

**Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης
Τεχνολογίας Γεωπονίας & Τεχνολογίας Τροφίμων
Τμήμα Διατροφής & Διαιτολογίας**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Λιποδιαλύτες και απώλεια βάρους»

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΖΑΧΑΡΟΔΗΜΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΠΑΣΛΗΣ ΗΛΙΑΣ

ΕΠΙΒΛΕΨΗ: ΚΟΪΝΑΚΗ ΣΤΕΛΛΑ

ΚΡΗΤΗ, 2017

Technological Educational Institute of Crete
Technology Agriculture & Food Technology
Department of Nutrition & Dietetics

THESIS

«Fat burners and weight loss»

STUDENTS: ZACHARODIMOS NIKOLAOS
PASLIS ILIAS

SUPERVISOR: KOINAKI STELLA

CRETE, 2017

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Τις ευχαριστίες μας επιθυμούμε να εκφράσουμε στις οικογένειές μας για την υποστήριξή τους αλλά και στην επιβλέπουσα καθηγήτριά μας η οποία μας καθοδήγησε για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας.

Ειλικρινά τους ευχαριστούμε όλους.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας έχει στραφεί προς τα αίτια, τις συνέπειες αλλά και την αναζήτηση των πιθανών τρόπων αντιμετώπισης της παχυσαρκίας. Η απώλεια βάρους πλέον ξεφεύγει από τα στενά πλαίσια του αρνητικού ισοζυγίου πρόσληψης και κατανάλωσης ενέργειας. Μεταξύ των πιο πρόσφατων τρόπων αντιμετώπισης εντάσσεται και ο ρόλος των λιποδιαλυτών στην απώλεια βάρους. Η δράση των λιποδιαλυτών συνίσταται στην αύξηση του μεταβολισμού του λίπους και στη συμβολή τους στο ισοζύγιο ενέργειας μέσω της μείωσης της απορρόφησης των λιπών ή μέσω μακροπρόθεσμων αλλαγών στον μεταβολισμό του λίπους από τον οργανισμό.

Ο κατάλογος των λιποδιαλυτών που συνεισφέρουν στην προσπάθεια απώλειας βάρους είναι μεγάλος. Οι πιο συχνά αναφερόμενες λιποδιαλυτικές ουσίες είναι η καφεΐνη (caffeine), η L - καρνιτίνη (L- carnitine), η φορσκολίνη (forskolin), η φουκοξανθίνη (fucoxanthin), το χρώμιο (chromium), το λινολεϊκό οξύ (linoleic acids, cla), η ταυρίνη (taurine), η χολίνη (choline), η λεκιθίνη (lecithin), η λευκίνη (leucine) και η καψαΐκίνη (capsaicin).

Ο σκοπός της εργασίας μέσω των βιβλιογραφικών και ερευνητικών δεδομένων είναι να παρουσιάσει στοιχεία και δεδομένα του ρόλου των σημαντικότερων λιποδιαλυτών στην απώλεια βάρους. Ο σκοπός επιτυγχάνεται από την ανάλυση των στοιχείων σε τρία (3) κεφάλαια. Ειδικότερα, στο 1^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται ορισμένα εισαγωγικά στοιχεία για το σωματικό βάρος, την παχυσαρκία και την απώλεια βάρους. Στο 2^ο κεφάλαιο περιγράφονται οι πιο γνωστοί λιποδιαλύτες και στο 3^ο κεφάλαιο αναλύεται η λιπολυτική δράση και ο ρόλος των λιποδιαλυτών στην απώλεια βάρους.

Συμπεραίνεται πως οι λιποδιαλύτες μπορούν να αποτελέσουν μια σημαντική επιλογή στην προσπάθεια απώλειας βάρους. Η πρόσληψη των λιποδιαλυτών επιδρά στο μεταβολισμό του λίπους, στις ενεργειακές δαπάνες και στην οξείδωση των λιπών. Αξίζει να τονιστεί ότι αν και πλέον είναι επιστημονικά τεκμηριωμένο ότι οι λιποδιαλύτες έχουν ενεργό ρόλο στην απώλεια βάρους, θα πρέπει προηγούμενα να συνεκτιμώνται παράγοντες όπως η ηλικία, το φύλο και οι ασθένειες για να λειτουργήσουν θετικά στην υγεία του κάθε ανθρώπου.

Λέξεις Κλειδιά: *Λιποδιαλύτες, Απώλεια Βάρους, Λιπόλυση, Μεταβολισμός, Διατροφή.*

ABSTRACT

During the last years the interest of the scientific community has turned to causes, consequences and search for possible ways of obesity treatment. Losing weight is far from the narrow limits of the negative balance between recruitment and consumption of energy. Amongst the ways of losing weight included the fat burners. The effect of fat burners consists of increasing the metabolism of the fat and their contribution to the energy balance by reducing the fat absorption or by long-term changes in metabolism of fat from the body.

The list of fat burner that contributes to weight loss is very big. The most commonly reported substances of fat burner are: caffeine, L - carnitine, forskolin, fucoxanthin, chromium, linoleic acids, taurine, choline, lecithin, leucine and capsaicin. The purpose of this work is to present the role of the most important fat burners in losing weight effort through scientific literature data. The specified purpose is achieved by analyzing data in three (3) chapters. Specifically, the first chapter presents some introductive elements about body weight, obesity and weight loss. The second chapter describes the better known fat burners and third chapter analyzes the lipolytic action and the role of fat burners in losing weight.

It is concluded that the fat burners can be an important option to weight loss effort. Recruiting fat burners impacts on fat metabolism in energy expenditure and lipid oxidation. It is worth emphasizing that although is now scientifically documented that fat burners have an active role in weight loss, should previously be taken into consideration factors such as age, sex and diseases to have benefits in health of every person.

Keywords: *Fat, Weight Loss, Lipolysis, Metabolism, Nutrition.*

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ABSTRACT.....	5
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
1. ΣΩΜΑΤΙΚΟ ΒΑΡΟΣ.....	9
1.1. Σωματικό βάρος.....	9
1.2. Αυξημένο σωματικό βάρος και υγεία.....	10
1.3. Απώλεια σωματικού βάρους	11
1.4. Διατήρηση σωματικού βάρους: Διαιτητικές κατευθυντήριες γραμμές.....	13
2. ΛΙΠΟΔΙΑΛΥΤΕΣ.....	18
2.1. Εισαγωγή	18
2.2. Καφεΐνη (caffeine).....	20
2.3. L - καρνιτίνη (L- carnitine)	22
2.4. Φορσκολίνη (forskolin)	24
2.5. Φουκοξανθίνη (fucoxanthin).....	25
2.6. Πράσινο τσάι (green tea)	27
2.7. Χρώμιο (chromium)	31
2.8. Λινολεϊκό οξύ (linoleic acids, CLA)	33
2.9. Ταυρίνη (taurine).....	36
2.10. Καψαϊκίνη (capsaicin)	37
2.11. Χολίνη (choline).....	39
2.12. Λεκιθίνη (lecithin).....	40
2.13. Λευκίνη (leucine)	42
3. ΛΙΠΟΔΙΑΛΥΤΕΣ ΚΑΙ ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΑ & ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	44
3.1. Ο ρόλος της καφεΐνης στην απώλεια βάρους.....	44
3.2. Ο ρόλος της L - καρνιτίνης στην απώλεια βάρους.....	47
3.3. Ο ρόλος της φορσκολίνης στην απώλεια βάρους.....	49
3.4. Ο ρόλος της φουκοξανθίνης στην απώλεια βάρους	51
3.5. Ο ρόλος του πράσινου τσαγιού στην απώλεια βάρους	53
3.6. Ο ρόλος του χρωμίου στην απώλεια βάρους.....	55
3.7. Ο ρόλος του λινολεϊκού οξέος στην απώλεια βάρους.....	57
3.8. Ο ρόλος της ταυρίνης στην απώλεια βάρους	60
3.9. Ο ρόλος της καψαϊκίνης στην απώλεια βάρους	62
3.10. Ο ρόλος της χολίνης στην απώλεια βάρους	64
3.11. Ο ρόλος της λεκιθίνης στην απώλεια βάρους	66
3.12. Ο ρόλος της λευκίνης στην απώλεια βάρους	67
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	70
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	76

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια αποτελεί σημαντικό πρόβλημα το αυξημένο σωματικό βάρος, καθώς πολλές φορές οδηγεί σε παθολογικές καταστάσεις όπως ο σακχαρώδης διαβήτης, η υπέρταση, τα καρδιαγγειακά νοσήματα κ.ά¹. Χαρακτηριστικά, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Παχυσαρκίας (World Obesity Federation) αναφέρει ποσοστά παχυσαρκίας 25,6% για τις γυναίκες και 27,9% για τους άνδρες στην Ελλάδα².

