

**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ**

ΤΟΜΕΑΣ ΥΓΡΟΥ ΣΤΙΒΟΥ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΚΑΦΕΪΝΗΣ ΣΤΗΝ ΚΟΛΥΜΒΗΤΙΚΗ
ΑΠΟΔΟΣΗ**

Ανατόλ Λαγκαδάς

A.M:201500057

Επιβλέπων καθηγητής: Αγγελική Δούκα

ΙΟΥΝΙΟΣ 2021

© Copyright

Ανατόλ Λαγκαδάς

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

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτρια μου, Αγγελική Δούκα, για την έμπρακτη βοήθεια και συνεισφορά της στη συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία, η οποία αφορά τη μελέτη διάφορων επιστημονικών ερευνών, επάνω στις επιδράσεις της καφεΐνης στην αθλητική και κολυμβητική απόδοση.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

| | |
|--|---|
| 1.1 Ορισμός και διατύπωση του προβλήματος | 6 |
| 1.2 Σημασία της έρευνας | 6 |
| 1.3 Σκοπός της έρευνας..... | 7 |
| 1.4 Οριοθετήσεις και περιορισμοί της έρευνας | 7 |
| 1.5 Διευκρίνιση όρων | 7 |

II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

| | |
|---|----|
| 2.1 Ορισμός καφεΐνης και ιστορική εξέλιξη του καφέ | 9 |
| 2.2 Μεταβολισμός καφεΐνης στο αίμα..... | 12 |
| 2.3 Μηχανισμοί επίδρασης της καφεΐνης στον οργανισμό..... | 13 |
| 2.4 Επιδράσεις καφεΐνης στον οργανισμό..... | 13 |
| 2.5 Επιδράσεις καφεΐνης στην άσκηση..... | 15 |
| 2.6 Καφεΐνη και αθλητική απόδοση..... | 16 |
| 2.7 Καφεΐνη και κολύμβηση..... | 21 |

III. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ.....27

IV. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ.....30

V. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....33

Περίληψη

Η καφεΐνη αποτελεί μία ουσία που τη συναντάμε στη φύση σε μορφή κόκκων καφέ. Εκτός από προεξασκητικό συμπλήρωμα, η καφεΐνη, χρησιμοποιείται και από άτομα τα οποία έχουν μία αρκετά δραστήρια ζωή. Ο λόγος που την κάνει τόσο σημαντική και απαραίτητη στη καθημερινότητα του μέσου ανθρώπου, είναι γιατί πάρα πολλές μελέτες έχουν αποδείξει την ευεργετική της επίδραση. Αυτές οι μελέτες, αναφέρουν επιδράσεις σε διάφορους μηχανισμούς του ανθρώπινου οργανισμού κατά τη διάρκεια της άσκησης. Το ενδιαφέρον λοιπόν αυτής της μελέτης, εστιάζεται σε αυτές τις επιδράσεις και στο πώς αυτές με τη σειρά τους, βελτιώνουν την απόδοση των κολυμβητών. Μπορεί η περιορισμένη βιβλιογραφία στο κόσμο της κολύμβησης να αποτελεί εμπόδιο σε μία εκτεταμένη ανασκόπηση, αλλά πλήθος είναι οι έρευνες που έχουν μελετήσει τις επιδράσεις της σε άλλα αερόβια και αναερόβια αθλήματα και δοκιμασίες. Με βάση αυτές, θα προσπαθήσουμε να τεκμηριώσουμε συνοπτικά, την θετική ή αρνητική επίδραση της καφεΐνης στην κολύμβηση. Όλα τα αποτελέσματα προκύπτουν από το συσχετισμό διαφόρων μελετών, στις οποίες η καφεΐνη χορηγήθηκε, είτε σε άνδρη (καθαρή) μορφή, είτε σε τεχνητά επεξεργασμένη μορφή (χάπι, σκόνη), είτε σε μορφή αθλητικού ποτού, σε διάφορες κατηγορίες ανθρώπων. Συνοπτικά λοιπόν, η καφεΐνη, δρα στον ανθρώπινο οργανισμό αυξάνοντας τη συσταλτικότητα των μυών, τη φυσική απόδοση και αντοχή καθώς και το χρόνο πριν από την εξάντληση. Επιπλέον, αυξάνει τη λιποδιάλυση, την εξοικονόμηση του μυϊκού γλυκογόνου και συμβάλλει στη μείωση του ασκησιογόνου στρες. Οι βελτιώσεις προκύπτουν κυρίως στις αερόβιες δοκιμασίες και αθλήματα που σχετίζονται με παρατεταμένη υπομέγιστη ένταση. Αναφορικά με τις αναερόβιες δοκιμασίες, υπάρχει ένα πλήθος αντιφάσεων για τα οφέλη της στην απόδοση. Παρ' όλα αυτά, αρκετές έρευνες συμφωνούν ότι η καφεΐνη βελτιώνει την απόδοση σε σταδιακά αυξανόμενες εντάσεις και επιδρά αυξάνοντας τη μέγιστη ισχύ στις πολύ υψηλές εντάσεις (75-85%). Από αυτές τις επιδράσεις όμως, ευνοούνται μόνο οι αθλητές υψηλού επιπέδου. Από την άλλη στη κολύμβηση, έρευνες έχουν διεξαχθεί περισσότερο στο κομμάτι της αναερόβιας απόδοσης. Συγκεκριμένα, έχει βρεθεί ότι η καφεΐνη, αυξάνει τη μέγιστη δύναμη και απόδοση στα επαναλαμβανόμενα σπριντ, καθώς και τη μέση ταχύτητα. Σε κολύμβηση αντοχής, φαίνεται να αυξάνει σημαντικά την απόδοση, ενισχύοντας τη φυσική αντοχή και ανοχή του αθλητή στη κόπωση. Τέλος, η καφεΐνη, δείχνει να είναι ευεργετική για όλα τα είδη άσκησης, αλλά πολλές έρευνες έρχονται σε αντιφάσεις, καθώς ο κάθε ερευνητής χρησιμοποιεί κάθε φορά ένα διαφορετικό πρωτόκολλο άσκησης. Ας μην ξεχνάμε όμως, ότι η καφεΐνη έχει εισέλθει στο κόσμο των απαγορευμένων ουσιών, του αντιντόμπινγκ κοντρόλ, κάτι που δείχνει ότι σαν ουσία είναι σίγουρα ευεργετική για τη απόδοση.

Λέξεις-Κλειδιά: καφεΐνη, ντεκαφεϊνέ, εργογόνες επιδράσεις, εξάντληση, άσκηση, συμπλήρωμα διατροφής, συνεχόμενη άσκηση, αθλητική απόδοση, κολύμβηση, κολυμβητική απόδοση, σπριντ, αντοχή, εργογόνοι μηχανισμοί, επαναλαμβανόμενα σπριντ

caffeine, coffee, decaffeine, ergogenic aids, exhaustion, dietary supplements, endurance, repeat-sprint, intermittent exercise, exercise performance, ergogenic mechanisms

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ορισμός και διατύπωση προβλήματος

Στη σημερινή εποχή, η χρήση διεγερτικών ουσιών με σκοπό την ενίσχυση της ψυχικής και σωματικής απόδοσης, είναι πάρα πολύ συνηθισμένη. Αυτό το φαινόμενο, παρατηρείται από τον κόσμο του αθλητισμού και πρωταθλητισμού, μέχρι τον κόσμο των ψυχαγωγικά δραστήριων ή ανάσκητων ατόμων. Στόχος είναι πάντα, είτε η μεγιστοποίηση της απόδοσης, είτε μία αποδοτικότερη ποιότητα ζωής. Έτσι λοιπόν, η παρούσα ανασκόπηση εστιάζει στις ευεργετικές ιδιότητες της καφεΐνης όσων αφορά την απόδοση στις αθλητικές δοκιμασίες και την κολύμβηση, καθώς και στους μηχανισμούς του ανθρώπινου οργανισμού, που χάρις στη καφεΐνη, συμβάλλουν στη βελτίωση της.

1.2 Σημασία της έρευνας

Η σημασία της έρευνας έγκειται γύρω από την επίδραση της καφεΐνης στον οργανισμό που προκαλεί μέσω της αυξημένης κινητοποίησης διάφορων μηχανισμών. Στόχος είναι να μελετηθούν αυτές οι επιδράσεις και να προσδιοριστεί ποια μορφή, δοσολογία και χορήγηση είναι η καταλληλότερη να επιφέρει θεμιτά αποτελέσματα, και ποια μορφή άσκησης ευνοείται περισσότερο.

1.3 Σκοπός της έρευνας

Σκοπός αυτής της ανασκόπησης είναι να εξετασθεί, αν η χρήση της καφεΐνης, συμβάλλει στη βελτίωση της αθλητικής και κολυμβητικής απόδοσης, όχι μόνο στην κολύμβηση, αλλά και σε άλλες αθλητικές δοκιμασίες. Επιπλέον, να διευκρινιστεί

ποια χορήγηση είναι η πιο αποτελεσματική για κάθε είδος άσκησης, και για ποιες κατηγορίες ανθρώπων. Τέλος, να αξιολογηθεί, εάν η χρήση της ως προεξασκητικό συμπλήρωμα είναι ασφαλής και αποτελεσματική.

1.4 Οριοθετήσεις και περιορισμοί

Οι περιορισμοί της συγκεκριμένης ανασκόπησης είναι ότι αποτελεί μία βιβλιογραφική ανασκόπηση μελετών και όχι μία προσωπική έρευνα. Επιπροσθέτως, υπάρχει περιορισμένος αριθμός μελετών με διαφορετικά κάθε φορά πρωτόκολλα άσκησης, τα οποία δεν μπορούν να οδηγήσουν σε ένα απόλυτο και ξεκάθαρο αποτέλεσμα. Τα συμπεράσματα λοιπόν είναι αρκετά περιορισμένα.

1.5 Διευκρίνιση όρων

COF: καφές

CAF: καφεΐνη

DECAF: ντεκαφεΐνε

PLA: placebo (εικονικό φάρμακο)

HR, ΚΣ: καρδιακή συχνότητα

VO₂max: μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου

VO₂: προσλαμβανόμενος όγκος οξυγόνου

PH: οξύτητα αίματος

WUP: προθέρμανση

CaO₂: ασβέστιο

FFA: free fatty acids, ελεύθερα λιπαρά οξέα

GET: δοκιμασία κυκλοεργόμετρου

ATP: τριφωσφορική αδενοσίνη

Γ.Ο: γαλακτικό οξύ

Na+: νάτριο

K+: κάλλιο

ΗΠΑ: Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής

ΔΟΕ: Διεθνής Ολυμπιακή επιτροπή

NCCA: National Collegiate Athletic Association, Διεθνείς Κολεγιακή Αθλητική Ένωση

FDA: Food and Drug Administration, Αμερικάνικη Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων

ΣΒ: σωματικό βάρος

mg: γραμμάρια

lbs: λίμπρες, μονάδα μέτρησης βάρους

S: Μέση ταχύτητα

II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1 Ορισμός καφεΐνης και ιστορική εξέλιξη του καφέ

