άρρενες παίκτες.

Συνεπώς, απαιτούνται περαιτέρω έρευνες πάνω στο θέμα, με μεγαλύτερο αριθμό συμμετεχόντων και των δύο φύλων, καθώς και διαφορετικού επιπέδου. Σε μελλοντικές μελέτες, θα μπορούσε να αξιολογηθεί η επίδραση της συμπληρωματικής κατανάλωσης καφεΐνης λαμβάνοντας υπόψη την ατομική μεταβλητότητα ως απόκριση στην καφεΐνη καθώς και μακροχρόνια οφέλη αυτής που ενδέχεται να επηρεάζουν την αερόβια απόδοση των καλαθοσφαιριστών.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Abian-Vicen, J., Puente, C., Salinero, J. J., González-Millán, C., Areces, F., Muñoz, G., Muñoz-Guerra, J., & Del Coso, J. (2014). A caffeinated energy drink improves jump performance in adolescent basketball players. *Amino Acids*, 46(5), 1333–1341. <https://doi.org/10.1007/s00726-014-1702-6>
- AbuMoh'd, M. F., Matalqah, L., & Al-Abdulla, Z. (2020). Effects of Oral Branched-Chain Amino Acids (BCAAs) Intake on Muscular and Central Fatigue During an Incremental Exercise. *Journal of Human Kinetics*, 72(1), 69–78. <https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0099>
- American College of Sports Medicine. (2014). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription* (L. S. Pescatello, Ed.; 9. ed). Wolters Kluwer, Lippincott Williams & Wilkins.
- Aschendorf, P. F., Zinner, C., Delestrat, A., Engelmeyer, E., & Mester, J. (2019). Effects of basketball-specific high-intensity interval training on aerobic performance and physical capacities in youth female basketball players. *The Physician and Sportsmedicine*, 47(1), 65–70. <https://doi.org/10.1080/00913847.2018.1520054>
- Bangsbo, J., Iaia, F. M., & Krstrup, P. (2008). The Yo-Yo Intermittent Recovery Test: A Useful Tool for Evaluation of Physical Performance in Intermittent Sports. *Sports Medicine*, 38(1), 37–51. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838010-00004>
- Banz, W. J., Maher, M. A., Thompson, W. G., Bassett, D. R., Moore, W., Ashraf, M., Keefer, D. J., & Zemel, M. B. (2003). Effects of Resistance versus Aerobic Training on Coronary Artery Disease Risk Factors. *Experimental Biology and Medicine*, 228(4), 434–440. <https://doi.org/10.1177/153537020322800414>
- Bazzucchi, I., Felici, F., Montini, M., Figura, F., & Sacchetti, M. (2011). Caffeine improves neuromuscular function during maximal dynamic exercise. *Muscle & Nerve*, 43(6), 839–844. <https://doi.org/10.1002/mus.21995>
- Beck, T. W., Housh, T. J., Schmidt, R. J., Johnson, G. O., Housh, D. J., Coburn, J. W., & Malek, M. H. (2006). The Acute Effects of a Caffeine-Containing Supplement on Strength, Muscular Endurance, and Anaerobic Capabilities. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(3), 506. <https://doi.org/10.1519/18285.1>

- Bell, D. G., & McLellan, T. M. (2002). Exercise endurance 1, 3, and 6 h after caffeine ingestion in caffeine users and nonusers. *Journal of Applied Physiology*, *93*(4), 1227–1234. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00187.2002>
- Ben Abdelkrim, N., Castagna, C., Jabri, I., Battikh, T., El Fazaa, S., & Ati, J. E. (2010). Activity Profile and Physiological Requirements of Junior Elite Basketball Players in Relation to Aerobic-Anaerobic Fitness. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *24*(9), 2330–2342. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e381c1>
- Ben Abdelkrim, N., El Fazaa, S., El Ati, J., & Tabka, Z. (2007). Time-motion analysis and physiological data of elite under-19-year-old basketball players during competition \* Commentary. *British Journal of Sports Medicine*, *41*(2), 69–75. <https://doi.org/10.1136/bjism.2006.032318>
- Blanchard, B. E., Tsongalis, G. J., Guidry, M. A., LaBelle, L. A., Poulin, M., Taylor, A. L., Maresh, C. M., Devaney, J., Thompson, P. D., & Pescatello, L. S. (2006). RAAS polymorphisms alter the acute blood pressure response to aerobic exercise among men with hypertension. *European Journal of Applied Physiology*, *97*(1), 26–33. <https://doi.org/10.1007/s00421-006-0142-8>
- Burdock, G. A., Carabin, I. G., & Crincoli, C. M. (2009). Safety assessment of kola nut extract as a food ingredient. *Food and Chemical Toxicology*, *47*(8), 1725–1732. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.04.019>
- Burke, L. M. (2008). Caffeine and sports performance. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, *33*(6), 1319–1334. <https://doi.org/10.1139/H08-130>
- Campos, F. A. D., Bertuzzi, R., Dourado, A. C., Santos, V. G. F., & Franchini, E. (2012). Energy demands in taekwondo athletes during combat simulation. *European Journal of Applied Physiology*, *112*(4), 1221–1228. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2071-4>
- Cardoso, C. G., Gomides, R. S., Queiroz, A. C. C., Pinto, L. G., Lobo, F. D. S., Tinucci, T., Mion, D., & De Moraes Forjaz, C. L. (2010). Acute and Chronic Effects of Aerobic and Resistance Exercise on Ambulatory Blood Pressure. *Clinics*, *65*(3), 317–325. <https://doi.org/10.1590/S1807-59322010000300013>
- Castagna, C., Chaouachi, A., Rampinini, E., Chamari, K., & Impellizzeri, F. (2009). Aerobic and Explosive Power Performance of Elite Italian Regional-Level