Η επίτευξη και διατήρηση του επιθυμητού σωματικού βάρους είναι μια αρκετά πολύπλοκη διαδικασία στην οποία επιδρούν μια σειρά παραγόντων, όπως η ηλικία, το φύλο, η κατάσταση υγείας, ο μεταβολισμός, οι ορμονικές διαταραχές, οι διατροφικές συνήθειες, τα επίπεδα σωματικής δραστηριότητας, το άγχος κ.ά.^{3,4,5}. Η απώλεια βάρους είναι, επίσης, μια σύνθετη διαδικασία στην οποία επιδρούν πολλοί διαφορετικοί παράγοντες. Μεταξύ αυτών των παραγόντων ιδιαίτερα σημαντικός πιθανώς να είναι και ο ρόλος των λιποδιαλυτών^{3,6,7}.

Οι λιποδιαλύτες ως ουσίες μπορούν να συνεισφέρουν με ποικίλους τρόπους στην απώλεια βάρους με αύξηση του μεταβολισμού του λίπους, με μείωση της απορρόφησης των λιπών, με αύξηση της οξειδωσής των λιπαρών οξέων κατά τη διάρκεια σωματικών δραστηριοτήτων ή μέσω μακροπρόθεσμων αλλαγών στον μεταβολισμό του λίπους από τον οργανισμό^{8,9,11}. Συχνά, οι λιποδιαλύτες, σε συνδυασμό με άλλα συστατικά (πχ. βιταμίνες, ιχνοστοιχεία κλπ), δημιουργούν έναν ισχυρό μηχανισμό δράσης στην απώλεια βάρους^{8,9}. Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι λιποδιαλύτες στην προσπάθεια απώλειας βάρους είναι η L - καρνιτίνη (L- carnitine), η φορσκολίνη (forskolin), η φουκοξανθίνη (fucoxanthin), το χρώμιο (chromium), το λινολεϊκό οξύ (linoleic acids, cla), η ταυρίνη (taurine), η χολίνη (choline), η λεκιθίνη (lecithin), η λευκίνη (leucine) και η καψαϊκίνη (capsaicin)⁹.

Η επίδραση των λιποδιαλυτών στην απώλεια βάρους ενηλίκων και ο χρόνος πρόσληψής τους αποτέλεσε αντικείμενο μελέτης διαφόρων ερευνών. Χαρακτηριστικά, οι Wutzke & Lorenz¹⁰ και οι Karlic & Lohninger¹¹ από την πλευρά τους οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα πως η L – καρνιτίνη μπορεί να βοηθήσει στην απώλεια βάρους. Οι Auvichayapat et al.¹², οι Chanko et al.¹³ και οι Dulloo et al.¹⁴ διερεύνησαν τις επιδράσεις του πράσινου τσαγιού στην μείωση του βάρους καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι μπορεί να συνεισφέρει προς αυτήν την κατεύθυνση με αύξηση της καταναλισκόμενης ενέργειας και αυξημένη οξείδωση. Τέλος, οι Watras et al.¹⁵ παρατήρησαν τη σημαντική μείωση του σωματικού

λίπους σε υπέρβαρους με πρόσληψη λινολεϊκού οξέος, συμπέρασμα ανάλογο με τα στοιχεία των Gaullier et al.¹⁶.

Η ευρεία κατανάλωση των λιποδιαλυτών στην απώλεια βάρους φαίνεται, τόσο μέσα από την ένταξή τους στη διατροφική καθημερινότητα (π.χ. κατανάλωση πράσινου τσαγιού), όσο και με πρόσληψή τους μέσω συμπληρωμάτων. Το 2008 χαρακτηριστικά σημειώνεται ότι περίπου 38 εκ. άνθρωποι κατανάλωναν σε καθημερινή βάση σκευάσματα με λιποδιαλύτες¹⁷, ενώ με βάση πιο πρόσφατα στοιχεία περίπου το 50% του ενήλικου πληθυσμού των Η.Π.Α. τα χρησιμοποιεί περιστασιακά¹⁸. Στη Γερμανία το ποσοστό των ατόμων που έχει καταναλώσει σκευάσματα που περιέχουν λιποδιαλύτες αγγίζει το 47% για τις υγιείς γυναίκες και το 41% των ανδρών¹⁹ τη στιγμή που στο Ηνωμένο Βασίλειο το αντίστοιχο ποσοστό κυμαίνεται στο 40%²⁰.

Παρόλα αυτά, η αυξημένη κατανάλωση λιποδιαλυτών δεν συνδέεται με τα επιθυμητά πάντοτε αποτελέσματα, αλλά αντίθετα ενέχει σημαντικούς κινδύνους για την υγεία. Η αλληλεπίδραση με άλλα φάρμακα ή σκευάσματα που λαμβάνονται, η πρόκληση βλαβών σε ζωτικά όργανα, και διαταραχές του μεταβολισμού είναι ορισμένοι από τους κινδύνους που ελλοχεύουν από την υπερκατανάλωση λιποδιαλυτών^{18,19}. Η ευρεία χρήση τους στην προσπάθεια απώλειας βάρους, η πιθανή συνεισφορά τους στην απώλεια βάρους, αλλά και στην επίτευξη καλύτερης υγείας, μας ώθησαν στο να διερευνήσουμε το συγκεκριμένο θέμα.

1. ΣΩΜΑΤΙΚΟ ΒΑΡΟΣ

1.1. Σωματικό βάρος

Εδώ και εκατομμύρια χρόνια, η αναζήτηση τροφής βοήθησε στον καθορισμό της ανάπτυξης του ανθρώπου, στην οργάνωση της κοινωνίας αλλά και της ίδιας της ιστορίας. Έχει επηρεάσει τους πολέμους, την πληθυσμιακή ανάπτυξη, την ανάπτυξη οικονομικών και πολιτικών θεωριών, καθώς και την θρησκευτική, την επιστημονική, την ιατρική και την τεχνολογική ανάπτυξη. Περί το δεύτερο μισό του 18^{ου} αιώνα, ο προσδιορισμός του σωματικού βάρους άρχισε να απασχολεί έντονα την επιστήμη της διατροφής καθώς πλήθος ερευνητών παρατήρησαν ότι η πρόσληψη συγκεκριμένων τροφίμων επηρεάζει τη λειτουργία του σώματος, τη σύνθεσή του^{3,4}.

Κατά τη διάρκεια της συγκεκριμένης χρονικής περιόδου, μελετήθηκε η διατροφή μέσα από ένα ιατρικό μοντέλο για τον καθορισμό των χημικών δομών και χαρακτηριστικών των θρεπτικών συστατικών που βρίσκονται στα τρόφιμα, των φυσιολογικών λειτουργιών τους, των βιοχημικών τους αντιδράσεων, των αναγκών του ανθρώπινου οργανισμού και των επιδράσεων της σε επίπεδο σωματικού βάρους. Στα τέλη της δεκαετίας του 1980, στην επιστήμη της διατροφής αναδείχθηκε η συσχέτιση διατροφής και σωματικού βάρους από τη σκοπιά των επιδράσεων των συστατικών των τροφίμων^{4,5}.

Η διατροφή του ανθρώπου περιγράφει τη διαδικασία μέσω της οποίας τα κυτταρικά όργανα, τα κύτταρα, οι ιστοί, τα οργανικά συστήματα και το σώμα ως σύνολο προσλαμβάνουν και χρησιμοποιούν τις απαραίτητες ουσίες οι οποίες προέρχονται από τα τρόφιμα (θρεπτικά συστατικά), προκειμένου να διατηρήσουν τη δομική και λειτουργική τους ακεραιότητα. Ωστόσο, η διατροφή πέρα από το ρόλο της σε επίπεδο λειτουργικής επάρκειας του οργανισμού, συνδέεται σημαντικά και με τα επίπεδα του σωματικού βάρους^{3,4,5}.

Από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα έχει καταστεί απόλυτα σαφές ότι το αυξημένο σωματικό λίπος αυξάνει σημαντικά τους κινδύνους για την υγεία. Ο πρώτος πρότυπος πίνακας σωματικού βάρους αναπτύχθηκε τη δεκαετία του 1850 με την πρώτη εμφάνιση κριτηρίων για υπέρβαρα άτομα να είναι εμφανή στη βιβλιογραφία. Το 1832 για την ανάλυση του σώματος δημιουργήθηκε ο Δείκτης Μάζας Σώματος (ΔΜΣ, Body Mass Index - BMI) ο οποίος αποτελεί ακόμα και σήμερα μια ένδειξη των επιπέδων σωματικού βάρους²¹.