Η καφεΐνη είναι μία φυσική ένωση μεθυλξανθίνης που ταξινομείται στις αλκαλοειδείς φυσικές ενώσεις και ονομάζεται 1,3,7 τριμεθυλπουρίνη-2,6 διόνη (Alsabri et al.,2018). Προέρχεται από το καφέ, του οποίου η ανακάλυψη έγινε στην Αιθιοπία το 850μ.Χ (Majia&Ramirez-Mares,2014). Η ονομασία του προήλθε από την αραβική λέξη «quahweh», που στα Λατινικά σημαίνει «coffea». Θάμνοι καφέ καλλιεργούνται στην Υεμένη από τα μέσα του 15^{ου} αιώνα, στην οποία υπάρχουν ιστορικά στοιχεία για τη κατανάλωση του. Στις αρχές του 1615, Βένετοι έμποροι εισάγουν τον καφέ και στην Ευρώπη. Μέχρι τα τέλη του 17^{ου} αιώνα, ο καφές έγινε πάρα πολύ διαδεδομένος σε Ινδία, Β.Αφρική, Τουρκία, Ευρώπη και Βαλκάνια. Όσον αφορά τη παραγωγή του, από τα 103 είδη καφέ που υπάρχουν, μόνο δύο παράγουν το καφέ που καταναλώνεται (Majia&Ramirez-Mares,2014). Ειδικότερα, 60 από αυτά έχουν αναγνωριστεί ότι περιέχουν καφεΐνη με τον καφέ Arabica να είναι η κύρια πηγή (Alsabri et al.,2018;Barone&Roberts,1995). Περίπου το 60% αυτού του αραβικού καφέ, παράγεται πλέον από την Αμερικάνικη ήπειρο και καλλιεργείται από 60 τροπικές και υποτροπικές χώρες. Πλέον η μέση ημερήσια πρόσληψη καφεΐνης φτάνει τα 165mg, μία ποσότητα που αντιστοιχεί σε δύο καφέδες ημερησίως. Η υψηλότερη πρόσληψη, έχει παρατηρηθεί από ενήλικες με ποσοστό περίπου 80% και ηλικίας 50-64 ετών (Majia&Ramirez-Mares,2014; Dews,1982). Ακόμα, έφηβοι ηλικίας κάτω των 18 ετών, καταναλώνουν καφεΐνη 2,6mg/ΣΒ μέσω αναψυκτικών και ανθρακούχων ποτών και το 10% κάθε ηλικιακής ομάδας είναι χρήστης καφέ ή καφεϊνούχων ροφημάτων (πάνω από 5,4mg/ΣΒ), (Dews,1982). Στο πέρασμα των χρόνων, η καφεΐνη έχει αποτελέσει αντικείμενο έρευνας λόγω της διαδεδομένης κατανάλωσης της παγκοσμίως και των ευεργετικών της επιδράσεων στον ανθρώπινο οργανισμό. Στα τέλη του 1960, η Αμερικάνικη Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA), εστίασε την προσοχή της στη καφεΐνη και το 1987 καθιέρωσε περιορισμό στη ποσότητα χορήγησης. Σε έρευνα των Barone&Roberts,1995, μελετήθηκαν οι τάσεις του πληθυσμού στη κατανάλωση τροφών με καφεΐνη. Βρέθηκε ότι ιδιαίτερα στις ΗΠΑ, η καφεΐνη χορηγείται σε ροφήματα καφέ, τσάι, κακάο, κόκα κόλα και ποτά καφεΐνης. Σε άλλη μελέτη του Burg, το 1975, βρέθηκε ότι ο μέσος όρος πρόσληψης καφεΐνης είναι στα 1,90mg/ΣΒ. Για τα άτομα 18-24 ετών ο μέσος όρος πρόσληψης καφεΐνης είναι 1,10mg/ΣΒ και από 25 και άνω 2,40mg/ΣΒ. Η Εικόνα 1, παρουσιάζει τις περιεκτικότητες του καφέ και διάφορων αναψυκτικών σε καφεΐνη.

| Product | Serving size (fl. oz) | Caffeine in one serving (mg) |
|--|-----------------------|------------------------------|
| <i>Coffee</i> | | |
| Regular drip or percolated | 8 | 95–330 |
| Brewed or percolated, decaffeinated | 8 | 3–12 |
| Instant, prepared from powder | 8 | 30–70 |
| Espresso | 1 | 50–150 |
| <i>Tea</i> | | |
| Black, regular, brewed or tea bag | 8 | 40–74 |
| Black, decaffeinated | 8 | 2–5 |
| Green, brewed or tea bag | 8 | 25–50 |
| Oolong, brewed or tea bag | 8 | 21–64 |
| White, brewed or tea bag | 8 | 15 |
| Instant, prepared from powder | 6 | 33–64 |
| Yerba mate, brewed or tea bag | 8 | 65–130 |
| Iced tea | 12 | 27–42 |
| <i>Beverages</i> | | |
| Carbonated beverages with caffeine added | 12 | 22–69 |
| Alcoholic beverages with caffeine added | 1 | 3–9 |
| Energy drinks with caffeine added | 8.2–23.5 | 33–400 |
| Caffeinated waters | 16.9–20.0 | 42–125 |
| <i>Foods</i> | | |
| Chocolates | 8 oz | 0–6 |
| Sweets | Various | 1–122 |
| Snacks, from US Department of Agriculture database | 1 oz or 1 bar | 3–41 |
| Snacks, gums, and mints | Various | 20–400 |
| Fast foods | Various | 1–49 |

Adapted from the 2012 USDA report on caffeinated food and CBs [Somogyi, L.P. (2012) *Caffeine Intake in the U.S. Population* (<http://www.fda.gov/downloads/AboutFDA/CentersOffices/OfficeofFoods/CFSAN/CFSANFOIAElectronicReadin->

Εικόνα 1: Περιεκτικότητες ροφημάτων σε καφεΐνη, *Majia & Ramirez-Mares, 2014*

2.2 Μεταβολισμός καφεΐνης στο αίμα

Όταν η καφεΐνη εισέρχεται στον οργανισμό, περνάει στη κυκλοφορία του αίματος μέσα σε 30-45 λεπτά, παρόλο που το στομάχι χρειάζεται λιγότερο χρόνο για να τη διασπάσει, ~20 λεπτά (Majia&Ramirez-Mares,2014). Λόγω των υδρόφοβων χαρακτηριστικών της, το πέρασμα της στη κυκλοφορία του αίματος διευκολύνεται δια μέσου όλων των κυτταρικών μεμβρανών. Το λεπτό έντερο μπορεί να απορροφήσει ποσότητες έως και 0,33mg /λεπτό (Alsabri et al.,2018). Η υψηλότερη συγκέντρωση στο πλάσμα αίματος (99%), κορυφώνεται σύμφωνα με έρευνες των Ganio et al.,2009;Alsabri et al.,2018; Majia&Ramirez-Mares,2014, εντός 15-120 λεπτών με μέση συνολική διάρκεια ζωής στον οργανισμό έως και 4 ώρες (Ganio et al., 2009) Στα άτομα άνω των 30 ετών, η συγκέντρωση στο πλάσμα αίματος είναι σημαντικά υψηλότερη συγκριτικά με άτομα μικρότερα των 20 ετών (Higgins et al.,2016). Η διάρκεια ζωής της καφεΐνης, διαφέρει ανάλογα την ηλικία (πρόωρα νεογνά 50-100 ώρες), το φύλλο (γυναίκες 20-30% λιγότερο), τη χρήση αντισυλληπτικών χαπιών (αυξάνεται 5-10 ώρες), κάποιες φαρμακευτικές αγωγές, το κάπνισμα (1,5-3,5 ώρες) και τη λειτουργία του συκωτιού (96 ώρες). Μόνο το 1-5% της ποσότητας καφεΐνης που λαμβάνεται, αποβάλλεται από τα ούρα και μόνο στα νεογνά 6-8 μηνών μπορεί να αποβληθεί έως και το 85% (Majia&Ramirez-Mares,2014). Οι δόσεις καφεΐνης που περιέχει ο καφές, το τσάι και τα αναψυκτικά ποτά (20-40mmol/l), μπορούν να δράσουν ως ένας ανασταλτικός παράγοντας των υποδοχέων των νεύρων του εγκεφάλου και της αδενοσίνης, οδηγώντας είτε σε μειωμένη κόπωση, είτε σε συμπτώματα έντονης σύγχυσης που μπορεί να προκαλέσει μία υπέρμετρη χρήση της. Τέλος το 80% μεταβολίζεται από το συκώτι χάρις τη βοήθεια ειδικών ενζύμων (Alsabri et al.,2018).

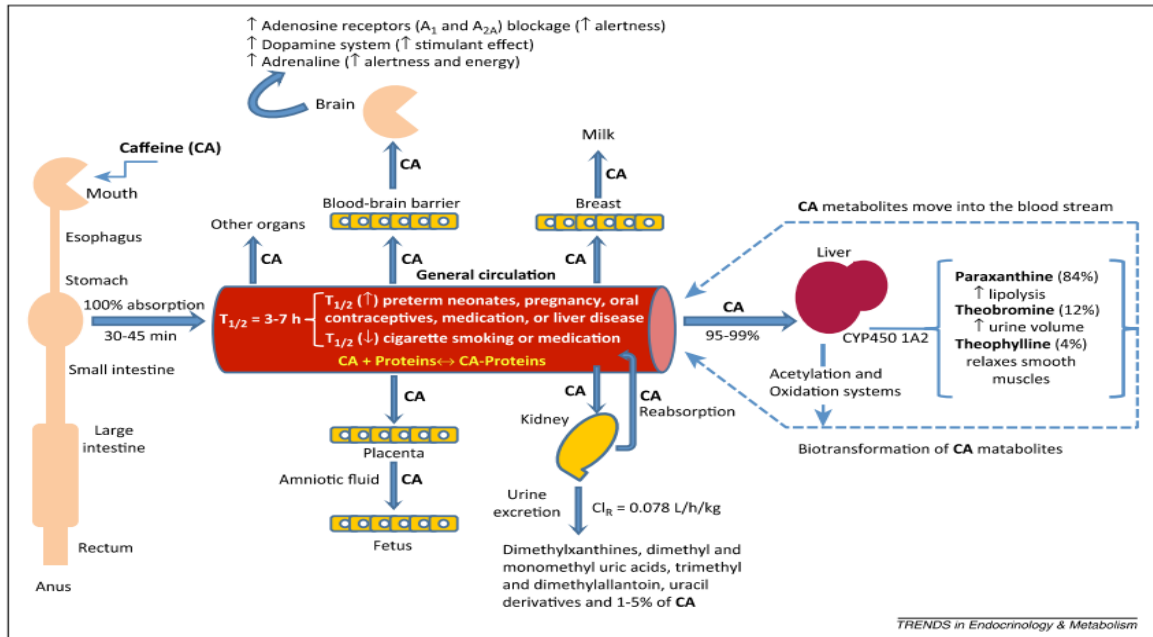


Figure 1. Overview of the pharmacokinetics of caffeine in humans. After ingestion, caffeine is absorbed into the general circulation within 30–45 min, although approximately 90% is cleared from the stomach within 20 min; peak plasma concentrations are reached within 1–1.5 h. The half-life ($t_{1/2}$) varies widely among individuals according to age (preterm neonates, 50–100 h), sex (20–30% shorter in females), use of oral contraceptives (increases 5–10 h), pregnancy (9–11 h), certain concurrent medications (decreases with carbamazepine or rifampicin, increases with cimetidine or ciprofloxacin), cigarette smoking (1.5–3.5 h), and liver function (96 h). Caffeine is promptly reabsorbed by the renal tubules and only 1–5% is excreted unchanged in urine within 48 h. Infants (8–9 months) excrete 85% in urine. The doses typically contained in coffee, tea, and soft drinks can result in plasma levels of 20–40 $\mu\text{mol/l}$ and caffeine can act as a competitive inhibitor of brain receptors, occupying adenosine receptor sites and resulting in increased alertness. Caffeine is absorbed completely and is metabolized mainly by the CYP1A2 isozyme of the hepatic microsomal cytochrome P450 system. Caffeine undergoes demethylation, resulting in paraxanthine, theobromine, and theophylline. Finally, caffeine metabolites are biotransformed by microsomal enzymes to dimethylxanthines, dimethyl and monomethyl uric acids, trimethyl and dimethylallantoin, and uracil derivatives, which are filtered by the kidneys and exit the body in the urine [12,14]. Abbreviations: CA, caffeine; \uparrow , increase; \downarrow , decrease; Prot., protein; Cl_R , total plasma clearance.

Εικόνα 2: Μεταβολισμός καφεΐνης, Majia&Ramirez-Mares,2014

| Parameter | Description and average vaules (or range) |
|---------------------------------|--|
| Bioavailability | Complete absorption within 60 min No splanchnic first-pass effect |
| Peak plasma concentration (PPC) | 5–10 μM for each 1 mg/kg oral dose |
| Time for PPC | 60 (15–120) min |
| Volume of distribution | 700 (500–800) mL/kg |
| Half-life for elimination | 5 (2.5–10) h |
| Clearance rate | 1.5 (1–3) mL/kg/min |
| Peak urine concentration (PUC) | 0.5–1.5 $\mu\text{g/mL}$ for each 1 mg/kg oral dose |
| Time for PUC | 120 (60–180) min |