- Basketball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(7), 1982–1987. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b7f941>
- Castagna, C., Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., D’Ottavio, S., & Manzi, V. (2008). The Yo–Yo intermittent recovery test in basketball players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 11(2), 202–208. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.02.013>
- Castagna, C., Manzi, V., Impellizzeri, F., Chaouachi, A., Ben Abdelkrim, N., & Ditroilo, M. (2010). Validity of an On-Court Lactate Threshold Test in Young Basketball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(9), 2434–2439. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e2e1bf>
- Çetin, O., Yaşar, M. N., Demirtaş, B., Beyleroğlu, M., Eker, S., & Gürkan, A. C. (2018). Acute effects of pre-workout supplement on aerobic and anaerobic performance in basketball players. *Physical Education of Students*, 23(1), 16–22. <https://doi.org/10.15561/20755279.2019.0103>
- Chamari, K., & Padulo, J. (2015). ‘Aerobic’ and ‘Anaerobic’ terms used in exercise physiology: A critical terminology reflection. *Sports Medicine - Open*, 1(1), 9. <https://doi.org/10.1186/s40798-015-0012-1>
- Chen, X., Wang, L., Zhi, L., Zhou, G., Wang, H., Zhang, X., Hao, B., Zhu, Y., Cheng, Z., & He, F. (2005). The G–113A polymorphism in affects the caffeine metabolic ratio in a Chinese population. *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, 78(3), 249–259. <https://doi.org/10.1016/j.clpt.2005.05.012>
- Cheng, C.-F., Hsu, W.-C., Kuo, Y.-H., Shih, M.-T., & Lee, C.-L. (2016). Caffeine ingestion improves power output decrement during 3-min all-out exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 116(9), 1693–1702. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3423-x>
- Chobanian, A. V., Bakris, G. L., Black, H. R., Cushman, W. C., Green, L. A., Izzo, J. L., Jones, D. W., Materson, B. J., Oparil, S., Wright, J. T., Roccella, E. J., & the National High Blood Pressure Education Program Coordinating Committee. (2003). Seventh Report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure. *Hypertension*, 42(6), 1206–1252. <https://doi.org/10.1161/01.HYP.0000107251.49515.c2>

- Collado-Mateo, D., Lavín-Pérez, A. M., Merellano-Navarro, E., & Coso, J. D. (2020). Effect of Acute Caffeine Intake on the Fat Oxidation Rate during Exercise: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*, *12*(12), 3603. <https://doi.org/10.3390/nu12123603>
- Conger, S. A., Tuthill, L. M., & Millard-Stafford, M. L. (2023). Does Caffeine Increase Fat Metabolism? A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *33*(2), 112–120. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2022-0131>
- Cormery, B., Marcil, M., & Bouvard, M. (2007). Rule change incidence on physiological characteristics of elite basketball players: A 10-year-period investigation. *British Journal of Sports Medicine*, *42*(1), 25–30. <https://doi.org/10.1136/bjsem.2006.033316>
- Cox, G. R., Desbrow, B., Montgomery, P. G., Anderson, M. E., Bruce, C. R., Macrides, T. A., Martin, D. T., Moquin, A., Roberts, A., Hawley, J. A., & Burke, L. M. (2002). Effect of different protocols of caffeine intake on metabolism and endurance performance. *Journal of Applied Physiology*, *93*(3), 990–999. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00249.2002>
- Davis, J. K., & Green, J. M. (2009). Caffeine and Anaerobic Performance: Ergogenic Value and Mechanisms of Action. *Sports Medicine*, *39*(10), 813–832. <https://doi.org/10.2165/11317770-000000000-00000>
- De Salles Painelli, V., Teixeira, E. L., Tardone, B., Moreno, M., Morandini, J., Larrain, V. H., & Pires, F. O. (2021). Habitual Caffeine Consumption Does Not Interfere With the Acute Caffeine Supplementation Effects on Strength Endurance and Jumping Performance in Trained Individuals. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *31*(4), 321–328. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2020-0363>
- Del Coso, J., Muñoz, G., & Muñoz-Guerra, J. (2011). Prevalence of caffeine use in elite athletes following its removal from the World Anti-Doping Agency list of banned substances. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, *36*(4), 555–561. <https://doi.org/10.1139/h11-052>