Αποτελεί ένα από τα ευρύτερο γνωστά διαγνωστικά εργαλεία το οποίο υπολογίζεται ως το πηλίκο του βάρους (kg) δια του ύψους στο τετράγωνο (σε m²). Ως φυσιολογικά επίπεδα σωματικού βάρους έχουν οριστεί τιμές BMI από 18,5 - 24,9 kg/m², με τιμές BMI 25 - 29,9 kg/m² το άτομο θεωρείται υπέρβαρο, με BMI 30 - 34,4 kg/m² θεωρείται ότι έχει μικρού βαθμού παχυσαρκία, οι τιμές 35 - 39,9 kg/m² ορίζουν τη μέτριο βαθμού παχυσαρκία και τιμές άνω του 40 kg/m² μεγάλου βαθμού παχυσαρκία. Το πλεονέκτημα της χρήσης του δείκτη του BMI είναι η ευκολία και η απλότητα χρήσης στη διενέργεια επιδημιολογικών μελετών^{22,23}.

1.2. Αυξημένο σωματικό βάρος και υγεία

Η παχυσαρκία μπορεί να οριστεί ως μια κατάσταση υπερβολικής συσσώρευσης λίπους στο λιπώδη ιστό σε τέτοιο βαθμό ώστε να επηρεάζεται η υγεία του ατόμου. Είναι αποτέλεσμα σταδιακής αύξησης του όγκου των κυττάρων η οποία αυξάνει γεωμετρικά, όσο αυξάνει η πρόσληψη περίσσειας θερμίδων^{23,24}. Τα τριγλυκερίδια, που αποθηκεύονται στα συγκεκριμένα λιποκύτταρα, υφίστανται συνεχή μεταβολική μεταμόρφωση, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η συγκέντρωση όλων των συστατικών του μεταβολισμού των λιπιδίων^{23,24}. Το αυξημένο σωματικό βάρος είναι το αποτέλεσμα μη ισορροπημένης διατροφής, έλλειψης άσκησης ή ύπαρξης κάποιας παθογόνου κατάστασης. Μεταξύ των σημαντικότερων εξωγενών παραγόντων υπερβολικής πρόσληψης θερμίδων σημειώνονται το διατροφικό πρότυπο, το περιβάλλον κατά τη διάρκεια του γεύματος, ψυχολογικοί και συναισθηματικοί παράγοντες, το μέγεθος της μερίδας κ.λπ.^{23,24}

Αποτέλεσμα της αυξημένης εναπόθεσης σωματικού λίπους είναι η υπερλιποπρωτεϊναιμία και η υπερινσουλιναίμία οι οποίες δημιουργούν προβλήματα όπως η περιφερική αντίσταση στην ινσουλίνη^{23,24,25}, η αρτηριακή υπέρταση, ο διαβήτης τύπου 2, η στεφανιαία νόσος, η καρδιακή ανεπάρκεια, ο καρκίνος του στήθους και του παχέος εντέρου, το μεταβολικό σύνδρομο καθώς και ορθοπεδικές και ψυχοκοινωνικές διαταραχές^{23,24,25}. Σε σχέση με τα φυσιολογικού ΔΜΣ άτομα, τα 2^ο και 3^ο βαθμού παχύσαρκα άτομα σχετίζονται με σημαντικά υψηλότερο ποσοστό θνησιμότητας^{26,27,28}. Το μεταβολικό σύνδρομο που συνδέεται με το αυξημένο βάρος ορίζεται ως ένα σύμπλεγμα παραγόντων που αυξάνουν άμεσα την κίνδυνο στεφανιαίας νόσου, καρδιαγγειακών αθηροσκληρωτικών παθήσεων και σακχαρώδους διαβήτη τύπου 2. Βασικά χαρακτηριστικά του τα υψηλά

επίπεδα τριγλυκεριδίων, τα χαμηλά επίπεδα υψηλής πυκνότητας λιποπρωτεϊνών (HDL) και η υπέρταση²⁸. Ειδικά για τις περιπτώσεις όπου ο δείκτης BMI ξεπερνά τα όρια των 30 kg/m² ο κίνδυνος παθήσεων αυξάνεται και επομένως κρίνεται αναγκαία, θα πρέπει να επιχειρείται ελάττωση του βάρους²⁹.

Η συσχέτιση μεταξύ της κοιλιακής παχυσαρκίας και του κινδύνου για εμφάνιση διαβήτη τύπου 2 είναι επίσης τεκμηριωμένη²⁹. Από την άλλη, και σε περιπτώσεις με σημαντικά χαμηλό βάρος η υγεία επιβαρύνεται με την εμφάνιση αυξημένης αντίστασης στην ινσουλίνη²⁹. Η σχέση μεταξύ του αυξημένου σωματικού βάρους και των φλεγμονωδών ασθενειών πιθανώς να οφείλεται περισσότερο στην επίδραση της υψηλής πρόσληψης λίπους οδηγώντας σε κίνδυνο την ακεραιότητα της επιθηλιακής και ανοσολογικής ανοχής²⁹.

1.3. Απώλεια σωματικού βάρους

Η απώλεια βάρους, ως έννοια και διαδικασία, συσχετίζεται με την προσπάθεια μείωσης του σωματικού βάρους. Το σημείο, ωστόσο, που χρίζει ιδιαίτερης προσοχής είναι ότι η απώλεια βάρους θα πρέπει να προκύπτει από τη μείωση του σωματικού λίπους και όχι των σωματικών υγρών. Στις περιπτώσεις όπου παρατηρείται αυξημένο βάρος, υπολογίζεται ότι για κάθε λίβρα βάρους (1 pound) αντιστοιχούν 3.500 θερμίδες αποθηκευμένης ενέργειας σωματικού λίπους. Για την απώλεια σωματικού βάρους μέσω της μείωσης του σωματικού λίπους θα πρέπει να απολεσθεί και το ανάλογο ποσό ενέργειας²³. Τα προγράμματα μείωσης και απώλειας του βάρους θα πρέπει να βασίζονται σε τρεις πυλώνες: διαίτα, τροποποίηση της διατροφικής συμπεριφοράς και άσκηση²³. Ο ρόλος της πρόσληψης θρεπτικών συστατικών βασίζεται στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του οργανισμού παρέχοντας παράλληλα τα κατάλληλα συστατικά για τη λειτουργία και την αποκατάσταση ιστών, καθώς και για τη συνεχή παραγωγή ορμονών και ενζύμων^{24,25,30}.

Παρόλο που αρκετοί άνθρωποι είναι ενημερωμένοι για τη σπουδαιότητα των θρεπτικών συστατικών στην υγεία, μόνο ένα μέρος αυτών είναι σε θέση να γνωρίζει τον τρόπο απώλειας της περίσσειας σωματικού βάρους μέσω της υιοθέτησης κατάλληλου διατροφικού προτύπου. Η απώλεια βάρους είναι δυνατόν να επιτευχθεί όταν συνδυαστούν παράγοντες, όπως η σύσταση της τροφής, η πρόσληψη της κατάλληλης ποσότητας η οποία

πρέπει να καταναλώνεται για τις ημερήσιες ανάγκες και η τήρηση συγκεκριμένου διαιτολογίου³¹.

Η εφαρμογή κάποιου διαιτητικού μοντέλου ή προτύπου είναι ίσως η συνηθέστερη πρακτική στην προσπάθεια απώλειας βάρους²⁴. Ειδικά μεταξύ των γυναικών, η δίαιτα αποτελεί μια διάχυτη επιλογή που πολλές φορές λαμβάνει χαρακτήρα αποκλειστικής επιλογής στην προσπάθεια απώλειας βάρους. Ο εντοπισμός των διαιτητικών συμπεριφορών βοηθά αποτελεσματικά στην προαγωγή μιας μακροπρόθεσμης απώλειας βάρους ή διατήρησής του σε επίπεδα τέτοια ώστε να ανακοπούν τα συνεχώς αυξανόμενα ποσοστά παχυσαρκίας²⁴.