Εικόνα 3: Μεταβολισμός καφεΐνης, Kavouras&Mangkos,2005

2.3 Μηχανισμοί επίδρασης της καφεΐνης στον οργανισμό

Σε έρευνα του Spriet, 1995, αναφέρονται 3 θεωρίες για τους μηχανισμούς επίδρασης της καφεΐνης. Η πρώτη θεωρία υποστηρίζει ότι η καφεΐνη κινητοποιεί τη δραστηριότητα του ΚΝΣ επηρεάζοντας την αίσθηση του πόνου και της κόπωσης. Η δεύτερη θεωρία, αναφέρεται σε επιδράσεις στους σκελετικούς μύες και η τρίτη, σε αυξημένη κινητοποίηση ελεύθερων λιπαρών οξέων (FFA), συμβάλλοντας έτσι στην εξοικονόμηση του γλυκογόνου. Αναφορικά με τη τρίτη θεωρία, όταν η συγκέντρωση καφεΐνης στο αίμα αυξάνεται, αυξάνεται ταυτόχρονα και η απελευθέρωση των κατεχολαμίνων από το ΚΝΣ. Αυτές οι κατεχολαμίνες, αυξάνουν την κινητοποίηση των ελεύθερων λιπαρών οξέων τα οποία και χρησιμοποιούν ως ενέργεια. Αποτέλεσμα σε αυτό είναι η εξοικονόμηση της γλυκόζης και του γλυκογόνου στο αίμα λόγω μειωμένου ρυθμού γλυκόλυσης. Σε έρευνα των Davis&Green, 2009, υποστηρίζεται ότι η δράση της καφεΐνης, συνδέεται με μηχανισμούς της αδρεναλίνης (επινεφρίνη), στους οποίους προκαλείται βελτιωμένη οξειδωση των ελεύθερων λιπαρών οξέων και διαδοχική εξοικονόμηση γλυκογόνου. Επιπλέον, άλλος μηχανισμός της καφεΐνης θεωρείται η κινητοποίηση του Ασβεστίου και η αναστολή της φωσφοδιαστεράσης, ο οποίος μηχανισμός, όπως αναφέρεται στη συγκεκριμένη μελέτη, δεν κινητοποιείται με μία μόνο δόση καφεΐνης, αλλά με πολλαπλές χορηγήσεις. Πάντως, πιθανές επιδράσεις φαίνεται να υπάρχουν στη βελτίωση της δραστηριότητας της αντλίας Na^+/K^+ , η οποία ενισχύει τη μυϊκή συστολή. Αυτή η θεωρία υποστηρίζεται ένθερμα και από άλλες μελέτες που έχουν γίνει αναφορικά με τους μηχανισμούς που συμβάλλουν σε αυτή τη κινητοποίηση, και στους τύπους άσκησης που παρατηρείται αυτό το φαινόμενο. Τέλος, κοινό συμπέρασμα σε πάρα πολλές μελέτες όπως αυτές των Davis&Green,2009; Spriet,1995, είναι η κυριότερη επίδραση της καφεΐνης στο ΚΝΣ όπου δρα ανταγωνιστικά στους υποδοχείς αδενosίνης, αναστέλλοντας τις αρνητικές επιδράσεις που προκαλεί η αδενosίνη στη νευροδιαβίβαση, τη διέγερση, το πόνο και την αντίληψη του πόνου. Αυτό με τη σειρά του, οδηγεί σε περιορισμένη αντίληψη του καμάτου και καθυστέρηση της κόπωσης κατά τη διάρκεια μίας δοκιμασίας.

2.4 Επιδράσεις καφεΐνης στον οργανισμό

Οι επιδράσεις της καφεΐνης στον ανθρώπινο οργανισμό, ποικίλλουν ανάλογα την ηλικία, το φύλλο, τη φυσική κατάσταση του ατόμου και την ευαισθησία του στην καφεΐνη (Dews,1982;Majia&Ramirez-Mares,2014). Με βάση λοιπόν αυτά τα χαρακτηριστικά, η καφεΐνη μπορεί να προκαλέσει θετικές ή αρνητικές επιδράσεις στον ανθρώπινο οργανισμό. Αναφορικά με τις θετικές επιδράσεις, έρευνες των Dews,1982;Nawrot,2003; Majia&Ramirez-Mares,2014;Alsabri et al.,2018 , αναφέρουν ότι η καφεΐνη σε φυσιολογικές δοσολογίες, επηρεάζει θετικά το νευρικό

σύστημα, αυξάνοντας τη μυϊκή συστολή και χαλαρώνοντας τους λείους μύες. Σε έρευνα του Dews, 1982, η χορήγηση 250mg καφεΐνης σε 9 νεαρούς άνδρες που δεν ήταν χρήστες καφέ, συνέβαλε σε αύξηση της μέσης συστολικής τους πίεσης από 106mmHg σε 120mmHg και της διαστολικής πίεσης από 75mmHg σε 85mmHg σε διάστημα 30-90 λεπτών. Αντίθετα μία τριπλή ημερήσια δόση με συνολική περιεκτικότητα 250mg δεν επέδειξε καμία επίδραση στον οργανισμό, κάτι που δείχνει ότι μικρότερες δοσολογίες στον οργανισμό και μία συχνή κατανάλωση καφεΐνης, δεν επιφέρουν καμία επίδραση στον οργανισμό. Άλλη έρευνα του Robertson et al., 1981, έδειξε ότι η χορήγηση 250mg καφεΐνης εντός μίας ώρας, αυξάνει το ρυθμό αναπνοής από 13,4 σε 16,1 το λεπτό. Παράλληλα, αυξάνει τη νεφρική λειτουργία καθώς η ποσότητα των ούρων αυξήθηκε από 327ml σε 469ml μέσα σε 3 ώρες. Πέρα από τις επιδράσεις που έχει στον οργανισμό, η καφεΐνη σύμφωνα με τους Alsabri et al., 2018, χρησιμοποιείται και σαν φάρμακο για τη θεραπεία της βρογχοπνευμονικής δυσπλασίας σε πρόωρα βρέφη και ενάντια σε νευρολογικές ασθένειες όπως το Πάρκινσον και η άνοια (Dews, 1982). Βέβαια, ανάλογα την ποσότητα και την ευαισθησία του ατόμου στην καφεΐνη, οι επιδράσεις μπορεί να είναι αρκετά επιβλαβής για την υγεία. Συγκεκριμένα σε περιπτώσεις υπερδοσολογίας (1040mg, 158mg, 106mg, 79mg/l αίματος, Dews, 1982), μπορεί να επιφέρει διαταραχή στον ύπνο (αϋπνία), υπνηλία, πονοκέφαλο, νευρική κατάσταση (30mg/ΣΒ) (Dews, 1982; Alsabri et al., 2014). Επίσης να επηρεάσει την ισορροπία του Ασβεστίου, τη λειτουργία της καρδιάς και του αναπαραγωγικού συστήματος (Nawrot et al., 2003) καθώς και τάση για έμετο, ζάλη, άγχος, αδυναμία συγκέντρωσης, αφυδάτωση (Kanouras & Magkos, 2005). Σε έρευνα που αφορά την διαταραχή του ύπνου, έδειξε ότι μία χορήγηση 300mg καφεΐνης σε 5 ημέρες μπορεί να επηρεάσει από 1,8 ώρες έως 53,6 λεπτά τη διάρκεια του ύπνου (Robertson et al., 1981). Εν κατακλείδι, μία ημερήσια ποσότητα καφεΐνης των 400mg και λιγότερο, ασκεί ουδέτερα ευεργετικά αποτελέσματα στους ενήλικες. Τα παιδιά 6-12 ετών μπορούν να καταναλώσουν 45-85mg και οι έφηβοι από 100-175mg ημερησίως, ενώ οι γυναίκες που θέλουν να αποκτήσουν παιδί πρέπει να περιορίσουν την πρόσληψη καφεΐνης σε λιγότερο από 300mg ημερησίως. Τέλος, η καφεΐνη δρα αρνητικά στα άτομα με καρδιολογικά προβλήματα προκαλώντας τους αρρυθμίες, στα άτομα με δυσλιπιδαιμία προκαλώντας τους χοληστερίνη σε μακροχρόνια χρήση, καθώς και στα άτομα με οστεοπόρωση τα οποία πρέπει να προσθέτουν συνεχώς γάλα στο καφέ τους προκειμένου να αναστείλουν την επίδραση της καφεΐνης.

2.5 Επιδράσεις καφεΐνης στην άσκηση

Οι ευεργετικές ιδιότητες της καφεΐνης στον αθλητισμό είναι γνωστές εδώ και πολλά χρόνια και έγιναν αρκετά δημοφιλής μετά από μελέτες που έδειξαν ότι η καφεΐνη βελτιώνει την αντοχή και ανοχή στη κόπωση (Stamford, 1989). Πολλοί αθλητές ξεκίνησαν να κάνουν χρήση καφεΐνης πριν και κατά τη διάρκεια του αγώνα ή της προπόνησης. Η σημαντικότερη ιδιότητα της καφεΐνης είναι ότι μόλις απορροφηθεί από τον οργανισμό, διανέμεται σε όλο το σώμα με την υψηλότερη συγκέντρωση να βρίσκεται στους μύες (Burg, 1991). Συγκεκριμένα, οι ευεργετικές επιδράσεις της έχουν γίνει γνωστές και από τους Ολυμπιακούς αγώνες στο Λός Άντζελες το 1984, όταν η Αμερικάνικη Ομοσπονδία ποδηλασίας, αποκάλυψε ότι η ομάδα της είχε κάνει χρήση υπόθετων καφεΐνης πριν τον αγώνα. Στη συνέχεια, στους Ολυμπιακούς αγώνες του Σεούλ το 1988, ένας Αμερικάνος αθλητής ποδηλασίας και ένας Αυστραλιανός αθλητής πεντάθλου αποκλείστηκαν από τους αγώνες αφού βρέθηκε στα ούρα τους πολύ υψηλή συγκέντρωση καφεΐνης (James, 1991). Έτσι μετά από όλες αυτές τις αναφορές και την αυξημένη διάδοση κατανάλωσης της, η ΔΟΕ, έθεσε ως μέγιστο όριο συγκέντρωσης στα ούρα τα 12g/ml, μία ποσότητα που αντιστοιχεί σε 897-1065mg καφεΐνης, περίπου 8 κούπες καφέ (Nehlig & Debry, 1994). Πλέον, στα αντιντόμπινγκ κοντρολ που διεξάγονται σε Διεθνής και Ολυμπιακούς αγώνες, έλεγχος εκτός από στεροειδή αναβολικές ουσίες, γίνεται και στην υπέρβαση του συγκεκριμένου ορίου καφεΐνης (Jurisic&Randic, 1994). Άλλη αναφορά για περιορισμό χρήσης, ανακοινώθηκε σύμφωνα με έρευνα του Ladwing et al., 2014, από την ένωση κολλεγιών NCAA, η οποία έθεσε ως απαγορευμένη ουσία τη καφεΐνη όταν βρίσκεται στον οργανισμό σε ποσότητες 15mg/l ούρων. Τέλος, για να μην υπάρξει κίνδυνος αποκλεισμού από τη ΔΟΕ, οι αθλητές πρέπει να περιορίζουν τις δόσεις πριν τον αγώνα. Αυτό γιατί ανάλογα το άτομο, οι δόσεις καφεΐνης μπορεί να είναι ίδιες, αλλά η συγκέντρωση στο αίμα να είναι διαφορετική. Κάτι τέτοιο συμβαίνει, γιατί κάποιοι οργανισμοί αποβάλλουν την καφεΐνη με πιο αργό ρυθμό από το σώμα (Birkett&Miners, 1991).

Οι μελέτες που θα αναφερθούν στην επόμενη παράγραφο, αποτελούν επιστημονικές έρευνες, στις οποίες έγινε χορήγηση καφεΐνης σε άτομα δραστήρια, **υψηλού και χαμηλού επιπέδου φυσικής κατάστασης**. Για τις μετρήσεις, τα άτομα έπρεπε να απέχουν από καφεΐνη και έντονη σωματική άσκηση 48-72 ώρες. Όλες οι χορηγήσεις έγιναν 45-60 λεπτά πριν τη κάθε δοκιμασία και αυτό γιατί σύμφωνα με τις μελέτες που έχουν προαναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, κάπου τότε φθάνει η καφεΐνη τη μέγιστη συγκέντρωση της στο πλάσμα αίματος. Στις χορηγήσεις αυτές, απαραίτητη προϋπόθεση αποτέλεσε οι δοκιμαζόμενοι να είναι 12 ώρες νηστικοί. Οι χορηγήσεις καφεΐνης έγιναν με μορφή αθλητικών ποτών, σκόνης, χαπιού, καφέ και καφέ τεχνητά ενισχυμένου με καφεΐνη. Οι ποσότητες και τα πρωτόκολλα άσκησης που ακολούθησαν, διαφέρουν μεταξύ τους, γι αυτό και στη συνέχεια θα δούμε ένα πλήθος διαφορετικών ευρημάτων που εν τέλει καταλήγουν σε ομόφωνα κοινά συμπεράσματα (Anselme et al., 1992; Nehlig&Debry, 1994; Spriet, 1995; Haymes&Trice, 1995;

Davis&Green,2009; Ganio et al.,2005;Musa&Lamina,2009; Hogson et al.,2013; Higgins et al.,2016).

2.6 Καφεΐνη και αθλητική απόδοση

Στις έρευνες που ακολουθούν, θα εξεταστούν οι επιδράσεις τη καφεΐνης σε **αερόβιες** και **αναερόβιες δοκιμασίες** όπως το **τρέξιμο**, το **σκι** και η **ποδηλασία**. Σε συστηματική μελέτη του Higgins et al., 2016, ερευνήθηκαν οι επιπτώσεις του καφέ πριν και κατά τη διάρκεια της άσκησης στη βελτίωση της αντοχής. Στις 5 από τις 9 μελέτες που εξετάστηκαν οι βελτίωσης σε άσκηση μέχρι εξάντλησης ήταν 24,2% με βελτίωση του χρόνου ολοκλήρωσης 3,1%. Σε αυτές τις μελέτες, η καφεΐνη χορηγήθηκε από 45-60 λεπτά πριν τη κάθε δοκιμασία. Οι περιεκτικότητες σε καφεΐνη που αποτέλεσαν ευεργετικές σε αυτές τις έρευνες είναι 3-8,1mg/ΣΒ και 1,36-6,68mg/lbs (Higgins et al., 2016).