- Delextrat, A., Gruet, M., & Bieuzen, F. (2018). Effects of Small-Sided Games and High-Intensity Interval Training on Aerobic and Repeated Sprint Performance and Peripheral Muscle Oxygenation Changes in Elite Junior Basketball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(7), 1882–1891. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002570>
- Desbrow, B., Hall, S., & Irwin, C. (2019). Caffeine content of Nespresso® pod coffee. *Nutrition and Health*, 25(1), 3–7. <https://doi.org/10.1177/0260106018810941>
- Desbrow, B., Henry, M., & Scheelings, P. (2012). An examination of consumer exposure to caffeine from commercial coffee and coffee-flavoured milk. *Journal of Food Composition and Analysis*, 28(2), 114–118. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2012.09.001>
- Diaz-Lara, J., Grgic, J., Detanico, D., Botella, J., Jiménez, S. L., & Del Coso, J. (2023). Effects of acute caffeine intake on combat sports performance: A systematic review and meta-analysis. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(29), 9859–9874. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2068499>
- Doherty, M., Smith, P. M., Hughes, M. G., & Davison, R. R. (2004). Caffeine lowers perceptual response and increases power output during high-intensity cycling. *Journal of Sports Sciences*, 22(7), 637–643. <https://doi.org/10.1080/02640410310001655741>
- Douligeris, A., Methenitis, S., Lazou, A., Panayiotou, G., Feidantsis, K., Voulgaridou, G., Manios, Y., Jamurtas, A. Z., Giaginis, C., & Papadopoulou, S. K. (2023). The Effect of Acute Pre-Workout Supplement Ingestion on Basketball-Specific Performance of Well-Trained Athletes. *Nutrients*, 15(10), 2304. <https://doi.org/10.3390/nu15102304>
- Dunn, A. L., Marcus, B. H., Kampert, J. B., Garcia, M. E., Kohl, H. W., & Blair, S. N. (1997). Reduction in Cardiovascular Disease Risk Factors: 6-Month Results from ProjectActive. *Preventive Medicine*, 26(6), 883–892. <https://doi.org/10.1006/pmed.1997.0218>
- Escribano-Ott, I., Calleja-González, J., & Mielgo-Ayuso, J. (2022). Ergo-Nutritional Intervention in Basketball: A Systematic Review. *Nutrients*, 14(3), 638. <https://doi.org/10.3390/nu14030638>



- Fagard, R. (2006). EXERCISE IS GOOD FOR YOUR BLOOD PRESSURE: EFFECTS OF ENDURANCE TRAINING AND RESISTANCE TRAINING. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 33(9), 853–856. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1681.2006.04453.x>
- Fox, G. P., Wu, A., Yiran, L., & Force, L. (2013). Variation in Caffeine Concentration in Single Coffee Beans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(45), 10772–10778. <https://doi.org/10.1021/jf4011388>
- Gantois, P., Aidar, F. J., Dantas, M. P., Silva, L. M. D., Paes, P. P., Santana, E. E., Dantas, P. M. D. S., & Cabral, B. G. D. A. T. (2018). Aptidão aeróbica é associada com a melhora da capacidade de sprints repetidos de atletas de basquetebol após seis semanas de treinamento durante o período preparatório. *Brazilian Journal of Kinanthropometry and Human Performance*, 20(1), 114–124. <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2018v20n1p114>
- Gastin, P. B. (2001). Energy System Interaction and Relative Contribution During Maximal Exercise: *Sports Medicine*, 31(10), 725–741. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131100-00003>
- Girard, O., Mendez-Villanueva, A., & Bishop, D. (2011). Repeated-Sprint Ability – Part I: Factors Contributing to Fatigue. *Sports Medicine*, 41(8), 673–694. <https://doi.org/10.2165/11590550-000000000-00000>
- Glaister, M. (2005). Multiple Sprint Work: Physiological Responses, Mechanisms of Fatigue and the Influence of Aerobic Fitness. *Sports Medicine*, 35(9), 757–777. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535090-00003>
- Goldstein, E., Jacobs, P. L., Whitehurst, M., Penhollow, T., & Antonio, J. (2010). Caffeine enhances upper body strength in resistance-trained women. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 7(1), 18. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-7-18>
- Gonçalves, L. D. S., Painelli, V. D. S., Yamaguchi, G., Oliveira, L. F. D., Saunders, B., Da Silva, R. P., Maciel, E., Artioli, G. G., Roschel, H., & Gualano, B. (2017). Dispelling the myth that habitual caffeine consumption influences the performance response to acute caffeine supplementation. *Journal of Applied Physiology*, 123(1), 213–220. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00260.2017>