Προηγούμενες έρευνες σχετικά με τις επιπτώσεις της δίαιτας στην απώλεια βάρους έχει διαφορετικά, κατά περίπτωση, αποτελέσματα. Σε αρκετές περιπτώσεις, η απώλεια βάρους συνδέθηκε με την πρόσληψη μειωμένων ποσοτήτων τροφής²⁵. Ωστόσο, περισσότερο από τα στενά πλαίσια τήρησης ενός συγκεκριμένου διατροφικού προτύπου, ιδιαίτερα σημαντικό ήταν η δίαιτα να συνδυάζεται με αύξηση της σωματικής άσκησης και υιοθέτησης ενός πιο υγιεινού τρόπου ζωής²⁵.

Η αύξηση του σωματικού βάρους, αν δεν υφίστανται παθολογικά προβλήματα, οφείλεται και στην πρόσληψη περισσότερης ενέργειας (θερμίδων) από αυτήν που καταναλώνεται. Κατά συνέπεια, θα μπορούσε κάποιος να ισχυριστεί ότι η λύση είναι απλά η μείωση των προσλαμβανομένων θερμίδων. Ο περιορισμός, όμως, αυτός είναι εξαιρετικά δύσκολος σε ορισμένες περιπτώσεις όπου απαιτούνται οι κατάλληλες κατευθύνσεις. Τα άτομα με υψηλότερα επίπεδα βάρους πολλές φορές αδυνατούν να επιτύχουν απώλεια μακροπρόθεσμα εξαιτίας της επανόδου μετά από μικρό χρονικό διάστημα στις παλαιότερες διατροφικές συνήθειες. Έτσι, το μεγαλύτερο πρόβλημα με δίαιτες για την απώλεια βάρους είναι το γεγονός ότι οι περισσότεροι ασθενείς αποτυγχάνουν να διατηρήσουν την απώλεια του βάρους για μεγάλο χρονικό διάστημα^{23,32}. Βασικός παράγοντας επιτυχίας στην τήρηση συγκεκριμένου διαιτολογίου είναι η γνώση ως προς το ενεργειακό περιεχόμενο των τροφών ενώ απαραίτητη προϋπόθεση είναι και η διαχείριση των διαταραχών της διατροφικής συμπεριφοράς (παροξυσμική υπερφαγία, νυκτερινή υπερφαγία, ενδιάμεσα γεύματα κ.ά.)^{23,24}.

Η υιοθέτηση μιας υποθερμιδικής δίαιτας στην προσπάθεια απώλειας βάρους εξαρτάται πάντα και από τις ανάγκες του εκάστοτε ασθενή, ενώ βασικό σημείο είναι η απουσία των όποιων στερήσεων τροφών. Οι υποθερμιδικές δίαιτες που λαμβάνουν υπόψη τις

συγκεκριμένες παραμέτρους οδηγούν σε μακροπρόθεσμα αποτελέσματα της απώλειας βάρους με λιγότερες επιδράσεις στην υγεία^{25,33}. Σε πρακτικό επίπεδο, απώλεια βάρους επιτυγχάνεται στη βάση μείωσης της θερμιδικής πρόσληψης κατά 15 - 30% ή με πρόσληψη περίπου των 2/3 της ημερήσιας ενεργειακής δαπάνης στη βάση αξιολόγησης επιμέρους παραγόντων όπως η ηλικία, το φύλο, το βάρος και το επίπεδο σωματικής δραστηριότητας. Οι υποθερμιδικές δίαιτες της τάξης των 1.000 – 1.200 θερμίδων οδηγούν σε απώλεια βάρους περίπου 8% σε διάστημα 3 - 12 μηνών ενώ υποθερμιδικές δίαιτες με πολύ χαμηλή πρόσληψη θερμίδων (500 – 1000 kcal/ημερησίως) επιτυγχάνουν εβδομαδιαία απώλεια βάρους ύψους 1 kg χωρίς ωστόσο μακροπρόθεσμα να έχουν συνολικά καλύτερα αποτελέσματα από τις υπόλοιπες δίαιτες^{25,33}.

1.4. Διατήρηση σωματικού βάρους: Διαιτητικές κατευθυντήριες γραμμές

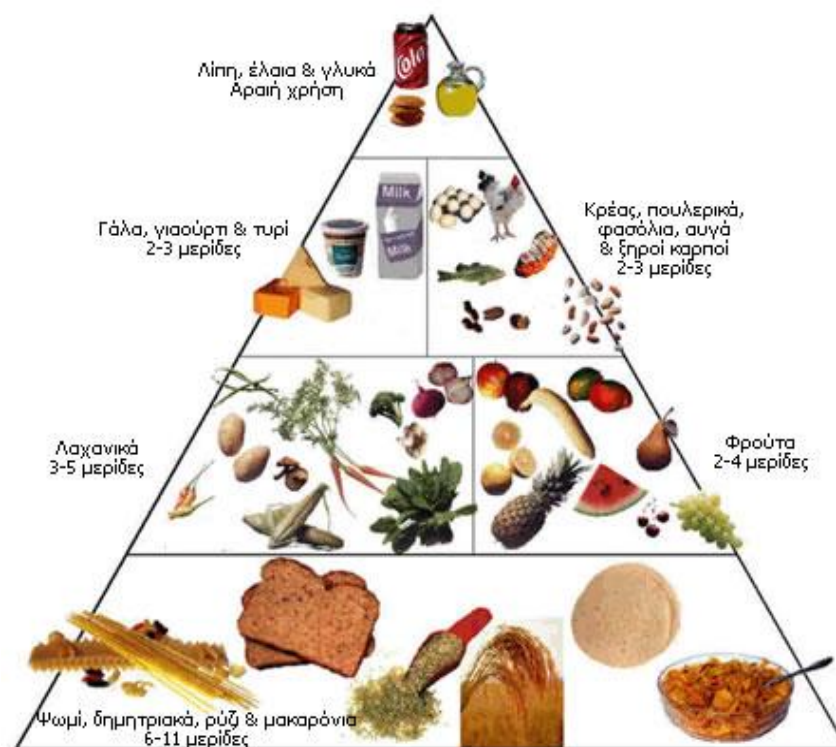
Σε αρκετές χώρες ακολουθούνται συγκεκριμένα διατροφικά πρότυπα με ταυτόχρονη έκδοση σχετικών οδηγιών ώστε να διατηρείται το βάρος του πληθυσμού σε υγιή επίπεδα²⁵. Αυτές οι συστάσεις στις περισσότερες φορές εκδίδονται από τις σχετικές διαθέσιμες κυβερνητικές υπηρεσίες ή ακόμα και από ιδιωτικούς οργανισμούς²⁵. Για τη βιομηχανία οι κατευθυντήριες οδηγίες κινούνται στον άξονα παραγωγής υγιεινών τροφίμων και τήρησης συγκεκριμένων κανόνων ασφάλειας²⁵. Παρά τις συγκεκριμένες προσπάθειες, έχουν αυξηθεί σημαντικά οι αναφορές για νοσήματα που έχουν σχέση με τη διατροφή²⁵.

Υπάρχουν ασθένειες που σχετίζονται άμεσα με τη λανθασμένη διατροφή όπως ο διαβήτης, η καρδιαγγειακή νόσος και ο καρκίνος^{24,25}. Σε πολλές από αυτές τις περιπτώσεις συνεισφέρουν και κληρονομικοί παράγοντες επισημαίνοντας ότι είναι πολλές φορές αδύνατη η εμφάνισή τους αποκλειστικά μέσω της διατροφής. Παρόλα αυτά, υπάρχει σημαντική δυνατότητα να ελαττωθεί η επίπτωση αρκετών μειζόνων παθήσεων και διατήρησης υγιών επιπέδων σωματικού βάρους μέσω μίας αλλαγής στις διατροφικές συνήθειες και τα επίπεδα της σωματικής δραστηριότητας^{24,25}.