Άλλη έρευνα του Wiles et al.,1992 που έγινε σε δοκιμαζόμενους αθλητές των 1500μ **τρέξιμο**, βρέθηκε ότι χορηγήσεις τέτοιες είναι ικανές να βελτιώσουν έως και 3% την απόδοση σε αθλητικές δοκιμασίες 45 λεπτών έως εξάντληση (75-85% Vo₂max). Στη συνέχεια, οι Costil et al., 1978; Mc Lellan&Bell, 2004; Trice&Hymes, 1995, κάνουν αναφορά στις έρευνες τους ότι ο καφές χωρίς καφεΐνη (decaf) με προσθήκη άνυδρης (καθαρής) καφεΐνης σε σκόνη, είναι περισσότερο αποτελεσματικός για τη βελτίωση της αντοχής.

Στη συνέχεια, οι Nehlig&Debry, 1994, βρήκαν ότι η καφεΐνη δρα αμέσως στο ΚΝΣ απελευθερώνοντας ενδορφίνες και άλλες ορμόνες που τροποποιούν την ένταση του πόνου και τη δυσφορία που προκαλεί η παρατεταμένη άσκηση. Επιπλέον αναφέρουν ότι τα 1-3 φλιτζάνια καφέ (~250mg), είναι ικανά να παρέχουν ευεργετικές επιδράσεις σε άτομα μη συνηθισμένα στη καφεΐνη.

Ο Anselme et al., 1992, αναφέρουν στην έρευνα τους ότι η καφεΐνη, είναι αρκετά ευεργετική σε χαμηλές εντάσεις άσκησης καθώς αυξάνει τη κινητοποίηση και διεγερσιμότητα των μυών, διευκολύνοντας έτσι τη συστολή τους. Σε αυτό συμφωνούν και οι έρευνες των Costil et al.,1978; Berglund& Hemmingson, 1982; Fisher et al., 1986; Flinn et al., 1990; Graham&Spriet, 1991, οι οποίες αναφέρουν ότι η καφεΐνη σε μέτριες έως υψηλές δόσεις των 2-9mg/ΣΒ ή 300-500mg, βελτιώνει την απόδοση σε **παρατεταμένη υπομέγιστη άσκηση** (120 λεπτά έως εξάντληση) όπως το **σκι**, το **τρέξιμο** και η **ποδηλασία**.

Ο Ganio et al., 2009, κατέληξαν στα εξής συμπεράσματα όταν προσπάθησαν να αναλύσουν την επίδραση της καφεΐνης στα αθλήματα και δοκιμασίες αντοχής γενικότερα:

- Βελτίωση απόδοσης 4,3% έως 5,3% όταν η καφεΐνη χορηγείται πριν ή κατά τη διάρκεια της άσκησης.
- Βελτίωση 2,3 έως 3,2% σε οργανισμούς που είναι λίγο περισσότερο συνηθισμένη σε καφεΐνη.
- Η υγρή μορφή καφεΐνης είναι αποδοτικότερη όταν οι ποσότητες ξεπερνούν τα 300mg/ημέρα.
- Δεν πρέπει να λαμβάνεται πάνω από 60 λεπτά πριν την άσκηση.
- Συνίσταται χρήση υγρού διαλύματος με καφεΐνη 3-6mg/ ΣΒ συνδιαστικά με την άσκηση για καλύτερα αποτελέσματα.

Τέλος, έρευνα των Adrian et al., 2013, σε 8 άνδρες τριαθλητές και ποδηλάτες ηλικία 34-48 ετών, ύψους 179-180,5εκ., βάρους 75,5-83.5 κιλών με Vo2max 58.69ml/kg έγινε σε 30 λεπτά στατικής **ποδηλάτησης** σε **κυκλοεργόμετρο** δοκιμασίας GET περίπου στο 55% της Vo2max και ακολουθήθηκε μετέπειτα δοκιμασία 45 λεπτών ποδηλάτησης έως εξάντληση. Μία ώρα πριν το τεστ, οι δοκιμαζόμενοι κατανάλωσαν άνυδρη καφεΐνη, καφέ, ντεκαφεϊνέ καφέ και placebo (5mg/ΣΒ). Η δοκιμασία χωρίστηκε σε 7 ημέρες και κάθε φορά οι δοκιμαζόμενοι κατανάλωναν ένα από τα παραπάνω σκευάσματα. Τα αποτελέσματα έδειξαν θεαματικές βελτιώσεις για καφεΐνη και καφέ. Η βελτίωση που προσέφερε η καφεΐνη ήταν 4,5% για δοκιμασία 30 λεπτών και 4,9% για τη δοκιμασία των 45 λεπτών ποδηλάτησης, ενώ για τις βελτιώσεις του καφέ ήταν 4,7% και 4,3% αντιστοίχως. Επιπλέον η μέγιστη ισχύ βελτιώθηκε στα 45 λεπτά άσκησης:

- Η καφεΐνη προσέφερε βελτίωση από 27667W σε 29466W.
- Ο καφές προσέφερε βελτίωση από 27764W σε 29167W.

Table 2. Time trial performance data for each treatment.

| Treatment | TT finish time (min) | Improvement compared to PLA % (95% confidence intervals) | | Improvement compared to DECAF % (95% confidence intervals) | |
|-----------|-------------------------|--|---------|--|---------|
| | | P value | P value | P value | P value |
| CAF | 38.35±0.48 ^a | 4.9 (2.3–6.8) | 0.007 | 4.5 (2.3–6.2) | 0.012 |
| COF | 38.27±0.57 ^b | 4.7 (2.3–6.7) | 0.010 | 4.3 (2.5–7.1) | 0.012 |
| DECAF | 40.23±0.63 | -0.4 (-4.0–3.1) | 1.000 | - | - |
| PLA | 40.06±0.39 | - | - | 0.3(-0.3–3.9) | 1.000 |

Means ± SE n = 8 a significantly different to DECAF and PLA (p<0.05) b significantly different to DECAF and PLA (p<0.05) Abbreviations: CAF Caffeine, COF Coffee, DECAF Decaffeinated Coffee, PLA Placebo.
doi:10.1371/journal.pone.0059561.t002

Εικόνα 4: Αποτελέσματα έρευνας, Adrian et al., 2013

318 Journal of Strength and Conditioning Research
Copyright © National Strength and Conditioning Association. Unauthorized reproduction of this article is prohibited.

TABLE 1. Effect of caffeine on performance when ingested before exercise.

| Reference | Men (n) | Women (n) | Caffeine delivery mode | Volume and composition of fluid ingested | Caffeine time of administration (minutes before exercise) | Total caffeine (mg·kg ⁻¹) | Protocol | Total exercise time (min) | Improvement over placebo (%) | Pedro score |
|-----------------------------|---------|-----------|------------------------|---|---|---------------------------------------|--|---------------------------|------------------------------|-------------|
| Jenkins et al. (37) | 13 | 0 | Capsule | 450 ml of water before | 60 | 1 | 15-min time trial after 15 min at 80% $\dot{V}O_2\max$ † | 30 | -0.7 | 10 |
| Cohen et al. (12) | 5 | 2 | Capsule | Ad libitum water throughout | 60 | 9 | 21-km race§ | 89 | -0.1 | 9 |
| Anderson et al. (1) | 0 | 8 | Capsule | 193.2 ml of water before | 60 | 6 | 2-km time trial [‡] | 8 | 0.7 | 10 |
| Jacobson et al. (36) | 8 | 0 | "Fat meal" | 1.3 L of water throughout | 60 | 6 | 7-kJ·kg ⁻¹ time trial after 120 min at 70% $\dot{V}O_2\max$ † | 150 | 0.7 | 10 |
| Cohen et al. (12) | 5 | 2 | Capsule | Ad libitum water throughout | 60 | 5 | 21-km race§ | 89 | 0.8 | 9 |
| Bruce et al. (10) | 8 | 0 | Capsule | 3 ml·kg ⁻¹ of water before | 60 | 9 | 2-km time trial [‡] | 7 | 1.0* | 10 |
| Bridge and Jones (9) | 8 | 0 | Capsule | NR | 60 | 3 | 8-km race§ | 32 | 1.2* | 10 |
| Anderson et al. (1) | 0 | 8 | Capsule | 193.2 ml of water before | 60 | 9 | 2-km time trial [‡] | 8 | 1.3* | 10 |
| Bruce et al. (10) | 8 | 0 | Capsule | 3 ml·kg ⁻¹ of water before | 60 | 6 | 2-km time trial [‡] | 7 | 1.3* | 10 |
| Wiles et al. (65) | 18 | 0 | Coffee | 300 ml water before | 60 | 2.5‡ | 1.5-km time trial§ | 5 | 1.4* | 10 |
| Bell et al. (6) | 10 | 2 | Capsule | NR | 90 | 4 | 10-km time trial [‡] § | 45 | 1.7 | 10 |
| Berglund and Hemmingson (7) | 10 | 4 | Capsule | NR | 60 | 6 | 20-km race# | 60 | 1.7 | 9 |
| MacIntosh and Wright (46) | 7 | 4 | Capsule | Ad libitum water prior | 150 | 6 | 1.5-km time trial** | 21 | 1.7* | 10 |
| Collomp et al. (13) | 8 | 0 | Capsule | NR | 60 | 6 | 10-min time trial after 10 min at 95% $\dot{V}O_2\max$ † | 20 | 2.2 | 10 |
| Jenkins et al. (37) | 13 | 0 | Capsule | 450 ml of water before | 60 | 3 | 15-min time trial after 15 min at 80% $\dot{V}O_2\max$ † | 30 | 2.9* | 10 |
| Cox et al. (17) | 12 | 0 | Capsule | 2.7 L 6% carbohydrate-electrolyte solution throughout | 60 | 6 | 7-kJ·kg ⁻¹ time trial after 120 min at 70% $\dot{V}O_2\max$ † | 148 | 3.4* | 6 |
| Jacobson et al. (36) | 8 | 0 | Carbohydrate | 1.3 L of water throughout meal | 60 | 6 | 7-kJ·kg ⁻¹ time trial after 120 min at 70% $\dot{V}O_2\max$ † | 150 | 4.1 | 10 |
| Jenkins et al. (37) | 13 | 0 | Capsule | 450 ml of water before | 60 | 2 | 15-min time trial after 15 min at 80% $\dot{V}O_2\max$ † | 30 | 4.3* | 10 |
| Conway et al. (15) | 8 | 0 | Capsule | NR | 60 | 6 | ~30-min time trial after 90 min at 68% $\dot{V}O_2\max$ † | 120 | 14.5 | 10 |

*Significant improvement over placebo trial; †each subject, by wearing a helmet and backpack, donned an additional 11 kg; ‡calculated by authors of the present study; §rowing; ¶cycling; #cross-country skiing; **swimming. NR, not reported.

Caffeine and Endurance Performance

Εικόνα 5: Έρευνες που έγιναν με χορήγηση καφεΐνης πριν την άσκηση, Ganio et al., 2009

TABLE 2. Effect of caffeine on performance when ingested before and during exercise.

| Reference | Men (n) | Women (n) | Fluid composition | Volume (L) and timing (min) of fluid ingestion | Amount (mg·kg ⁻¹) and timing (min) of caffeine ingestion | Total caffeine (mg·kg ⁻¹) | Protocol | Total exercise time (min) | Improvement over placebo (%) | Pedro score |
|---|---------|-----------|-------------------|--|--|---------------------------------------|--|---------------------------|------------------------------|-------------|
| Wemple et al. (64) | 4 | 2 | 6% CES | P: 0.53 at 60 min S: 0.2 D: 0.2 from 20 to 220 min | P: 1.9 at 60 min S: 0.7 D: 0.7 from 20 to 220 min | 8.7 | 500-revolution time trial after 180 min at 60% $\dot{V}O_2\max$ § | 186 | -0.3 | 10 |
| van Nieuwenhoven et al. (61) | 90 | 8 | 7% CES | P: 0 S: 0.15 D: 0.31 at 4.5, 9, and 13.5 km | P: 0 S: 0.31 D: 0.31 at 4.5, 9, and 13.5 km | 1.25 | 18-km race‡ | 78 | 0.4 | 8 |
| Eschbach (26) | 11 | 0 | 6% CES | P: 0 S: 0 D: 0.25 every 15 min | P: 6 at 180 min S: 0 D: 3 at 60 min | 9 | 5-km time trial after 240 min at 55% $\dot{V}O_2\max$ § | 250 | 0.8 | 10 |
| Hunter et al. (34) | 8 | 0 | 7% CES | P: 0 S: 0 D: 0.15 every 15 min | P: 6 at 60 min S: 0 D: 0.33 every 15 min | 9.3 | 100-km time trial with 9 sprints throughout§ | 158 | 1.3 | 7 |
| Kovacs et al. (44) | 15 | 0 | 7% CES | P: 0.58 at 60 min S: 0 D: 0.22 at 20 and 40 min | P: 0.7 at 60 min S: 0 D: 0.7 at 20 and 40 min | 2.1 | 60-min time trial§ | 60 | 1.8 | 10 |
| Cox et al. (17) | 8 | 0 | 6% CES | P: 0 S: 0 D: 0.34 every 20 min | P: 0 S: 0 D: 0.95 at minutes 80 and 100 during time trial | 1.9 | 7-kj·kg ⁻¹ time trial after 120 min at 70% $\dot{V}O_2\max$ § | 148 | 1.8* | 7 |
| Cox et al. (17) | 8 | 0 | 6% CES | P: 0 S: 0 D: 0.34 every 20 min | P: 0 S: 0 D: 0.95 at minutes 80 and 100 during time trial† | 1.9 | 7-kj·kg ⁻¹ time trial after 120 min at 70% $\dot{V}O_2\max$ § | 148 | 2.4* | 7 |
| Cox et al. (17) | 12 | 0 | 6% CES | P: 0 S: 0 D: 0.34 every 20 min | P: 0 S: 0 D: 1 every 20 min | 6 | 7-kj·kg ⁻¹ time trial after 120 min at 70% $\dot{V}O_2\max$ § | 148 | 3.1 | 7 |
| Ganio (personal communication, August 12, 2007) | 14 | 0 | 6% CES | P: 0 S: 0.44 D: 0.22 every 15 min | P: 0 S: 1.2 D: 0.5 every 15 min | 5.85 | 15-min time trial after 120 min at 60 and 75% $\dot{V}O_2\max$ § | 135 | 3.6 | 10 |