- Gottlieb, R., Shalom, A., Alcaraz, P. E., & Calleja-González, J. (2022). Validity and reliability of a unique aerobic field test for estimating VO<sub>2</sub>max among basketball players. *Scientific Journal of Sport and Performance*, 1(2), 112–123. <https://doi.org/10.55860/TRMF2461>
- Gottlieb, R., Shalom, A., & Calleja-Gonzalez, J. (2021). Physiology of Basketball – Field Tests. Review Article. *Journal of Human Kinetics*, 77, 159–167. <https://doi.org/10.2478/hukin-2021-0018>
- Graham, T. E. (2001). Caffeine and Exercise: Metabolism, Endurance and Performance. *Sports Medicine*, 31(11), 785–807. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131110-00002>
- Graham, T. E., Battram, D. S., Dela, F., El-Sohemy, A., & Thong, F. S. L. (2008). Does caffeine alter muscle carbohydrate and fat metabolism during exercise? *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 33(6), 1311–1318. <https://doi.org/10.1139/H08-129>
- Grgic, J. (2018). Caffeine ingestion enhances Wingate performance: A meta-analysis. *European Journal of Sport Science*, 18(2), 219–225. <https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1394371>
- Grgic, J., Grgic, I., Pickering, C., Schoenfeld, B. J., Bishop, D. J., & Pedisic, Z. (2020). Wake up and smell the coffee: Caffeine supplementation and exercise performance—an umbrella review of 21 published meta-analyses. *British Journal of Sports Medicine*, 54(11), 681–688. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-100278>
- Grgic, J., & Mikulic, P. (2021). Acute effects of caffeine supplementation on resistance exercise, jumping, and Wingate performance: No influence of habitual caffeine intake. *European Journal of Sport Science*, 21(8), 1165–1175. <https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1817155>
- Grgic, J., & Mikulic, P. (2022). Effects of caffeine on rate of force development: A meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 32(4), 644–653. <https://doi.org/10.1111/sms.14109>

- Grgic, J., Mikulic, P., Schoenfeld, B. J., Bishop, D. J., & Pedisic, Z. (2019). The Influence of Caffeine Supplementation on Resistance Exercise: A Review. *Sports Medicine*, 49(1), 17–30. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0997-y>
- Grgic, J., Trexler, E. T., Lazinica, B., & Pedisic, Z. (2018). Effects of caffeine intake on muscle strength and power: A systematic review and meta-analysis. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0216-0>
- Grzegorzewski, J., Bartsch, F., Köller, A., & König, M. (2022). Pharmacokinetics of Caffeine: A Systematic Analysis of Reported Data for Application in Metabolic Phenotyping and Liver Function Testing. *Frontiers in Pharmacology*, 12, 752826. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.752826>
- Heckman, M. A., Weil, J., & De Mejia, E. G. (2010). Caffeine (1, 3, 7-trimethylxanthine) in Foods: A Comprehensive Review on Consumption, Functionality, Safety, and Regulatory Matters. *Journal of Food Science*, 75(3). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01561.x>
- Hoff, J., & Helgerud, J. (2004). Endurance and Strength Training for Soccer Players: Physiological Considerations. *Sports Medicine*, 34(3), 165–180. <https://doi.org/10.2165/00007256-200434030-00003>
- Jeon, J.-S., Kim, H.-T., Jeong, I.-H., Hong, S.-R., Oh, M.-S., Park, K.-H., Shim, J.-H., & Abd El-Aty, A. M. (2017). Determination of chlorogenic acids and caffeine in homemade brewed coffee prepared under various conditions. *Journal of Chromatography B*, 1064, 115–123. <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2017.08.041>
- Jones, A. M., & Carter, H. (2000). The Effect of Endurance Training on Parameters of Aerobic Fitness: *Sports Medicine*, 29(6), 373–386. <https://doi.org/10.2165/00007256-200029060-00001>
- Kamimori, G. H., Karyekar, C. S., Otterstetter, R., Cox, D. S., Balkin, T. J., Belenky, G. L., & Eddington, N. D. (2002). The rate of absorption and relative bioavailability of caffeine administered in chewing gum versus capsules to normal healthy volunteers. *International Journal of Pharmaceutics*, 234(1–2), 159–167. [https://doi.org/10.1016/S0378-5173\(01\)00958-9](https://doi.org/10.1016/S0378-5173(01)00958-9)