Αδιαμφισβήτητα, το επίπεδο υγιεινής των τροφίμων είναι πλέον υψηλό ενώ η πρόσληψη πρωτεΐνης και θερμίδων είναι περισσότερο από επαρκής, αν όχι υπερβολική. Ωστόσο, η υιοθέτηση ενός ιδανικού σχήματος διαιτητικής πρόσληψης για την επίτευξη ιδανικού σωματικού βάρους πολλές φορές είναι μια αρκετά πολύπλοκη διαδικασία, καθώς

πρέπει να συνεκτιμηθούν παράγοντες όπως η ηλικία, το φύλο, ο τρόπος ζωής, τυχόν ύπαρξη παθολογίας, ασθένειες κλπ.^{24,25}

Τα διατροφικά σχήματα για διατήρηση του σωματικού βάρους έχουν αλλάξει σημαντικά κατά τη διάρκεια των τελευταίων 30 ετών^{24,25}. Επίσης, πολλές φορές οι συνιστώμενες προσλήψεις είναι αφηρημένοι αριθμοί για τα μεμονωμένα θρεπτικά στοιχεία και τις θερμίδες τους με τους καταναλωτές να δυσκολεύονται να τα ερμηνεύσουν και να ακολουθήσουν τις ενδεδειγμένες τροφικές επιλογές και ποσότητες. Αυτό έχει οδηγήσει σε συντονισμένες προσπάθειες διευκόλυνσης της μεταφοράς των επιστημονικών ευρημάτων σε εύκολα κατανοητές κατευθυντήριες οδηγίες για την καθημερινή διατροφή. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της προσπάθειας αποτελεί η Διατροφική Πυραμίδα του USDA (Εικόνα 1.1)^{24,25}.



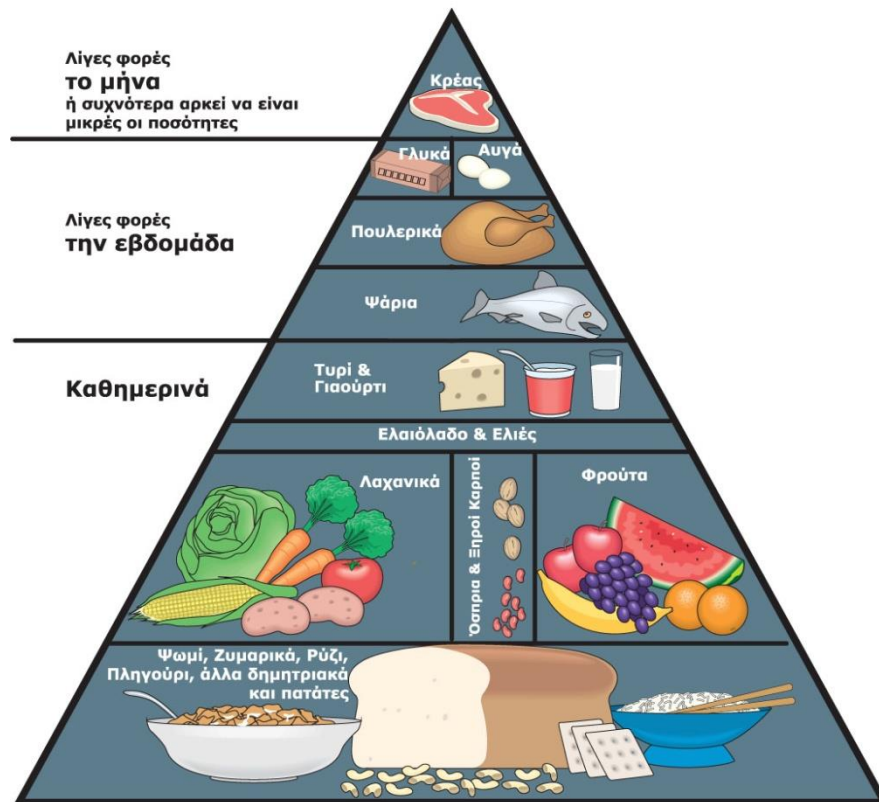
Εικόνα 1.1: Διατροφική πυραμίδα USDA³⁴

Με βάση το συγκεκριμένο διατροφικό πρότυπο, οι συνιστώμενες ποσότητες των προς κατανάλωση μερίδων έχουν επιμεριστεί σε πέντε (5) ομάδες τροφίμων. Τρόφιμα τα οποία περιλαμβάνονται στους σύνθετους υδατάνθρακες (ψωμί, δημητριακά, ρύζι, ζυμαρικά) βρίσκονται στη βάση της πυραμίδας²⁵. Στην επόμενη ομάδα (2^η βαθμίδα) βάση της είναι η ομάδα των φρούτων και των λαχανικών εστιάζοντας στα δεύτερα. Στην 3^η ομάδα, περιλαμβάνονται οι πρωτεϊνούχες τροφές οι οποίες αντιπροσωπεύονται από το γάλα, το

γιαούρτι και στην 4^η ομάδα εντάσσεται το τυρί, το κρέας, τα πουλερικά, τα ψάρια και οι ξηροί καρποί. Στην 5^η ομάδα εντάσσονται τα λίπη, τα έλαια και η ομάδα των γλυκών, που πρέπει να χρησιμοποιούνται με μέτρο τοποθετώντας τα στην κορυφή. Η επίσημη τροφική πυραμίδα του USDA έχει συχνά αμφισβητηθεί με διάφορες τροποποιήσεις που όμως δεν έχουν μεταβάλλει ουσιαστικά τη φιλοσοφία της²⁵.

Σημαντικό διαιτητικό πρότυπο διατροφής στον άξονα της διατήρησης του επιθυμητού βάρους αποτελεί το μεσογειακό πρότυπο διατροφής, με το ελαιόλαδο να αποτελεί τη βάση πρόσληψης διαιτητικού λίπους, στο οποίο περιλαμβάνονται όλα τα ευεργετικά διατροφικά χαρακτηριστικά που συμβάλλουν στη μείωση καρδιαγγειακών νοσημάτων, υπέρτασης, παθήσεων κλπ³⁵. Πέραν του ελαιολάδου, βασικά συστατικά της μεσογειακής διατροφής είναι το σιτάρι, οι ελιές, τα σταφύλια και τα παράγωγά τους. Η συνολική πρόσληψη λιπιδίων στο συγκεκριμένο πρότυπο μοντέλο μπορεί να είναι υψηλή (περίπου 40% της συνολικής ενεργειακής πρόσληψης) ή μέτρια (περίπου 30% της συνολικής ενεργειακής πρόσληψης)³⁵.

Το διατροφικό πρότυπο της μεσογειακής διατροφής εκφράζεται επίσης, υπό μορφή πυραμίδας³⁶. Η βάση της περιλαμβάνει τροφές οι οποίες προτείνεται να καταναλώνονται πολύ συχνά και η κορυφή της πυραμίδας αναφέρεται σε εκείνα τα τρόφιμα που πρέπει να καταναλώνονται σπάνια. Οι υπόλοιπες τροφές καταλαμβάνουν τις ενδιάμεσες θέσεις με κατανάλωση ανάλογα με τα συστατικά τους στοιχεία³⁷. Στο συγκεκριμένο διατροφικό πρότυπο περιλαμβάνεται η καθημερινή κατανάλωση μη επεξεργασμένων δημητριακών και προϊόντων (ψωμί ολικής άλεσης, ζυμαρικά, ρύζι, λαχανικών, φρούτων, ελαιολάδου και άπαχων ή χαμηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά γαλακτοκομικών προϊόντων). Σε εβδομαδιαία βάση καταναλώνονται πατάτες, ψάρια, ελιές, όσπρια, ξηροί καρποί, πουλερικά και λιγότερο συχνά αυγά και γλυκά. Επιπλέον, αν και η πρόσληψη του γάλακτος είναι μέτρια, η κατανάλωση του τυριού και του γιαουρτιού είναι σχετικά υψηλές^{36,37}.



Εικόνα 1.2: Διατροφική πυραμίδα μεσογειακής διατροφής³⁸

Η τήρηση του προτύπου μεσογειακής διατροφής είναι αντιστρόφως ανάλογη με το δείκτη BMI και την παχυσαρκία^{36,38}. Σε σειρά ερευνών έχει αποδειχθεί ότι η τήρηση και υιοθέτηση της μεσογειακής διατροφής μειώνει τις πιθανότητες αύξησης βάρους και παχυσαρκίας³⁶. Η επίδραση της μεσογειακής διατροφής στο σωματικό βάρος είναι ενδιαφέρουσα με αποτέλεσμα να έχουν εκφραστεί μια σειρά προβληματισμών. Οι Mendez et al.³⁹ σε έρευνά τους σε 27.827 άτομα (17.238 γυναίκες και 10.589 άνδρες) διαπίστωσαν ότι αρχικά υπέρβαρα άτομα (7,9% γυναίκες και 6,9% άνδρες) οδηγήθηκαν σε υψηλότερα επίπεδα παχυσαρκίας ενώ όσοι είχαν φυσιολογικό βάρος (13,8% ανδρών και 23,0% γυναικών) έγιναν υπέρβαροι μέσω λανθασμένων διατροφικών επιλογών. Η υψηλή προσκόλληση στο διατροφικό μοντέλο της μεσογειακής διατροφής σχετίστηκε με χαμηλότερη πιθανότητα αύξησης βάρους³⁶.