(Continued on next page)

Εικόνα 6: Έρευνες που έγιναν με κατανάλωση καφεΐνης πριν και κατά τη διάρκεια της άσκησης, Ganio et al., 2009

Όσον αφορά τις **αναερόβιες δοκιμασίες**, θα δούμε παρακάτω αρκετές έρευνες με διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης. Σε μελέτη του Flinn et al., 1989, εξετάστηκε η επίδραση της καφεΐνης στην αντοχή 9 ανδρών **ποδηλατών** αναψυχής ηλικίας 17-33 χρονών, 72-84 κιλών, 175-181εκ ύψος και 43-60ml*kg $\dot{V}O_2\max$. Για 7 ημέρες πριν τη δοκιμασία, τα άτομα ακολούθησαν ειδική διατροφή από διαιτολόγο με 253mg/ημέρα. Η δοκιμασία περιελάμβανε 100W **ποδηλασίας** για 3 λεπτά και στη συνέχεια αύξηση 50W ανα 3 λεπτά έως την εξάντληση. Η χορήγηση καφεΐνης έγινε 3-4 ώρες πριν τη δοκιμασία 10mg/ΣΒ. Τα αποτελέσματα έδειξαν βελτίωση σε χρόνο εξάντλησης 13-21 min/sec από 11-17min/sec και βελτίωση του έργου που παράχθηκε από 160-174kj σε 198-305kj.

Σε άλλη έρευνα του Anselme et al., 1992, εξέτασε τις επιδράσεις της καφεΐνης στην αναερόβια ισχύ και στην άσκηση μικρής χρονικής διάρκειας. Οι δοκιμαζόμενοι ήταν 14 άτομα (10 άντρες, 4 γυναίκες), οι οποίοι εξετάστηκαν σε δοκιμασία **κυκλοεργόμετρου** GET με διάφορες αντιστάσεις για να εξεταστεί η σχέση δύναμης

και ταχύτητας. Όταν η καφεΐνη έφτασε τα 250mg στο πλάσμα αίματος οι δοκιμαζόμενοι ξεκινούσαν τη δοκιμασία. Τα αποτελέσματα της έρευνας ήταν αύξηση του Wmax από 903,7 (placebo) σε 964, υψηλή συγκέντρωση Γ.Ο ειδικά στα 8kg πεταλιού από 7,17mmol*1*kg σε 8,36mmol*1*kg καθώς και αύξηση συχνότητας πεταλιού χωρίς καμία όμως βελτίωση σε αντοχή στην αντίσταση.

Οι Trice&Hymes το 1995, σε έρευνα με 8 άνδρες ηλικίας 21-32 ετών, βάρους 70-90 κιλών, σωματικού λίπους 6-15% , με πρόσληψη οξυγόνου 41-69 Vo2max και ΚΣ σε ηρεμία με 52-75bpm, εξέτασαν την επίδραση της καφεΐνης στην αναερόβια απόδοση. Οι δοκιμαζόμενοι που δεν ήταν τακτικοί χρήστες καφεΐνης δοκιμάστηκαν σε 30 λεπτά συνεχόμενης **ποδηλασίας** όπου έπρεπε να εκτελέσουν 3 φορές με ενδιάμεσο διάλειμμα ξεκούρασης 5 λεπτών. Η δοκιμασία ξεκινούσε 1 ώρα μετά τη κατάποση 5mg/ΣΒ. Αν κάποιος δοκιμαζόμενος ξέφευγε από τα 70rpm, η δοκιμασία σταματούσε. Τα αποτελέσματα έδειξαν βελτίωση στο χρόνο προς την εξάντληση κατά 16,25 λεπτά. Δεν υπήρχαν επιδράσεις στη κατανάλωση O2, αλλά βρέθηκε αυξημένη κινητοποίηση των ελεύθερων λιπαρών οξέων (1,58mmol/L από 0,49 mmol/L) και υψηλότερη οξειδωση τους (1,20mmol/L από 0,88 mmol/L).

Σε έρευνα των Davis&Green, 2009, ανέφεραν ότι η καφεΐνη μπορεί να βελτιώσει την αντοχή στη ταχύτητα σε δραστηριότητες των 60-180sec και σε υψηλές εντάσεις διάρκειας 4-6 sec συνεχόμενης άσκησης όπως το **χόκεϊ**, το **ράγκμπι** και το **ποδόσφαιρο**. Επιπλέον στην έρευνα τους αναφέρουν ότι η καφεΐνη έχει θετικές επιδράσεις στη **προπόνηση αντιστάσεων** των κάτω άκρων και στην βελτίωση της ισομετρικής αντοχής των μυών.

Τέλος, οι Musa&Lamina, 2009 εξέτασαν την επίδραση διάφορων δόσεων καφεΐνης στην μέγιστη αναερόβια ισχύ. Οι δοκιμαζόμενοι ήταν 20 νεαροί Αφρικανοί άνδρες ηλικίας 18-23 ετών οι οποίοι δεν ήταν αθλητές. Η δοκιμασία περιελάμβανε 20μ **τρέξιμο** αφού 1 ώρα πριν είχαν καταναλώσει 5,10 και 15 mg/ΣΒ καφεΐνης. Τα αποτελέσματα της έρευνας δεν έδειξαν καμία επίδραση της καφεΐνης στη βελτίωση της αναερόβιας απόδοσης σε άτομα τα οποία δεν είναι αθλητές ταχύτητας.

Table: 2 Quantity of coffee and equivalent caffeine content ingested

| Variables | Mean(mg)coffee | Mean (mg) caffeine |
|-------------------------|----------------|--------------------|
| placebo | 0 | 0 |
| 5mg.kg ⁻¹ | 3198.66 | 299.5 |
| 10 mg. kg ⁻¹ | 6397.32 | 599 |
| 15mg. kg ⁻¹ | 9595.98 | 898.5 |

Εικόνα 7: Δοσολογίες καφεΐνης, Musa&Lamina, 2009

Table 3: Exercise performance responses to varied doses of caffeine (ANOVA)

| Variables | Source of variation | SS | DF | MS | F | p |
|--------------------------------------|---------------------|------|----|---------------------|-------|--------|
| No of laps | Between Trials | 3 | 3 | 2 | 0.427 | .735NS |
| | Within Trials | 131 | 19 | 7 | | |
| | Interaction | 131 | 57 | 2.3 | | |
| Run time | Between Trials | 0.04 | 3 | 0.01 | | |
| | Within Trials | 3.1 | 19 | 0.2 | 0.233 | .873NS |
| | Interaction | 3.1 | 57 | 0.05 | | |
| VO ₂ max | Between Trials | 0.5 | 3 | 0.15 | 0.233 | .873NS |
| | Within Trials | 37.2 | 19 | 2 | | |
| | Interaction | 37.2 | 57 | 2 | | |
| F _(3,19) = 3.13, p < 0.05 | | | | NS= Not significant | | |

Εικόνα 8: Αποτελέσματα έρευνας, Musa&Lamina,2009

2.7 Καφεΐνη και κολύμβηση

Οι έρευνες για τις επιδράσεις της καφεΐνης στην κολύμβηση είναι πάρα πολύ περιορισμένες. Παρακάτω θα αναλυθούν μελέτες που έχουν γίνει από το 1992-2017. Πρώτη η έρευνα του Collomp et al., 1992, εξέτασε αν είναι απαραίτητο οι κολυμβητές όταν τους χορηγείται καφεΐνη, να ακολουθούν συγκεκριμένη προπόνηση έτσι ώστε να βελτιώσουν την αναερόβια ικανότητα τους. Στο πείραμα εξετάστηκαν 14 κολυμβητές ηλικίας 15-19 ετών και βάρους 52-64 κιλά. Αυτοί χωρίστηκαν σε δύο ομάδες «T» και «UT». Η ομάδα «T» αποτελούταν από 4 γυναίκες και 3 άνδρες κολυμβητές εθνικής ομάδας που προπονούνται 5-6 φορές τη βδομάδα. Η ομάδα «UT», αποτελούταν από 5 γυναίκες και 2 άνδρες οι οποίοι ήταν παλαιοί κολυμβητές και η προπόνηση τους ήταν 2-4 ώρες τη βδομάδα, σε κολύμβηση και διάφορα αθλήματα. Η δοκιμασία που διεξάχθηκε σε 25μ πισίνα, ήταν οι κολυμβητές να ολοκληρώσουν ένα σετ των 2x100μ ελεύθερο σε μέγιστη ένταση με ενδιάμεσο διάλειμμα 20 λεπτών. Η χορήγηση καφεΐνης ήταν κάψουλες των 250mg και εικονικού φαρμάκου placebo (CaCo3). Όταν η καφεΐνη έφθανε τη μέγιστη τιμή στο αίμα τότε οι κολυμβητές ξεκινούσαν τη δοκιμασία. Η ομάδα «T» ακολούθησε ένα σετ προθέρμανσης 1600μ ενώ η ομάδα «UT» εκτέλεσε το 1/4 από αυτήν. Τα αποτελέσματα των δοκιμασιών έδειξαν ότι η καφεΐνη βελτίωσε τη μέση ταχύτητα (S) κατά τη διάρκεια του 1^{ου} και του 2^{ου} σέτ (Εικόνα 9). Η ομάδα «UT» δεν βελτίωσε την απόδοση της σε κανένα σετ μετά από λήψη κάψουλας CAF. Επιπλέον και για τις δύο ομάδες το Γ.Ο αυξήθηκε σημαντικά μετά το 1^ο σετ και στο τέλος του 2^{ου} σετ έφθασε τη μέγιστη τιμή του (Εικόνα 10).