- Keisler, B. D., & Armsey, T. D. (2006). Caffeine As an Ergogenic Aid: *Current Sports Medicine Reports*, 5(4), 215–219. <https://doi.org/10.1097/01.CSMR.0000306510.57644.a7>
- Kraus, W. E., Houmard, J. A., Duscha, B. D., Knetzger, K. J., Wharton, M. B., McCartney, J. S., Bales, C. W., Henes, S., Samsa, G. P., Otvos, J. D., Kulkarni, K. R., & Slentz, C. A. (2002). Effects of the Amount and Intensity of Exercise on Plasma Lipoproteins. *New England Journal of Medicine*, 347(19), 1483–1492. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa020194>
- Krustrup, P., Mohr, M., Amstrup, T., Rysgaard, T., Johansen, J., Steensberg, A., Pedersen, P. K., & Bangsbo, J. (2003). The Yo-Yo Intermittent Recovery Test: Physiological Response, Reliability, and Validity: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(4), 697–705. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000058441.94520.32>
- Lara, B., Ruiz-Vicente, D., Areces, F., Abián-Vicén, J., Salinero, J. J., Gonzalez-Millán, C., Gallo-Salazar, C., & Del Coso, J. (2015). Acute consumption of a caffeinated energy drink enhances aspects of performance in sprint swimmers. *British Journal of Nutrition*, 114(6), 908–914. <https://doi.org/10.1017/S0007114515002573>
- Lazić, A., Kocić, M., Trajković, N., Popa, C., Peyré-Tartaruga, L. A., & Padulo, J. (2022). Acute Effects of Caffeine on Overall Performance in Basketball Players—A Systematic Review. *Nutrients*, 14(9), 1930. <https://doi.org/10.3390/nu14091930>
- LeMura, L. M., Von Duvillard, S. P., Andreacci, J., Klebez, J. M., Chelland, S. A., & Russo, J. (2000). Lipid and lipoprotein profiles, cardiovascular fitness, body composition, and diet during and after resistance, aerobic and combination training in young women. *European Journal of Applied Physiology*, 82(5–6), 451–458. <https://doi.org/10.1007/s004210000234>
- Leon, A. S., & Sanchez, O. A. (2001). Response of blood lipids to exercise training alone or combined with dietary intervention: *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(Supplement), S502–S515. <https://doi.org/10.1097/00005768-200106001-00021>
- Lopes-Silva, J. P., Silva Santos, J. F. D., Branco, B. H. M., Abad, C. C. C., Oliveira, L. F. D., Loturco, I., & Franchini, E. (2015). Caffeine Ingestion Increases Estimated Glycolytic Metabolism during Taekwondo Combat Simulation but Does Not

- Improve Performance or Parasympathetic Reactivation. *PLOS ONE*, 10(11), e0142078. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0142078>
- Lopez, P., Radaelli, R., Taaffe, D. R., Newton, R. U., Galvão, D. A., Trajano, G. S., Teodoro, J. L., Kraemer, W. J., Häkkinen, K., & Pinto, R. S. (2021). Resistance Training Load Effects on Muscle Hypertrophy and Strength Gain: Systematic Review and Network Meta-analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 53(6), 1206–1216. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002585>
- López-González, L. M., Sánchez-Oliver, A. J., Mata, F., Jodra, P., Antonio, J., & Domínguez, R. (2018). Acute caffeine supplementation in combat sports: A systematic review. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15(1), 60. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0267-2>
- Mancha-Triguero, D., García-Rubio, J., Antúnez, A., & Ibáñez, S. J. (2020). Physical and Physiological Profiles of Aerobic and Anaerobic Capacities in Young Basketball Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(4), 1409. <https://doi.org/10.3390/ijerph17041409>
- Mancha-Triguero, D., García-Rubio, J., Calleja-González, J., & Ibáñez, S. J. (2019). Physical fitness in basketball players: A systematic review. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(9). <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.19.09180-1>
- Marceau, M., Kouamé, N., Lacourcière, Y., & Cléroux, J. (1993). Effects of different training intensities on 24-hour blood pressure in hypertensive subjects. *Circulation*, 88(6), 2803–2811. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.88.6.2803>
- Maughan, R. J., Burke, L. M., Dvorak, J., Larson-Meyer, D. E., Peeling, P., Phillips, S. M., Rawson, E. S., Walsh, N. P., Garthe, I., Geyer, H., Meeusen, R., Van Loon, L. J. C., Shirreffs, S. M., Spriet, L. L., Stuart, M., Verne, A., Currell, K., Ali, V. M., Budgett, R. G., ... Engebretsen, L. (2018). IOC consensus statement: Dietary supplements and the high-performance athlete. *British Journal of Sports Medicine*, 52(7), 439–455. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099027>
- McInnes, S. E., Carlson, J. S., Jones, C. J., & McKenna, M. J. (1995). The physiological load imposed on basketball players during competition. *Journal of Sports Sciences*, 13(5), 387–397. <https://doi.org/10.1080/02640419508732254>

- McLellan, T. M., Caldwell, J. A., & Lieberman, H. R. (2016). A review of caffeine's effects on cognitive, physical and occupational performance. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 71, 294–312. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.09.001>
- McMillan, K., Helgerud, J., Macdonald, R., & Hoff, J. (2005). Physiological adaptations to soccer specific endurance training in professional youth soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 39(5), 273–277. <https://doi.org/10.1136/bjsem.2004.012526>
- Mielgo-Ayuso, J., Calleja-Gonzalez, J., Del Coso, J., Urdampilleta, A., León-Guereño, P., & Fernández-Lázaro, D. (2019). Caffeine Supplementation and Physical Performance, Muscle Damage and Perception of Fatigue in Soccer Players: A Systematic Review. *Nutrients*, 11(2), 440. <https://doi.org/10.3390/nu11020440>
- Milioni, F., Zagatto, A., Barbieri, R., Andrade, V., Dos Santos, J., Gobatto, C., Da Silva, A., Santiago, P., & Papoti, M. (2017). Energy Systems Contribution in the Running-based Anaerobic Sprint Test. *International Journal of Sports Medicine*, 38(03), 226–232. <https://doi.org/10.1055/s-0042-117722>
- Montgomery, P. G., Pyne, D. B., & Minahan, C. L. (2010). The Physical and Physiological Demands of Basketball Training and Competition. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(1), 75–86. <https://doi.org/10.1123/ijspp.5.1.75>
- Narazaki, K., Berg, K., Stergiou, N., & Chen, B. (2009). Physiological demands of competitive basketball. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 19(3), 425–432. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2008.00789.x>
- Nieman, D. C., Goodman, C. L., Capps, C. R., Shue, Z. L., & Arnot, R. (2018). Influence of 2-Weeks Ingestion of High Chlorogenic Acid Coffee on Mood State, Performance, and Postexercise Inflammation and Oxidative Stress: A Randomized, Placebo-Controlled Trial. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 28(1), 55–65. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2017-0198>
- Nybo, L., Sundstrup, E., Jakobsen, M. D., Mohr, M., Hornstrup, T., Simonsen, L., Bülow, J., Randers, M. B., Nielsen, J. J., Aagaard, P., & Krstrup, P. (2010). High-Intensity Training versus Traditional Exercise Interventions for Promoting Health.

- Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(10), 1951–1958.  
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181d99203>
- O'Donovan, G., Owen, A., Bird, S. R., Kearney, E. M., Nevill, A. M., Jones, D. W., & Woolf-May, K. (2005). Changes in cardiorespiratory fitness and coronary heart disease risk factors following 24 wk of moderate- or high-intensity exercise of equal energy cost. *Journal of Applied Physiology*, 98(5), 1619–1625.  
<https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01310.2004>
- Park, S., Rink, L. D., & Wallace, J. P. (2006). Accumulation of physical activity leads to a greater blood pressure reduction than a single continuous session, in prehypertension. *Journal of Hypertension*, 24(9), 1761–1770.  
<https://doi.org/10.1097/01.hjh.0000242400.37967.54>
- Patel, H., Alkhawam, H., Madanieh, R., Shah, N., Kosmas, C. E., & Vittorio, T. J. (2017). Aerobic vs anaerobic exercise training effects on the cardiovascular system. *World Journal of Cardiology*, 9(2), 134. <https://doi.org/10.4330/wjc.v9.i2.134>
- Pescatello, L. S., Fargo, A. E., Leach, C. N., & Scherzer, H. H. (1991). Short-term effect of dynamic exercise on arterial blood pressure. *Circulation*, 83(5), 1557–1561.  
<https://doi.org/10.1161/01.CIR.83.5.1557>
- Pickering, C., & Grgic, J. (2019). Caffeine and Exercise: What Next? *Sports Medicine*, 49(7), 1007–1030. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01101-0>
- Pickering, C., & Kiely, J. (2018). Are the Current Guidelines on Caffeine Use in Sport Optimal for Everyone? Inter-individual Variation in Caffeine Ergogenicity, and a Move Towards Personalised Sports Nutrition. *Sports Medicine*, 48(1), 7–16.  
<https://doi.org/10.1007/s40279-017-0776-1>
- Polito, M. D., Souza, D. B., Casonatto, J., & Farinatti, P. (2016). Acute effect of caffeine consumption on isotonic muscular strength and endurance: A systematic review and meta-analysis. *Science & Sports*, 31(3), 119–128.  
<https://doi.org/10.1016/j.scispo.2016.01.006>
- Puente, C., Abián-Vicén, J., Salinero, J., Lara, B., Areces, F., & Del Coso, J. (2017). Caffeine Improves Basketball Performance in Experienced Basketball Players. *Nutrients*, 9(9), 1033. <https://doi.org/10.3390/nu9091033>

- Ramos-Jiménez, A., Hernández-Torres, R. P., Torres-Durán, P. V., Romero-Gonzalez, J., Mascher, D., Posadas-Romero, C., & Juárez-Oropeza, M. A. (2008). The Respiratory Exchange Ratio is Associated with Fitness Indicators Both in Trained and Untrained Men: A Possible Application for People with Reduced Exercise Tolerance. *Clinical Medicine. Circulatory, Respiratory and Pulmonary Medicine*, 2, CCRPM.S449. <https://doi.org/10.4137/CCRPM.S449>
- Rampinini, E., Bishop, D., Marcora, S., Ferrari Bravo, D., Sassi, R., & Impellizzeri, F. (2007). Validity of Simple Field Tests as Indicators of Match-Related Physical Performance in Top-Level Professional Soccer Players. *International Journal of Sports Medicine*, 28(3), 228–235. <https://doi.org/10.1055/s-2006-924340>
- Raya-González, J., Rendo-Urteaga, T., Domínguez, R., Castillo, D., Rodríguez-Fernández, A., & Grgic, J. (2020). Acute Effects of Caffeine Supplementation on Movement Velocity in Resistance Exercise: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine*, 50(4), 717–729. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01211-9>
- Raya-González, J., Scanlan, A. T., Soto-Célix, M., Rodríguez-Fernández, A., & Castillo, D. (2021). Caffeine Ingestion Improves Performance During Fitness Tests but Does Not Alter Activity During Simulated Games in Professional Basketball Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16(3), 387–394. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2020-0144>
- Rivers, W. H. R., & Webber, H. N. (1907). The action of caffeine on the capacity for muscular work. *The Journal of Physiology*, 36(1), 33–47. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1907.sp001215>
- Rocha, P. L. D. A., Lima, A. L. C., Saunders, B., & Reis, C. E. G. (2022). Development of a Caffeine Content Table for Foods, Drinks, Medications and Supplements Typically Consumed by the Brazilian Population. *Nutrients*, 14(20), 4417. <https://doi.org/10.3390/nu14204417>
- Russo, G., & Ottoboni, G. (2019). The perceptual – Cognitive skills of combat sports athletes: A systematic review. *Psychology of Sport and Exercise*, 44, 60–78. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2019.05.004>