Διαθέσιμα στοιχεία επιμέρους ερευνών σχετικά με τη μεσογειακή διατροφή και το σωματικό βάρος, αποδεικνύουν επίσης ότι η τήρηση του διατροφικού μοντέλου της μεσογειακής δίαιτας συνδέεται με χαμηλότερο επιπολασμό παχυσαρκίας ή περισσότερο βάρος. Η μοναδική διαφοροποίηση της μεσογειακής διατροφής ως προς την επίδρασή της στο σωματικό βάρος εστιάζει στην ηλικία. Γενικά, άτομα μεγαλύτερων ηλικιών είναι

περισσότερο επιρρεπείς σε υψηλότερη συχνότητα κατανάλωσης φρέσκων φρούτων και λαχανικών και χαμηλότερης ημερήσιας κατανάλωση των γλυκών σε αντίθεση με τα νεαρά άτομο όπου κατά κανόνα παρουσιάζονται αντίστροφα δεδομένα³⁶.

Η διατήρηση ενός επιθυμητού βάρους βασίζεται στην εφαρμογή επιπλέον κανόνων που ξεφεύγουν από τα στενά πλαίσια της διατροφής όπως η καλή φυσική κατάσταση, η σωματική δραστηριότητα και η άσκηση. Η διατροφή μέσω του κατάλληλου κατά περίπτωση προτύπου βοηθά στη δημιουργία υγιών βάσεων. Η διατήρηση του βάρους συνδέεται και με τις συστάσεις αναφορικά με τις καταναλώμενες ποσότητες. Οι συστάσεις σε σχέση με τη συχνότητα των γευμάτων διαφοροποιούνται ανάλογα με το διατροφικό μοντέλο, σε γενικά ωστόσο πλαίσια κυμαίνονται μεταξύ των 5 – 6 γευμάτων ομοιόμορφα κατανεμημένων στη διάρκεια της μέρας. Έχει υπολογιστεί ότι κάθε κύριο γεύμα συνεισφέρει το 25 - 30% των ημερήσιων θερμίδων με συμπλήρωση των υπολοίπων μέσω ενδιάμεσων σνακ²⁵.

Η διατροφή του ανθρώπου γενικά αποτελεί έναν πολύπλοκο και ποικιλόμορφο τομέα με πολυεπίπεδες επιδράσεις. Η βέλτιστη και ισορροπημένη διατροφή αποτελεί βασικό παράγοντα για τη διατήρηση αφενός του σωματικού βάρους και αφετέρου της υγείας. Η υιοθέτηση του κατάλληλου διατροφικού προτύπου για τον πληθυσμό βασίζεται στην έγκυρη και ανεπτυγμένη έρευνα, γνώση και πληροφόρηση. Ακολουθώντας τις κατάλληλες διαιτητικές συμβουλές, είναι εφικτή η διατήρηση ενός ικανοποιητικού επιπέδου βάρους ή ακόμα και η βελτίωση της αναλογίας λίπους²⁵.

2. ΛΙΠΟΔΙΑΛΥΤΕΣ

2.1. Εισαγωγή

Ο όρος «λιποδιαλύτης» χρησιμοποιείται για να περιγράψει τα σκευάσματα διατροφής που προκαλούν οξεία αύξηση του μεταβολισμού του λίπους ή των δαπανών ενέργειας, μείωση της απορρόφησης λίπους, αυξάνουν την απώλεια βάρους, οξειδωση των λιπών κατά τη διάρκεια άσκησης ή μέσω κατάλληλων επιδράσεων προκαλούν μακροπρόθεσμες προσαρμογές στον οργανισμό⁴. Συχνά, τα συγκεκριμένα σκευάσματα περιέχουν έναν αριθμό συστατικών, και καθένα από αυτά έχει το δικό του μηχανισμό δράσης. Ο κατάλογος των σκευασμάτων με τον ισχυρισμό ότι συνεισφέρουν στην απώλεια βάρους μέσω καύσης του λίπους, είναι αρκετά μεγάλος. Τα πιο δημοφιλή σκευάσματα περιέχουν καφεΐνη, καρνιτίνη, πράσινο τσάι, συζευγμένο λινολεϊκό οξύ, φορσκολίνη, χρώμιο και φουκοξανθίνη⁴.



Σχήμα 2.1: Αλληλεπίδραση λιποδιαλυτών για την αύξηση του μεταβολισμού του λίπους και την προώθηση της απώλειας βάρους⁹

Με βάση την διαθέσιμη βιβλιογραφία, η καφεΐνη και το πράσινο τσάι αποτελούν πολύτιμους λιποδιαλύτες, χωρίς να σημαίνει ότι δεν υφίσταται σειρά άλλων λιποδιαλυτών που μπορούν να συνεισφέρουν στην απώλεια βάρους⁷. Ο κατάλογος των σκευασμάτων

που προωθούνται με σκοπό την ταχύτερη απώλεια βάρους, τις περισσότερες φορές αυξάνεται με βάση εμπορικές και βιομηχανικές κατευθύνσεις και λιγότερο κατόπιν της σχετικής επιστημονικής τεκμηρίωσης^{7,9}. Υπάρχουν πολλά διαφορετικά επιμέρους ενεργά συστατικά τα οποία συμβάλλουν προς αυτήν την κατεύθυνση. Ωστόσο, οι λιποδιαλύτες ξεφεύγουν από τα στενά πλαίσια συμβολής στην καύση του λίπους και κατ' επέκταση την απώλεια βάρους, αλλά περισσότερο μακροπρόθεσμα βοηθούν στη διατήρηση επιθυμητού βάρους ή την αποφυγή επανάκτησης^{3,4,9}. Οι λιποδιαλύτες είναι αρκετά πολύπλοκες ουσίες που λειτουργούν μέσα από μια πολύ τεχνική διαδικασία, έτσι ώστε ο εκάστοτε οργανισμός ανάλογα με τις ιδιαιτερότητές του να προσαρμόζεται στις αλλαγές του μεταβολισμού. Τα αυξημένα επίπεδα ενέργειας ή μειωμένης ενεργειακής πρόσληψης μπορεί να βοηθούν στην καύση λίπους ωστόσο πολλές φορές μπορεί να καταβάλλουν τον οργανισμό. Οι λιποδιαλύτες λειτουργούν κυρίως με τρεις (3) διαφορετικούς μηχανισμούς^{3,4,7,9}:

1. Ενίσχυση μεταβολισμού. Ένας τρόπος λειτουργίας των λιποδιαλυτών είναι μέσω της αύξησης του μεταβολισμού ώστε να καταναλώνει ο οργανισμός περισσότερες θερμίδες σε κάθε δραστηριότητα.
2. Κατασταλτικό όρεξης. Ορισμένοι λιποδιαλύτες μπορούν να βοηθήσουν στη μείωση της όρεξης επιτρέποντας στον οργανισμό να κάψει περισσότερο λίπος σε κάθε δραστηριότητα.
3. Ενεργειακή ώθηση. Συμβάλλουν στην αύξηση αποθεμάτων ενέργειας επιτρέποντας τη μεγαλύτερη αντοχή κατά τη σωματική άσκηση.

Η συμβολή των λιποδιαλυτών διαφοροποιείται για κάθε οργανισμό λαμβάνοντας υπόψη διαφορετικές μεταβλητές όπως η ηλικία, το φύλο, το επίπεδο σωματικής δραστηριότητας κλπ. Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος συμβολής των λιποδιαλυτών στην απώλεια βάρους είναι μέσω ενός πλήρους διαιτολογίου και ενός προγράμματος ασκήσεων^{9,10,14}. Σε πολλές περιπτώσεις παρατηρείται οι λιποδιαλύτες να μην επιδρούν στον οργανισμό στην προσπάθειά του να απωλέσει βάρος^{9,10,14}. Κατά συνέπεια, είναι πολύ σημαντικό να είναι γνωστό ή να έχει αξιολογηθεί ο βαθμός επίδρασής τους στη συγκεκριμένη προσπάθεια^{9,10,14}.