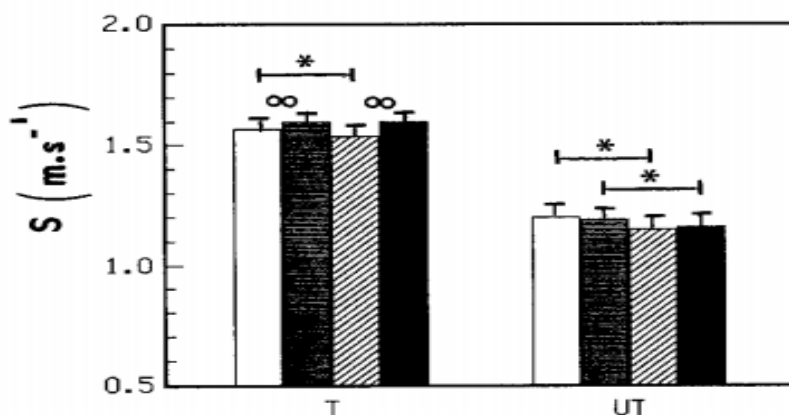


Fig. 1. Mean (SEM) swimming velocity (S) in a group of highly trained swimmers (T) and untrained occasional swimmers (UT) for the first (1) and the second (2) 100 m after placebo (Pla) and caffeine (Caf) ingestion. ° $P < 0.05$ and °° $P < 0.01$ significant difference between Caf and Pla; * $P < 0.05$ significant difference between the first and the second 100 m of the test. □ Caf1; ■ Pla1; ▨ Caf2; ■ Pla2

Εικόνα 9: Αποτελέσματα στη μέση ταχύτητα (S) για ομάδες «T» και «UT» με χορήγηση CAF και PLA, Collomp et al., 1992

Table 2. Mean resting ($[La^-]_{b,resting}$) and maximal blood lactate ($[La^-]_{b,max}$) before and after the first (1) and the second (2) 100 m of the swimming test after placebo (Pla) and caffeine (Caf) ingestion in untrained occasional swimmers (UT) and highly trained swimmers (T) subjects

| Groups | $[La^-]_{b,resting,1}$ | | $[La^-]_{b,max,1}$ | | $[La^-]_{b,resting,2}$ | | $[La^-]_{b,max,2}$ | |
|---------------------|------------------------|-----|--------------------|--------------------|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | mean | SEM | mean | SEM | mean | SEM | mean | SEM |
| $mmol \cdot l^{-1}$ | | | | | | | | |
| UT | | | | | | | | |
| Pla | 1.9 | 0.3 | 8.3 | 0.8 | 5.2 | 0.4 | 9.3 | 0.8 ^c |
| Caf | 2.2 | 0.4 | 9.1 | 0.6 ^a | 5.1 | 0.4 | 10.9 | 0.8 ^a |
| T | | | | | | | | |
| Pla | 2 | 0.2 | 11.9 | 0.2 ^d | 6.1 | 0.5 ^c | 13.1 | 0.2 ^{d,e} |
| Caf | 2.1 | 0.3 | 12.9 | 0.3 ^{b,d} | 8.2 | 0.4 ^{b,d} | 15.5 | 0.5 ^{b,d} |

^a $P < 0.05$ and ^b $P < 0.01$ significant difference between Caf and Pla; ^c $P < 0.05$ and ^d $P < 0.01$ significant difference between T and UT; ^e $P < 0.05$ significant difference Pla/Caf between the first and second 100 m ($[La^-]_{b,max}$)

Εικόνα 10: Αποτελέσματα Γ.Ο μετά από χορήγηση CAF, Collomp et al., 1992

Σε άλλη έρευνα του Goods et al., 2017, εξετάστηκε η επίδραση μίας μέτριας δόσης καφεΐνης σε επαναλαμβανόμενα σπριντ σε αθλητές κολύμβησης υψηλού επιπέδου (ελίτ). Οι δοκιμαζόμενοι ήταν 9 άνδρες 16-24 ετών, ύψους ~190 εκ και βάρους 77-91

κιλά. Η έρευνα διήρκεσε 3 βδομάδες και διεξάχθηκε σε 25μ πισίνα στου 26.5 C. Στους κολυμβητές χορηγήθηκαν κάψουλες καφεΐνης με ποσότητα 3mg/ΣΒ, 60 λεπτά πριν από τη δοκιμασία των 6x75μ ελευθέρου σε μέγιστη ένταση. Στα 45 λεπτά πριν τη δοκιμασία οι αθλητές εκτελούσαν ζέσταμα 1500μ και μετά το τέλος της δοκιμασίας 800μ χαλάρωμα. Τα αποτελέσματα έδειξαν βελτίωση 2,5% σε 3^ο σετ και 2,1% σε 4^ο σετ μετά από χορήγηση CAF. Επιπλέον βελτίωση των μέσων χρόνων 1,3% και χρόνων μεταξύ 1^{ου}- 6^{ου} σετ: 0,36s, 0,36s, 1,00s, 0,84s, 0,48s, 0,12s (Εικόνα 11). Όπως και στη προηγούμενη έρευνα του Collomp et al., 1992, έτσι και εδώ υπήρχε μεγάλη άνοδος του Γ.Ο μετά από κατάποση CAF. Το PH αίματος που μετρήθηκε μειώθηκε σε 1^ο και 5^ο σετ αλλά όχι σε 3^ο (Εικόνα 12).

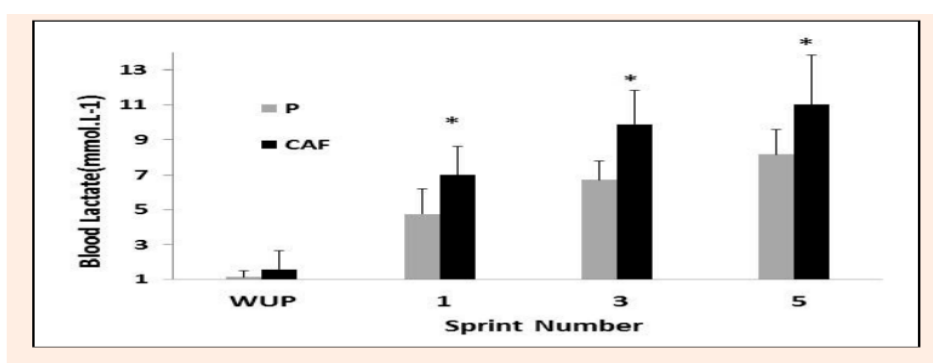


Figure 1. Blood lactate concentration (mmol.L⁻¹) after warm-up (WUP), sprint 1, 3 and 5 of a 6 x 75 m freestyle protocol following ingestion of either placebo (P) or caffeine (CAF) in national level swimmers (n = 9). * Denotes significant treatment effect ($\alpha=0.05$).

Εικόνα 11: Συγκέντρωση Γ.Ο μετά από χορήγηση CAF, Goods et al., 2017

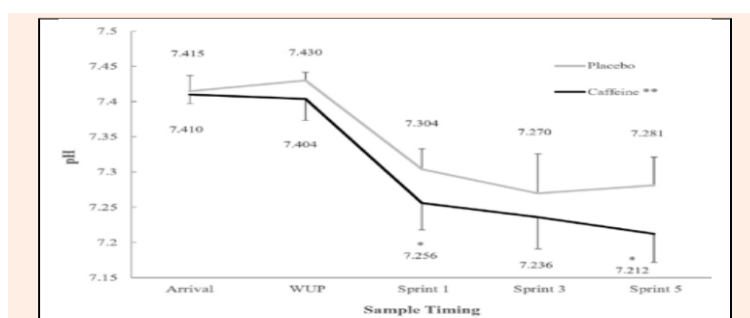


Figure 2. Blood pH at arrival, after warm up (WUP), sprint 1, 3 and 5 of a 6 x 75m freestyle protocol following ingestion of either placebo (P) or caffeine (CAF) in national level swimmers (n = 9). ** Denotes significant treatment*time effect ($\alpha=0.05$). * Denotes significant difference from placebo ($\alpha=0.05$).

Εικόνα 12: Μείωση Αιματικού PH μετά από χορήγηση CAF, Goods et al., 2017

Σε επόμενη μελέτη των Pruscino et al., 2008, διερευνήθηκε η επίδραση της καφεΐνης και του διττανθρακικού νατρίου στα 2x200μ ελεύθερο. Οι δοκιμαζόμενοι ήταν 6 υψηλά προπονημένοι άνδρες κολυμβητές. Από την έρευνα αποκλείστηκαν οι γυναίκες λόγω της έμμηνου ρύσης και των αντισυλληπτικών χαπιών που επηρεάζουν τις επιδράσεις της καφεΐνης. Στους δοκιμαζόμενους έγινε χορήγηση κάψουλων CAF των 100mg (6,2mg/ΣΒ), 45 λεπτά πριν τη δοκιμασία. Το ζέσταμα που ακολούθησαν ήταν 1200μ περίπου 20 λεπτά πριν ξεκινήσει η δοκιμασία. Κατά την ολοκλήρωση της δοκιμασίας οι αθλητές εκτελούσαν 800μ χαλάρωμα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι με χορήγηση CAF, 2 αθλητές βελτίωσαν τους χρόνους από το 1^ο 200άρι και μόνο 1 το χρόνο στο 2^ο 200άρι (Εικόνα 13). Στο 2^ο 200άρι έκαναν αργότερο χρόνο περίπου 1,2% +/- 0,7% από 0,4% +/- 0,7% με PLA.

Table 1 Mean Performance Time (min:s.ms) in Repeat 200-m Freestyle Performance After Supplementation in Elite Male Swimmers (N = 6), M (SD)

| Supplement | Time trial 1 | Time trial 2 |
|------------------------|----------------|----------------|
| Bicarbonate | 2:03.01 (3.68) | 2:02.62 (4.16) |
| Caffeine | 2:02.42 (3.17) | 2:03.90 (3.58) |
| Bicarbonate + caffeine | 2:01.69 (3.19) | 2:01.70 (2.84) |
| Placebo | 2:03.77 (3.21) | 2:04.22 (3.75) |

Note. No significant treatment effect observed ($p = .060$).

Εικόνα 13: Αποτελέσματα σε χρόνους, Pruscino et al., 2008

Σε άλλη έρευνα των Lara et al., 2015, εξετάστηκε η αποτελεσματικότητα ενός καφεϊνούχου ποτού γνωστού στην αγορά ως Fure Proergentics στη βελτίωση της αναερόβιας κολυμβητικής απόδοσης. Σκοπός της έρευνας ήταν να δείξει ότι η καφεΐνη σε μικρές ποσότητες των 3mg/ΣΒ μπορεί να βελτιώσει την κολυμβητική απόδοση συνδυαστικά μαζί με άλλες εργογόνες ουσίες. Επιλέχθηκαν 13 άνδρες κολυμβητές ηλικίας 18-22 ετών, βάρους 64-82 κιλών, ύψους 176-190 εκ και σωματικού λίπους 5-11%. Το κριτήριο επιλογής των δοκιμαζόμενων ήταν να έχουν όλα τα απαραίτητα προσόντα για συμμετοχή στο Ισπανικό πρωτάθλημα του 2013 στα 50μ ελεύθερης κολύμβησης και να κολυμπούν τουλάχιστον 6φορές τη βδομάδα τα τελευταία 5 έτη. Η δοκιμασία έγινε σε 25μ πισίνα στους 26-28 C με χορήγηση σκόνης καφεΐνης (3mg/ΣΒ, Fure Proergentics) διαλυμένη σε 200ml νερό βρύσης, 60 λεπτά πριν ξεκινήσει το σετ. Τα υπόλοιπα συστατικά που περιείχε το ενεργειακό ποτό ήταν ταυρίνη 18,7 mg/ΣΒ, σόδιο 4,7mg/ΣΒ, καρνιτίνη 1.9mg/ΣΒ και μία μικρή ποσότητα υδατάνθρακα (6.6mg/ΣΒ, μαλτοδεξτρίνη). Πριν τη δοκιμασία έκαναν 45 λεπτά προθέρμανση και 2 μέγιστα άλματα (χέρια στη μέση) με 1 λεπτό ξεκούραση. Μετά από 3 λεπτά, έκαναν δοκιμή δύναμης στα χέρια (χειρολαβή) με ειδικό όργανο χεριών. Αφού ξεκουράζονταν 5 λεπτά, εκτελούσαν ένα 50άρι ο καθένας το στυλ του,

σε μέγιστη ένταση (7 επέλεξαν ελεύθερο, 3 ύπτιο, 3 πρόσθιο, 1 πεταλούδα) μέσα σε ειδικό κολυμβητικό εργόμετρο. Μετά από 10 λεπτά ξεκούρασης κολυμπούσαν 45sec σε μέγιστη ένταση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η καφεΐνη αύξησε το ύψος άλματος κατά 3% και τη δύναμη χειρολαβής κατά 3,5%. Στα 50μ μειώθηκε ο χρόνος κατά 0,9% ενώ η μέγιστη δύναμη στα 45sec αυξήθηκε κατά 11,2%. Δεν υπήρξαν διαφορές σε συχνότητα και μήκος χεριάς-ποδιάς ενώ το Γ.Ο αυξήθηκε κατά 6% .

Τέλος, σε έρευνα των MacIntosh&Wright 1995, εξετάσθηκε η επίδραση των 6mg/ΣΒ καφεΐνης στην απόδοση των 1500μ κολύμβησης. Στην μελέτη συμμετείχαν 7 άνδρες (ηλικίας: 22-24 ετών, ύψους 175.5-180.5 εκ, βάρους 69.5- 74 κιλών) και 4 γυναίκες (ηλικίας: 20,5- 22,5 ετών, ύψους 161,5- 169 εκ, βάρους 53-61 κιλών), οι οποίοι ήταν κολυμβητές αποστάσεων με χρόνο κάτω από 25 λεπτά στα 1500μ ελεύθερης κολύμβησης. Η δοκιμασία διεξάχθηκε σε 25μ πισίνα ενώ η χορήγηση έγινε 2- 2,5 ώρες πριν τη δοκιμασία γιατί σύμφωνα με μελέτη του Lindinger et al.,1993 είναι ο ιδανικότερος χρόνος χορήγησης για αθλητές αντοχής. Το ζέσταμα διήρκεσε 20 λεπτά και μετά από 10 λεπτά ξεκίνησε η δοκιμασία. Κατά τη διάρκεια του τεστ, μετρήθηκε ο ρυθμός κολύμβησης ανά 500μ για να σιγουρευτούν οι εξεταστές ότι οι αθλητές ήταν εντός του χρονικού περιθωρίου των 25 λεπτών. Τα αποτελέσματα έδειξαν βελτίωση για χορήγηση CAF από 21:21.8 +/- 38,2 λεπτά σε 20:58.8+/-36,4 λεπτά. Επιπλέον τα περάσματα (500μ) ήταν γρηγορότερα για ομάδα CAF (Εικόνα 14) και αυξήθηκε σημαντικά και το Γ.Ο με την αιματική γλυκόζη (Εικόνα 15-16).