- Sacramento, J. F., Ribeiro, M. J., Yubero, S., Melo, B. F., Obeso, A., Guarino, M. P., Gonzalez, C., & Conde, S. V. (2015). Disclosing caffeine action on insulin sensitivity: Effects on rat skeletal muscle. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 70, 107–116. <https://doi.org/10.1016/j.ejps.2015.01.011>
- Salamone, J. D., Correa, M., Randall, P. A., Nunes, E. J., Pardo, M., & Lopez-Cruz, L. (2013). The Role of Adenosine in the Ventral Striatal Circuits Regulating Behavioral Activation and Effort-Related Decision Making: Importance for Normal and Pathological Aspects of Motivation. In S. Masino & D. Boison (Eds.), *Adenosine* (pp. 493–512). Springer New York. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3903-5\\_23](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3903-5_23)
- Salinero, J. J., Lara, B., & Del Coso, J. (2019). Effects of acute ingestion of caffeine on team sports performance: A systematic review and meta-analysis. *Research in Sports Medicine*, 27(2), 238–256. <https://doi.org/10.1080/15438627.2018.1552146>
- Salinero, J., Lara, B., Ruiz-Vicente, D., Areces, F., Puente-Torres, C., Gallo-Salazar, C., Pascual, T., & Del Coso, J. (2017). CYP1A2 Genotype Variations Do Not Modify the Benefits and Drawbacks of Caffeine during Exercise: A Pilot Study. *Nutrients*, 9(3), 269. <https://doi.org/10.3390/nu9030269>
- Santos, V., Santos, V., Felipe, L., Almeida Jr., J., Bertuzzi, R., Kiss, M., & Lima-Silva, A. (2014). Caffeine Reduces Reaction Time and Improves Performance in Simulated-Contest of Taekwondo. *Nutrients*, 6(2), 637–649. <https://doi.org/10.3390/nu6020637>
- Saunders, B., Da Costa, L. R., De Souza, R. A. S., Barreto, G., & Marticorena, F. M. (2023). Caffeine and sport. In *Advances in Food and Nutrition Research* (Vol. 106, pp. 95–127). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2023.03.002>
- Sawilowsky, S. S. (2009). New Effect Size Rules of Thumb. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, 8(2), 597–599. <https://doi.org/10.22237/jmasm/1257035100>
- Schelling, X., & Torres-Ronda, L. (2013). Conditioning for Basketball: Quality and Quantity of Training. *Strength & Conditioning Journal*, 35(6), 89–94. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000018>

- Schimpl, F. C., Da Silva, J. F., Gonçalves, J. F. D. C., & Mazzafera, P. (2013). Guarana: Revisiting a highly caffeinated plant from the Amazon. *Journal of Ethnopharmacology*, *150*(1), 14–31. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.08.023>
- Seals, D. R., & Reiling, M. J. (1991). Effect of regular exercise on 24-hour arterial pressure in older hypertensive humans. *Hypertension*, *18*(5), 583–592. <https://doi.org/10.1161/01.HYP.18.5.583>
- Skinner, T. L., Desbrow, B., Arapova, J., Schaumberg, M. A., Osborne, J., Grant, G. D., Anoopkumar-Dukie, S., & Leveritt, M. D. (2019). Women Experience the Same Ergogenic Response to Caffeine as Men. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *51*(6), 1195–1202. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001885>
- Skinner, T. L., Jenkins, D. G., Coombes, J. S., Taaffe, D. R., & Leveritt, M. D. (2010). Dose Response of Caffeine on 2000-m Rowing Performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *42*(3), 571–576. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181b6668b>
- Sökmen, B., Armstrong, L. E., Kraemer, W. J., Casa, D. J., Dias, J. C., Judelson, D. A., & Maresh, C. M. (2008). Caffeine Use in Sports: Considerations for the Athlete. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *22*(3), 978–986. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181660cec>
- Southward, K., Rutherford-Markwick, K. J., & Ali, A. (2018). The Effect of Acute Caffeine Ingestion on Endurance Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, *48*(8), 1913–1928. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0939-8>
- Sperlich, B., De Marées, M., Koehler, K., Linville, J., Holmberg, H.-C., & Mester, J. (2011). Effects of 5 Weeks of High-Intensity Interval Training vs. Volume Training in 14-Year-Old Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *25*(5), 1271–1278. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d67c38>
- Stojanović, E., Scanlan, A. T., Milanović, Z., Fox, J. L., Stanković, R., & Dalbo, V. J. (2022). Acute caffeine supplementation improves jumping, sprinting, and change-of-direction performance in basketball players when ingested in the morning but not evening. *European Journal of Sport Science*, *22*(3), 360–370. <https://doi.org/10.1080/17461391.2021.1874059>