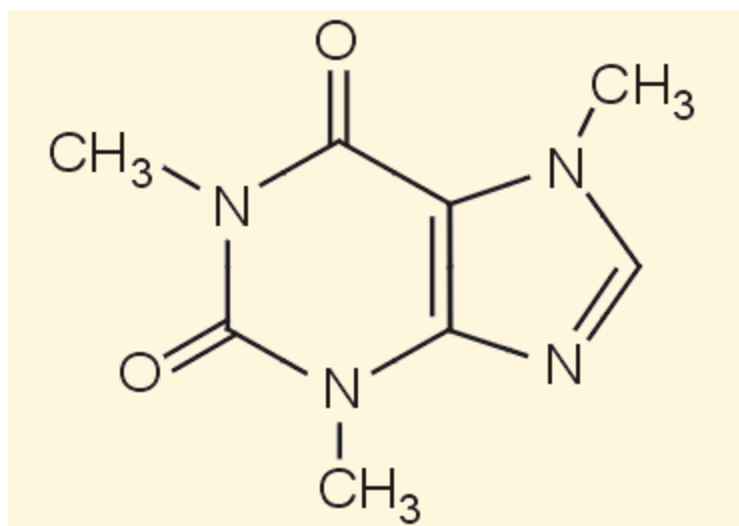
Πλέον, είναι διαθέσιμα πολλά σκευάσματα που εμπεριέχουν λιποδιαλύτες. Συνήθως, τα συγκεκριμένα σκευάσματα είναι φυτικά και οργανικά, πλήρως ασφαλή και δεν έχουν παρενέργειες ακόμα και για μακροχρόνια χρήση στη βάση ωστόσο αξιολόγησης της κατάστασης υγείας του ατόμου και των διατροφικών αναγκών του^{9,13}. Μεταξύ των

σημαντικότερων λιποδιαλυτών συγκαταλέγονται το πράσινο τσάι το οποίο βοηθά στη λιπόλυση, η καφεΐνη (caffeine), η L - καρνιτίνη (L- carnitine), η φορσκολίνη (forskolin), η φουκοξανθίνη, το χρώμιο (chromium), το λινολεϊκό οξύ (linoleic acids, cla), η ταυρίνη (taurine), η καψαϊκίνη (capsaicin), χολίνη (choline), η λεκιθίνη (lecithin), η λευκίνη (leucine)^{9,13}.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται ορισμένα από τους πιο γνωστά συστατικά που έχουν μελετηθεί για τη λιπολυτική τους δράση και τα οποία αξιοποιούνται με γνώμονα την οξεία αύξηση του μεταβολισμού του λίπους ή των δαπανών ενέργειας, τη μείωση της απορρόφησης λίπους, ή/ και την αύξηση της απώλειας βάρους.

2.2. Καφεΐνη (caffeine)

Η καφεΐνη (caffeine) ή 1,3,7 τριμέθυλο - ξανθίνη (Σχήμα 2.2) εντοπίζεται σε φυτά όπως το καφεόδεντρο, το τσάι, το κακαόδεντρο ενώ σε συνδυασμό με ουσίες όπως η θεοφυλλίνη και θεοβρομίνη βρίσκονται σε πληθώρα τροφίμων⁴⁰. Σε επίπεδο φαρμακολογίας τοποθετείται στα ελαφριά διεγερτικά του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος (Κ.Ν.Σ.) με έντονα ταυτόχρονα τα στοιχεία της λιποδιάλυσης⁴¹.



Σχήμα 2.2: Χημική δομή καφεΐνης (1,3,7 - τριμεθυλοξανθίνη)⁴¹

Η καφεΐνη αποτελεί την πιο κοινή ένωση των παραγώγων της πουρίνης μεταξύ αυτών της θεοβρωμίνης και της θεοφυλλίνης. Ιστορικά, η χρήση της καφεΐνης τοποθετείται με πρώτη αναφορά το 2737 π.Χ. στην Κίνα μέσω της κατανάλωσης τσαγιού. Η χρήση του

καφέ μετέπεται υπό μορφή ροφήματος όπου και προέρχεται η μεγαλύτερη πρόσληψη καφεΐνης αποδίδεται στους Άραβες τον 11^ο μ.Χ. Η καφεΐνη στα τέλη του 19^{ου} και στις αρχές του 20^{ου} αιώνα εισάγεται ως συστατικό σε αναψυκτικά ενώ σταδιακά επιτρέπεται και η φαρμακευτική και λιποδιαλυτική της χρήση. Η καφεΐνη εντοπίζεται στα διάφορα ροφήματα (καφές, τσάι, σοκολάτα, αναψυκτικά κλπ) και σε ορισμένα φάρμακα και σκευάσματα διατροφής ενισχύοντας τις προσπάθειες καύσης του λίπους (Πίνακας 2.1)^{42,43}.

Πίνακας 2.1: Περιεκτικότητες καφεΐνης⁴³

Πηγή	Καφεΐνη (%)
Κόκκοι coffee arabica	1,10%
Κόκκοι coffee robusta	2,20%
Φύλλα τσαγιού (tea sinensis)	3,50%
Καρπός κόλα (cola nitida)	1,50%
Γκουαράνα (paulinia carana)	> 4,00%
Κακάο (theobroma cacao)	0,03%

Η καφεΐνη (C₈H₁₀N₄O₂) διίστανται σε πολύ μικρό χρόνο με υψηλή διαλυτότητα στο H₂O είναι ιδιαίτερα αυξημένη (1 gr ανά 46 ml H₂O). Αποτελεί το βασικότερο χημικό συστατικό του καφέ με περιεκτικότητα 1 – 2%⁴⁴ επί συνόλου περίπου 220 με έντονη τη λιπολυτική δράση. Πέραν της καφεΐνης στους κόκκους καφέ περιέχονται σημαντικές υδατοδιαλυτές ουσίες (χλωρογονικό οξύ, σακχαρόζη, ιχνοστοιχεία, πρωτεΐνες, νικοτινικό οξύ, φαινολικές ενώσεις) οι οποίες πέραν της ενίσχυσης στη λιπολυτική δράση της συμβάλλουν καθοριστικά και στην αντιοξειδωτική. Η ανάλυση της δομής και των ευεργετικών ιδιοτήτων της καφεΐνης οδήγησε στη χρήση της ως λιποδιαλυτικού συστατικού⁴².

Η λιποδιαλυτική δράση της καφεΐνης κατά μια θεωρία συνδέεται με την αύξηση των επιπέδων αντοχής κατά την άσκηση. Η κατανάλωσή της αυξάνει τα όρια αντοχής, παρέχει ενισχυτική δράση στο μεταβολισμό και το Κ.Ν.Σ. ενισχύοντας την καύση λίπους. Η λιποδιαλυτική δράση της καφεΐνης έχει αποτελέσει αντικείμενο εκτενούς μελέτης. Η λιποδιαλυτική της δράση μέσω του μεταβολισμού βασίζεται στην ταχύτερη απώλεια υγρών κατά την άσκηση με μικρή μείωση του βάρους και σύστασης της σωματικής άσκησης^{41,44}.

Η λιπολυτική δράση της καφεΐνης αναγνωρίζεται από την ικανότητά της να συμβάλλει στην απορρόφηση λίπους από τους λιπώδεις ιστούς μετατρέποντάς το σε ενέργεια. Η πέψη της καφεΐνης πριν την διενέργεια αεροβικών ασκήσεων άσκηση έχει αποδειχθεί επιστημονικά ότι ενισχύει την λιποδιάλυση, καθιστώντας την καφεΐνη ως μια εκ των πιο σημαντικών θερμογενετικών ουσιών. Η λήψη καφεΐνης μπορεί να λειτουργήσει και

αποτρεπτικά στην προσπάθεια λιποδιάλυσης όταν λαμβάνεται σε πολύ υψηλές ποσότητες επιτελώντας ένα ρόλο πλέον αποθήκευσης του λίπους^{41,44}.