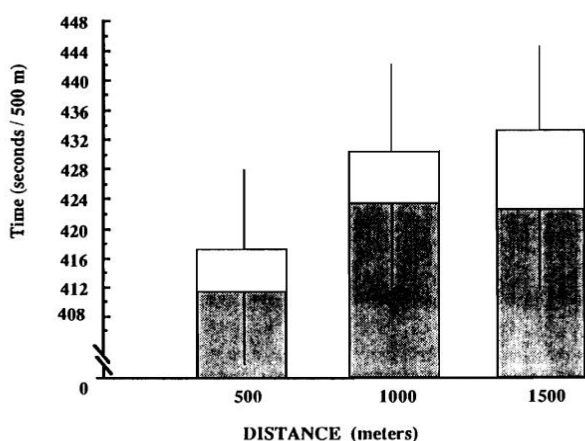


Figure 1. Splits for each 500 m of the 1,500-m swim are presented for the caffeine (shaded) and placebo trials. Vertical lines = SEM. In each case the caffeine splits were significantly faster than the placebo ones.

Εικόνα 14: Περάσματα 500μ με CAF και PLA, MacIntosh&Wright 1995

Table 1 Blood Parameters: Caffeine vs. Placebo

| | Caffeine | | Placebo | |
|----------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|
| | Preswim | Postswim | Preswim | Postswim |
| Ammonia (μM) | 58.2 ± 9.6 | 118.4* ± 13.8 | 58.9 ± 6.6 | 110.6* ± 12.4 |
| Cortisol (μM) | 0.54 ± 0.04 | 0.73* ± 0.04 | 0.49 ± 0.04 | 0.70* ± 0.05 |
| Lactate (mM) | 5.8 ± 0.6 | 8.4* ± 0.7 | 5.5 ± 0.7 | 6.6* ± 0.6 |

*Significantly different from corresponding preswim value.

Εικόνα 15: Αποτελέσματα σε Γ.Ο, MacIntosh&Wright 1995

174 • MacIntosh and Wright

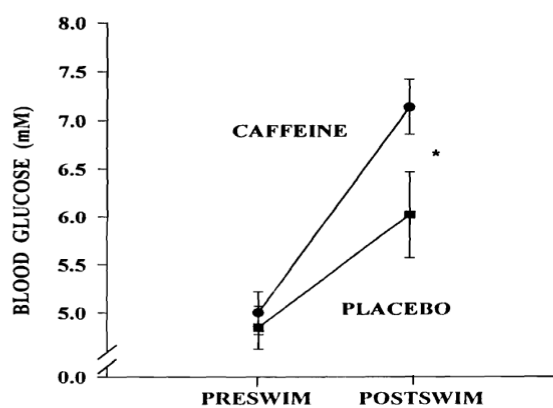


Figure 3. Blood glucose was elevated after the swim, and the increase was significantly greater with caffeine than without.

Εικόνα 16: Αύξηση αιματικής γλυκόζης, MacIntosh&Wright 1995

III. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Η καφεΐνη αποτελεί μία δημοφιλή εργογόνα ουσία, η οποία μέσω του καφέ ή άλλων τεχνητά επεξεργασμένων μορφών όπως χάπια και σκόνη, χρησιμοποιείται από τους απλούς ανθρώπους έως τους αθλητές χαμηλού και υψηλού αθλητικού επιπέδου. Η καφεΐνη όπως αναφέρθηκε και στα προηγούμενα κεφάλαια, έχει διάρκεια ζωής στο αίμα έως και 4 ώρες ανάλογα το φύλλο, την ηλικία, το επίπεδο φυσικής κατάστασης και την ευαισθησία του ατόμου (Ganio et al., 2009). Η κατανάλωση της προτιμάται από άτομα τα οποία έχουν μία δραστήρια καθημερινή ζωή και από άτομα τα οποία θέλουν να μεγιστοποιήσουν την απόδοσή τους. Αναφορικά με την ώρα που πρέπει να χορηγείται η καφεΐνη, διαφέρει ανάλογα την ένταση της δραστηριότητας και τη διάρκεια. Συγκεκριμένα, στα αναερόβια αθλήματα υψηλής έντασης η χορήγηση πρέπει να γίνεται στα 45-60 λεπτά πριν τη δοκιμασία ενώ στα αερόβια αθλήματα από 60-120 ή 150 λεπτά (Lindinger et al., 1993). Επιπλέον πριν από κάθε δοκιμασία θα πρέπει να εξετάζεται η ευαισθησία του ατόμου στην καφεΐνη σε ένα χρονικό διάστημα τουλάχιστον 7 ημερών έτσι ώστε να αποφευχθούν τυχόν παρενέργειες της στον οργανισμό.

Στον αθλητικό κόσμο, οι αθλητές χρησιμοποιούν πολύ συχνά τη καφεΐνη στην καθημερινότητα τους αλλά και πριν τις αγωνιστικές τους δοκιμασίες. Στο εμπόριο υπάρχουν σε κυκλοφορία πολλά καφεϊνούχα ροφήματα τα οποία όπως είδαμε και σε έρευνα της Lara et al., 2015, καταναλώνονται από πάρα πολλούς αθλητές. Σε αυτά τα συμπληρώματα η καφεΐνη είθισται να είναι σε χαμηλότερη συγκέντρωση η οποία όμως εξισορροπείται από την ύπαρξη άλλων δραστικών ουσιών όπως η ταυρίνη, το σόδιο, η μαλτοδεξτρίνη κ.ά.

Κάτι το οποίο επισφραγίζει τη δραστηριότητα της καφεΐνης, είναι η νομοθεσία της FDA που οριοθέτησε τη περιεκτικότητα της καφεΐνης στα συμπληρώματα ή τα προϊόντα διατροφής. Εξίσου σημαντική είναι και η νομοθεσία της ΔΟΕ η οποία επέβαλλε ως ανώτατο όριο συγκέντρωσης της καφεΐνης στα ούρα των αθλητών τα 12mg/ml. Επιπλέον, η ευεργετικότητα των επιδράσεων της καφεΐνης έχει κάνει την επιστήμη να την προωθήσει σα φάρμακο ενάντια σε νευρολογικές παθήσεις και ασθένειες όπως το Πάρκινσον η άνοια, η βρογχοπνευμονία στα βρέφη, η δυσλιπιδαιμία κ.ά.

Αναφορικά με τις επιδράσεις της καφεΐνης στην άσκηση τα ευρήματα των ερευνών είναι αντικρουόμενα. Παρόλο που η συγκεκριμένη ανασκόπηση παρουσιάζει τα θετικά αποτελέσματα της καφεΐνης στην αθλητική απόδοση, υπάρχουν έρευνες οι οποίες υποστηρίζουν ότι η καφεΐνη δεν έχει καμία επίδραση κυρίως στην αναερόβια απόδοση. Όλες οι μελέτες που παρουσιάστηκαν αναφέρουν ότι ένα τέτοιο γεγονός οφείλεται στα διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης που έχουν χρησιμοποιήσει οι ερευνητές στις μελέτες τους καθώς και στο επίπεδο φυσικής κατάστασης των ατόμων που συμμετέχουν στις έρευνες. Μία διαμάχη που υπάρχει μεταξύ τους είναι για το

κύριο μηχανισμό επίδρασης της καφεΐνης χάρις στον οποίο επιτυγχάνονται και οι βελτιώσεις στην απόδοση. Όμως τα κοινά συμπεράσματα όλων αυτών των ερευνών τείνουν στο ότι η χορήγηση καφεΐνης πριν την άσκηση συμβάλλει σε:

- Αύξηση της αντοχής-αερόβιας απόδοσης
- Αύξηση της κινητοποίησης του ΚΝΣ, ο οποίος θεωρείται και ο κυριότερος μηχανισμός επίδρασης
- Βελτίωση της αντοχής στη ταχύτητα (αναερόβιες δοκιμασίες)
- Εξοικονόμηση ηπατικού γλυκογόνου χάρις στην χρήση της γλυκόζης ως ενεργειακό καύσιμο
- Βελτιωμένη οξείδωση ελεύθερων λιπαρών οξέων και χρήση τους ως καύσιμα
- Αυξημένη λιποδιάλυση
- Αντοχή στη κόπωση και στο αίσθημα μυϊκού καμάτου
- Βελτίωση δραστηριότητας της αντλίας Na^+/K^+
- Ταχύτερη κινητοποίηση του ασβεστίου
- Περιορισμένη αντίληψη του καμάτου
- Καθυστέρηση μυϊκής κόπωσης

Στον κολυμβητικό κόσμο οι έρευνες που υπάρχουν για την επίδραση της καφεΐνης στους κολυμβητές είναι πάρα πολύ λίγες. Συγκριτικά όμως με τις επιδράσεις της καφεΐνης που αναφέρθηκαν για τις αερόβιες και αναερόβιες δοκιμασίες που έγιναν, συμπεραίνουμε ότι και εδώ η καφεΐνη επιφέρει ακριβώς τα ίδια ή και καλύτερα αποτελέσματα στην απόδοση. Ειδικότερα η καφεΐνη:

- Βελτιώνει την απόδοση στα σπριντ
- Βελτιώνει την ανοχή του κολυμβητή στη ταχύτητα
- Βελτιώνει τα επαναλαμβανόμενα σπριντ
- Βελτιώνει τη μέση ταχύτητα (S)

- Μειώνει το ΡΗ αίματος
- Βελτιώνει την απόδοση όταν συνδυάζεται και με άλλες εργογόνες ουσίες
- Βελτιώνει το χρόνο στις αερόβιες δοκιμασίες όπως αυτή των 1500μ ελεύθερης κολύμβησης.

Συνοψίζοντας, με βάση αυτά τα συμπεράσματα καταλαβαίνουμε ότι η καφεΐνη έχει κατά κύριο λόγο θετικές επιδράσεις και στα αερόβια αλλά και στα αναερόβια αθλήματα και δοκιμασίες. Έτσι και στην κολύμβηση, παρόλο των περιορισμένων διαθέσιμων ερευνών που υπάρχουν, τα αποτελέσματα είναι θετικά για την απόδοση.

Για να γίνει ισχυρή η αποδεικτική ισχύ των ευρημάτων θα ήταν ιδιαίτερα ωφέλιμο να γίνουν παραπάνω μελέτες πάνω στις επιδράσεις που έχει η καφεΐνη σαν ουσία, στην άσκηση γενικότερα αλλά και στην κολύμβηση μιας και που είναι το αντικείμενο μελέτης μας. Πάντως προτείνουμε ως καλύτερη επιλογή τη φυσική μορφή της καφεΐνης, τον καφέ, με συνιστώμενη ημερήσια δοσολογία τα 250mg τα οποία αντιστοιχούν σε 3 κούπες καφέ ημερησίως, ενώ, για έναν αθλητή που επιθυμεί να βελτιώσει την απόδοση του, τα 3-6mg/ΣΒ.

IV. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στις έρευνες που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια και αφορούσαν τις αθλητικές δοκιμασίες και την κολύμβηση, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι τελικά η καφεΐνη έχει θετικές επιδράσεις και στην **αερόβια** αλλά και αναερόβια άσκηση. Όσον αφορά τις αερόβιες δοκιμασίες η καφεΐνη:

- Βελτιώνει τη παρατεταμένη άσκηση μέχρι εξάντλησης
- Βελτιώνει το χρόνο ολοκλήρωσης της παρατεταμένης άσκησης
- Βελτιώνει την απόδοση σε δοκιμασία 45 λεπτών έως εξάντληση
- Βελτιώνει την παρατεταμένη υπομέγιστη άσκηση από 120 λεπτά έως εξάντληση (πχ. τρέξιμο, σκι, ποδηλασία)
- Βελτιώνει την απόδοση στη ποδηλάτηση σε παρατεταμένο χρόνο
- Βελτίωση άσκησης 5-8γλμ.