- Stojanović, E., Stojiljković, N., Scanlan, A. T., Dalbo, V. J., Stanković, R., Antić, V., & Milanović, Z. (2019). Acute caffeine supplementation promotes small to moderate improvements in performance tests indicative of in-game success in professional female basketball players. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 44(8), 849–856. <https://doi.org/10.1139/apnm-2018-0671>
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., & Stone, M. H. (2018). The Importance of Muscular Strength: Training Considerations. *Sports Medicine*, 48(4), 765–785. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0862-z>
- Suvi, S., Timpmann, S., Tamm, M., Aedma, M., Kreegipuu, K., & Ööpik, V. (2017). Effects of caffeine on endurance capacity and psychological state in young females and males exercising in the heat. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 42(1), 68–76. <https://doi.org/10.1139/apnm-2016-0206>
- Tallis, J., Duncan, M. J., & James, R. S. (2015). What can isolated skeletal muscle experiments tell us about the effects of caffeine on exercise performance? *British Journal of Pharmacology*, 172(15), 3703–3713. <https://doi.org/10.1111/bph.13187>
- Tallis, J., James, R. S., Cox, V. M., & Duncan, M. J. (2012). The effect of physiological concentrations of caffeine on the power output of maximally and submaximally stimulated mouse EDL (fast) and soleus (slow) muscle. *Journal of Applied Physiology*, 112(1), 64–71. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00801.2011>
- Tarnopolsky, M. A. (2008). Effect of caffeine on the neuromuscular system—Potential as an ergogenic aid. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 33(6), 1284–1289. <https://doi.org/10.1139/H08-121>
- Tarnopolsky, M. A. (2010). Caffeine and Creatine Use in Sport. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 57(Suppl. 2), 1–8. <https://doi.org/10.1159/000322696>
- Tomlin, D. L., & Wenger, H. A. (2001). The Relationship Between Aerobic Fitness and Recovery from High Intensity Intermittent Exercise: *Sports Medicine*, 31(1), 1–11. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131010-00001>
- Tucker, M. A., Hargreaves, J. M., Clarke, J. C., Dale, D. L., & Blackwell, G. J. (2013). The Effect of Caffeine on Maximal Oxygen Uptake and Vertical Jump Performance in Male Basketball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(2), 382–387. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31825922aa>

- Van Thuyne, W., & Delbeke, F. (2006). Distribution of Caffeine Levels in Urine in Different Sports in Relation to Doping Control Before and After the Removal of Caffeine from the WADA Doping List. *International Journal of Sports Medicine*, 27(9), 745–750. <https://doi.org/10.1055/s-2005-872921>
- Wahid, A., Manek, N., Nichols, M., Kelly, P., Foster, C., Webster, P., Kaur, A., Friedemann Smith, C., Wilkins, E., Rayner, M., Roberts, N., & Scarborough, P. (2016). Quantifying the Association Between Physical Activity and Cardiovascular Disease and Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of the American Heart Association*, 5(9), e002495. <https://doi.org/10.1161/JAHA.115.002495>
- Wang, Y., & Xu, D. (2017). Effects of aerobic exercise on lipids and lipoproteins. *Lipids in Health and Disease*, 16(1), 132. <https://doi.org/10.1186/s12944-017-0515-5>
- Wickham, K. A., & Spriet, L. L. (2018). Administration of Caffeine in Alternate Forms. *Sports Medicine*, 48(S1), 79–91. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0848-2>
- Wisløff, U. (2002). Aerobic exercise reduces cardiomyocyte hypertrophy and increases contractility, Ca<sup>2+</sup> sensitivity and SERCA-2 in rat after myocardial infarction. *Cardiovascular Research*, 54(1), 162–174. [https://doi.org/10.1016/S0008-6363\(01\)00565-X](https://doi.org/10.1016/S0008-6363(01)00565-X)
- Wisløff, U., Støylen, A., Loennechen, J. P., Bruvold, M., Rognum, Ø., Haram, P. M., Tjønnå, A. E., Helgerud, J., Slørdahl, S. A., Lee, S. J., Videm, V., Bye, A., Smith, G. L., Najjar, S. M., Ellingsen, Ø., & Skjærpe, T. (2007). Superior Cardiovascular Effect of Aerobic Interval Training Versus Moderate Continuous Training in Heart Failure Patients: A Randomized Study. *Circulation*, 115(24), 3086–3094. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.675041>
- Zinner, C., Morales-Alamo, D., Ørtenblad, N., Larsen, F. J., Schiffer, T. A., Willis, S. J., Gelabert-Rebato, M., Perez-Valera, M., Boushel, R., Calbet, J. A. L., & Holmberg, H.-C. (2016). The Physiological Mechanisms of Performance Enhancement with Sprint Interval Training Differ between the Upper and Lower Extremities in Humans. *Frontiers in Physiology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00426>