Αναφορικά με τις **αναερόβιες** δοκιμασίες σημαντική παράμετρος για να είναι ευεργετικές οι επιδράσεις της καφεΐνης είναι η φυσική κατάσταση και η ευαισθησία του ατόμου στη καφεΐνη. Ειδικότερα:

- Βελτιώνει το χρόνο και τη παραγωγή έργου σε ποδηλάτηση υψηλής έντασης έως εξάντλησης
- Αυξάνει τη συχνότητα πεταλιού και αντοχής στην αντίσταση του
- Αυξάνει την αντοχή στη ταχύτητα ιδιαίτερα στα 60-180s
- Ευεργετική σε εντάσεις 75-85%
- Αυξάνει την αντοχή σε υψηλές εντάσεις 4-6s συνεχόμενης άσκησης (πχ. τρέξιμο, ποδόσφαιρο, χόκεϊ, ράγμπι)
- Αυξάνει την απόδοση σε σταδιακά αυξανόμενη ένταση και αντίσταση άσκησης

- Βελτιώνει της ισομετρικής αντοχής των μυών των κάτω άκρων σε υψηλής έντασης άσκηση με γρήγορες και πολλές επαναλήψεις
- Αυξάνει την οξείδωση των ελεύθερων λιπαρών οξέων που συμβάλλει στην εξοικονόμηση της αιματικής και ηπατικής γλυκόζης

Από την άλλη όσον αφορά τους μηχανισμούς που επιδρά η καφεΐνη και επιφέρει τα θετικά αποτελέσματα είναι:

- Η αυξημένη κινητοποίηση του ΚΝΣ που οδηγεί σε καθυστερημένη κόπωση και αντίληψη κόπωσης καθώς και ανοχή στη κόπωση
- Η αυξημένη κινητοποίηση του ασβεστίου
- Η αυξημένη κινητοποίηση των ελεύθερων λιπαρών οξέων που οδηγεί σε εξοικονόμηση γλυκόζης στο αίμα
- Η γρηγορότερη ανταπόκριση αντλίας Na^+/K^+ η οποία ενισχύει τη μυϊκή συστολή.

Γενικά οι ιδιότητες της καφεΐνης είναι ευεργετικές για ψυχαγωγικά δραστήρια άτομα ή αθλητές ελίτ με μικρή έως υψηλή εξοικείωση στην καφεΐνη. Επιπλέον για τα άτομα αυτά οι ποσότητες των 250-300mg ή 3-6mg/ΣΒ είναι ευεργετικές για δοκιμασίες αντοχής καθώς και η χορήγηση αυτών των ποσοτήτων 45-60 λεπτά (κυρίως για αναερόβιες δοκιμασίες) ή 2-2,5 ώρες (κυρίως για αερόβιες δοκιμασίες) πριν τη κάθε δοκιμασία. Ο λόγος που η καφεΐνη δεν επιδρά θετικά στα ανάσκητα άτομα ή στα άτομα με ευαισθησία στη καφεΐνη, συμβαίνει λόγω των τοξικών παρενεργειών που έχει σε ευάλωτους οργανισμούς ή σε περιπτώσεις υπερδοσολογίας (1040mg, 158mg, 106mg, 79mg/l αίματος):

1. Διαταραχή ύπνου (αϋπνία)
2. Υπνηλία
3. Πονοκέφαλος
4. Νευρικότητα (30mg/ΣΒ)
5. Επηρεασμός ισορροπίας ασβεστίου
6. Αρρυθμίες καρδιάς
7. Πρόβλημα σε αναπαραγωγικό σύστημα
8. Γάση για έμετο
9. Ζάλη
10. Νευρικότητα, άγχος
11. Ανισορροπία ηλεκτρολυτών, αφυδάτωση
12. Αδυναμία συγκέντρωσης, σύγχυση

Για να επωφεληθούν τα άτομα από τις επιδράσεις της καφεΐνης θα πρέπει να είναι ήπιοι χρήστες και να μην ξεπερνούν τα 250mg ημερησίως. Επίσης πριν τον αγώνα θα πρέπει να ελαχιστοποιούν τις ποσότητες καφεΐνης που λαμβάνουν ημερησίως τουλάχιστον για 7 ημέρες πριν τη δοκιμασία. Αυτό γιατί όταν ο οργανισμός ξεσυνηθίζει για λίγο την ουσία, οι μηχανισμοί του δραστηριοποιούνται περισσότερο αμέσως μόλις ξεκινήσει πάλι η χορήγηση. Οι πιο ευεργετικές ποσότητες για τους αθλητές είναι τα 3-6 mg/ΣΒ, ποσότητες οι οποίες έχουν χορηγηθεί και στις έρευνες που προηγήθηκαν.

Τέλος για την κολύμβηση, η περιορισμένη βιβλιογραφία που υπάρχει έχει εξετάσει περισσότερο τις επιδράσεις που έχει η καφεΐνη σε αναερόβιες υψηλές ή επαναλαμβανόμενες εντάσεις. Μία μόνο έρευνα έχει μελετήσει την επίδραση της σε παρατεταμένες δοκιμασίες διάρκειας 25 λεπτών όπως είναι τα 1500μ ελεύθερης κολύμβησης. Έτσι λοιπόν οι έρευνες που έγιναν σε κολυμβητές μέτριου και υψηλού επιπέδου έδειξαν:

- Βελτίωση μέσης ταχύτητας (S)
- Βελτίωση χρόνων σε επαναλαμβανόμενα σπριντ
- Βελτίωση χρόνου σε αποστάσεις 50,100,200μ
- Βελτίωση χρόνου στα 1500μ
- Αύξηση Γ.Ο
- Αύξηση δύναμης χεριών και ποδιών
- Αύξηση αιματικής γλυκόζης σε αερόβιες δοκιμασίες
- Αύξηση άλματος (εκκίνησης από βαθύρα)
- Μείωση PH αίματος
- Καμία επίδραση σε συχνότητα και μήκος χεριάς και ποδιάς.

Εν κατακλείδι, καταλαβαίνουμε ότι η καφεΐνη συμβάλει σημαντικά στη βελτίωση της κολυμβητικής απόδοσης. Από τις έρευνες που μελετήσαμε διαπιστώνουμε ότι τα αποτελέσματα είναι κοινά για όλες τις αθλητικές δοκιμασίες και την κολύμβηση. Σίγουρα η ύπαρξη παραπάνω μελετών για τη κολύμβηση θα ισχυροποιήσουν αυτά τα συμπεράσματα.

Ας μην ξεχνάμε ότι εφόσον πολλοί άνθρωποι σε όλο τον κόσμο επιλέγουν την κατανάλωση καφεΐνης το πρωί για να ξυπνήσουν, κατά τη διάρκεια της εργασίας τους

ή όταν αισθάνονται κόπωση και ατονία, αυτό δείχνει ότι η επίδραση της είναι απαραίτητη και ευεργετική για τη ζωή του ανθρώπου, πόσο μάλλον για τη ζωή των αθλητών, οι οποίοι πρέπει να ανταπεξέλθουν σε σκληρές επίπονες προπονήσεις και δοκιμασίες υψηλού αγωνιστικού επιπέδου όπως είναι και το άθλημα της κολύμβησης.

V.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Alsabri, S. G., Mari, W. O., Younes, S., Alsadawi, M. A., & Oroszi, T. L. (2018). Kinetic and dynamic description of caffeine. *Journal of Caffeine and Adenosine Research*, 8(1), 3-9.

Anselme, F., Collomp, K., Mercier, B., Ahmaidi, S., & Prefaut, C. (1992). Caffeine increases maximal anaerobic power and blood lactate concentration. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 65(2), 188-191.

Barone, J. J., & Roberts, H. R. (1996). Caffeine consumption. *Food and Chemical Toxicology*, 34(1), 119-129.

Birkett, D. J., & Miners, J. O. (1991). Caffeine renal clearance and urine caffeine concentrations during steady state dosing. Implications for monitoring caffeine intake during sports events. *British journal of clinical pharmacology*, 31(4), 405-408.

Burg A.: Physiological disposition of caffeine. (1975).*Drug Metab Rev* 4: 199—228.

Collomp, K., Ahmaidi, S., Chatard, J. C., Audran, M., & Prefaut, C. (1992). Benefits of caffeine ingestion on sprint performance in trained and untrained swimmers. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 64(4), 377-380.

Costill D. L., Dalsky G., Fink W.(1978). Effects of caffeine ingestion on metabolism and exercise performance. *Med Sci Sports Exerc.* 10: 155—158.

Costill DL, Dalsky GP, Fink WJ (1978) Effects of caffeine ingestion on metabolism and exercise performance. *Med Sci Sports* 10: 155–158. (9)

Davis, J. K., & Green, J. M. (2009). Caffeine and anaerobic performance. *Sports Medicine*, 39(10), 813-832.

de Mejia, E. G., & Ramirez-Mares, M. V. (2014). Impact of caffeine and coffee on our health. *Trends in Endocrinology & Metabolism*, 25(10), 489-492.

Dews. P. B. (1982). Caffeine. *Annual review of nutrition*, 2(1), 323-341.

Dodd, S. L., Herb, R. A., & Powers, S. K. (1993). Caffeine and exercise performance. *Sports medicine*, 15(1), 14-23.

- Flinn, S., Gregory, J., Mc Naughton, L. R., Tristram, S., & Davies, P. (1990). Caffeine ingestion prior to incremental cycling to exhaustion in recreational cyclists. *International Journal of Sports Medicine*, 11(03), 188-193.
- Ganio, M. S., Klau, J. F., Casa, D. J., Armstrong, L. E., & Maresh, C. M. (2009). Effect of caffeine on sport-specific endurance performance: a systematic review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(1), 315-324.
- Goods, P. S., Landers, G., & Fulton, S. (2017). Caffeine ingestion improves repeated freestyle sprints in elite male swimmers. *Journal of sports science & medicine*, 16(1), 93.
- Higgins, S., Straight, C. R., & Lewis, R. D. (2016). The effects of preexercise caffeinated coffee ingestion on endurance performance: an evidence-based review. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 26(3), 221-239.
- Hodgson, A. B., Randell, R. K., & Jeukendrup, A. E. (2013). The metabolic and performance effects of caffeine compared to coffee during endurance exercise. *PLoS one*, 8(4), e59561.
- James J. E.(1991). Non-clinical applications. In: J. E. James (Ed), *Caffeine and Health*, New York, Academic Press, pp 352—361
- Juriscic B., Randic S.(1990). HPLC method for the determination of methylxanthines: application to the control of caffeine misuse in sport. *Farmaceutski Glasnik*46: 61—71.
- Lamina, S., & Musa, D. I. (2009). Ergogenic effect of varied doses of coffee-caffeine on maximal aerobic power of young African subjects. *African health sciences*, 9(4).
- Lara, B., Ruiz-Vicente, D., Areces, F., Abián-Vicén, J., Salinero, J. J., Gonzalez-Millán, 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.
- Lindinger, M. I., Graham, T. E., & Spriet, L. L. (1993). Caffeine attenuates the exercise-induced increase in plasma [K⁺] in humans. *Journal of Applied Physiology*, 74(3), 1149-1155.
- Ludwig, I.A., Mena, P., Calani, L., Cid, C., Del Rio, D., Lean, M.E.J., & Crozier, A. (2014). Variations in caffeine and chlorogenic acid contents of coffees: what are we drinking? *Food & Function*, 5(8), 1718–1726.
- Macintosh, B. R., & Wright, B. M. (1995). Caffeine ingestion and performance of a 1,500-metre swim. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 20(2), 168-177.

- Magkos, F., & Kavouras, S. A. (2005). Caffeine use in sports, pharmacokinetics in man, and cellular mechanisms of action. *Critical reviews in food science and nutrition*, 45(7-8), 535-562.
- McLellan, T. M., & Bell, D. G. (2004). The impact of prior coffee consumption on the subsequent ergogenic effect of anhydrous caffeine. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 14(6), 698-708.
- Nawrot, P., Jordan, S., Eastwood, J., Rotstein, J., Hugenholtz, A., & Feeley, M. (2003). Effects of caffeine on human health. *Food Additives & Contaminants*, 20(1), 1-30.
- Nehlig, A., & Debry, G. (1994). Caffeine and sports activity: a review. *International journal of sports medicine*, 15(05), 215-223.
- Pruscino, C. L., Ross, M. L., Gregory, J. R., Savage, B., & Flanagan, T. R. (2008). Effects of sodium bicarbonate, caffeine, and their combination on repeated 200-m freestyle performance. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 18(2), 116-130.
- Robertson, D., Frölich, J. C., Carr, R. K., Watson, J. T., Hollifield, J. W., Shand, D. G., & Oates, J. A. (1978). Effects of caffeine on plasma renin activity, catecholamines and blood pressure. *New England Journal of Medicine*, 298(4), 181-186.
- Spriet, L. L. (1995). Caffeine and performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 5(s1), S84-S99.
- Stamford B.(1989). Caffeine and athletes. *Physician Sports Med* 17: 193— 194, 1989
- Trice, I., & Haymes, E. M. (1995). Effects of caffeine ingestion on exercise-induced change during high-intensity intermittent exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 5(1), 37-44.
- Tunncliffe, J.M., Erdman, K.A., Reimer, R.A., Lun, V., & Shearer, J. (2008). Consumption of dietary caffeine and coffee in physically active populations: physiological interactions. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 33(6), 1301–1310. PubMed doi:10.1139/H08-124
- Wiles JD, Bird SR, Hopkins J, Riley M. (1992). Effect of caffeinated coffee on running speed, respiratory factors, blood lactate and perceived exertion during 1500-m treadmill running. *Br J Sports Med* 26: 116–120. (19)