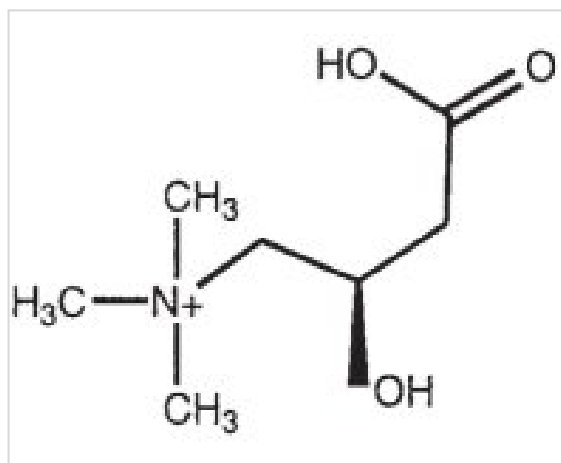
Πίνακας 2.2: Φυσικοχημικές ιδιότητες καφεΐνης⁴¹

Στοιχεία	Τύποι, τιμές
Μοριακός τύπος	C ₈ H ₁₀ N ₄ O ₂
Σχετική μοριακή μάζα	194,19
Σημείο τήξης	227 - 228° C (άνυδρη)
Σημείο τήξης	234 - 235° C (μονοένυδρη)
Σημείο βρασμού	178° C (εξάχνωση)
Πυκνότητα	1,23 g·cm ⁻³ (στερεό)
Διαλυτότητα στο H ₂ O (σε mg·mL ⁻¹)	22 (25°C), 180 (80° C), 670 (100° C)
Διαλυτότητα στην αιθανόλη	15 g/L (20° C)
Λόγος κατανομής (οκτανόλη/νερό) ως log Pow	-0,07
LD50	192 mg/kg

2.3. L - καρνιτίνη (L- carnitine)

Η L - καρνιτίνη (L- carnitine) αποτελεί μία ουσία η οποία συναντάται σε μεγάλες ποσότητες στο κρέας λαμβάνοντας την απαραίτητη προσοχή των επιστημόνων την τελευταία εικοσαετία. Η L – καρνιτίνη φέρεται να βελτιώνει το μεταβολισμό του λίπους, να συμβάλλει καθοριστικά στη μείωση της λιπώδους μάζας και την αύξηση της μυϊκής. Η L – καρνιτίνη χρησιμοποιείται όλο και συχνότερα στην προσπάθεια απώλεια βάρους και στη βελτίωση της σωματικής κατανομής. Η χρήση της ιδιαίτερα κατά την εκτέλεση αθλητικών δραστηριοτήτων συμβάλλει στην αύξηση της οξειδωσης του λίπους με αντάλλαγμα το μυϊκό γλυκογόνο⁴⁵.

Η L – καρνιτίνη απομονώθηκε περίπου το 1905 ενώ ο οριστικός προσδιορισμός της δομής της το 1927. Έχει αποδειχθεί ότι αποτελεί μια ουσιαστική θρεπτική ουσία ενώ κατά τη διαδικασία σύνθεσής της σε ημερήσια βάση από τον οργανισμό απαιτούνται βασικά αμινοξέα, πρωτεΐνες, βιταμίνη C, σίδηρος, βιταμίνη B6 και νιασίνη και σε μια σειρά από ενζυμικές αντιδράσεις⁴⁵. Ο χημικός τύπος της L – καρνιτίνης είναι ο C₇H₁₅NO₃ με σημαντικό ρόλο στο μεταβολισμό του λίπους. Πέραν των όποιων σημαντικών ζωτικών λειτουργιών στις οποίες συμβάλλει, η L – καρνιτίνη βοηθά στη μετατροπή των λιπαρών οξέων σε ενέργεια στα μιτοχόνδρια. Αυξάνει επίσης τα επίπεδα αντοχών, μειώνει τις ανάγκες των κυττάρων σε O ενώ ενισχύει την αποκατάσταση των μυών κατόπιν άσκησης.



Σχήμα 2.3: Χημική δομή L – καρνιτίνης⁴⁶

Η L – καρνιτίνη προέρχεται κυρίως από τα κόκκινα κρέατα και γαλακτοκομικά προϊόντα μέσω της διατροφής αλλά παράγεται ενδογενώς και από το σώμα. Ακόμα και όταν η πρόσληψη καρνιτίνης μέσω διατροφής είναι ανεπαρκής, στους υγιείς ανθρώπους παράγεται σε ικανοποιητική ποσότητα από τον οργανισμό. Συντίθεται στο ήπαρ και τους νεφρούς, οι οποίοι μαζί περιέχουν το 1,4% των συνολικά 27 gr. σε ολόκληρο τον οργανισμό. Περίπου το 98% της καρνιτίνης του ανθρώπινου σώματος εντοπίζεται στους σκελετικούς και καρδιακούς μύες και το 0,4% εντοπίζεται στο εξωκυττάριο υγρό. Η L – καρνιτίνη μεταφέρεται στους σκελετικούς μύες μέσω της κυκλοφορίας του αίματος από την καρδιά η οποία περιέχει περίπου 0,5% της καρνιτίνης⁴⁷.

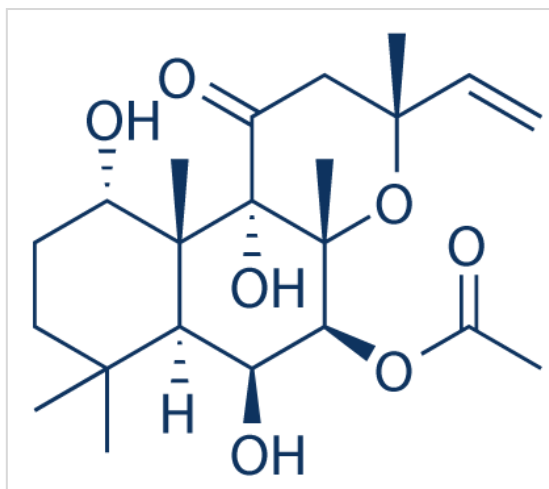
Οι μύες λαμβάνουν την L – καρνιτίνη σε υψηλής συγκεντρώσεις (καρνιτίνη πλάσματος 40 - 60 $\mu\text{mol L}^{-1}$, μυϊκή καρνιτίνη 4 έως 5 $\mu\text{mol L}^{-1}$) μέσω μιας διαδικασίας συνεχούς μεταφοράς μέχρι τις αναγκαίες ποσότητες. Η καρνιτίνη αποτελεί προϊόν του ανθρώπινου μεταβολισμού ενώ αποβάλλεται από τον οργανισμό μέσω της απέκκρισης στα ούρα και στα κόπρανα. Οι ημερήσιες απώλειες είναι ελάχιστες (<60 mg d^{-1}) και μειώνεται σε λιγότερο από 20 mg d^{-1} σε περιπτώσεις διατροφής χαμηλής πρόσληψη κρέατος. Αυτές οι ελάχιστες απώλειες σημαίνουν ότι το ποσοστό της ενδογενούς βιοσύνθεσης, η οποία είναι απαραίτητη για να διατηρηθεί σε λειτουργικά επίπεδα ο οργανισμός, κυμαίνονται περίπου στα 20 mg d^{-1} ^{47,48}.

Η δημιουργία της καρνιτίνης από τον ίδιο τον οργανισμό δεν την καθιστά ως αναγκαίο καθημερινό συστατικό ως προς την πρόσληψη μέσω της διατροφής. Αποτέλεσμα του συγκεκριμένου στοιχείου είναι να μην υπάρχουν σαφείς συνιστώμενες καθημερινές ποσότητες. Η πρόσληψη καρνιτίνης μέσω διατροφής αποκτά αυξημένη σημασία στις

περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει η απαραίτητη υγεία ή ακολουθείται ένα χορτοφαγικό διατροφικό μοντέλο⁴⁸.

2.4. Φορσκολίνη (forskolin)

Η φορσκολίνη είναι ένα διτερπένιο της οικογένειας του λαβδανίου που παράγεται από το ινδικό φυτό *Coleus* (*Coleus forskohlii*). Η φορσκολίνη χρησιμοποιείται συχνά για να αυξηθούν τα επίπεδα του cAMP κατά τη μελέτη και την έρευνα της κυτταρικής φυσιολογίας. Τα αποτελέσματα της φορσκολίνης σε μελέτες της κυτταρικής φυσιολογίας έχουν περιγραφεί λεπτομερώς ήδη από τη δεκαετία του 1980 με παρατήρηση σε απομονωμένα κύτταρα καθώς και σε ακέραιο ιστό. Αν αυτός ο μηχανισμός είναι επίσης ενεργό *in vivo* στους ανθρώπους μετά από χορήγηση φορσκολίνης, θα μπορούσε να οδηγήσει σε ενεργοποίηση της ορμονικά ευαίσθητης λιπάσης και σε αύξηση της λιπόλυσης επιτρέποντας μεγαλύτερη οξείδωση του λίπους⁴⁹.



Σχήμα 2.4: Χημική δομή φορσκολίνης⁵⁰

Η φορσκολίνη είναι ένα μόριο που χρησιμοποιείται συνήθως για να αυξήσει τα ενδοκυτταρικά επίπεδα κυκλικής μονοφωσφορικής αδενοσίνης (cAMP) με άμεση ενεργοποίηση του ενζύμου της αδενυλικής κυκλάσης. Είναι σημαντικός φορέας είναι ορθής βιολογικής απόκρισης των κυττάρων, των ορμονών και άλλων εξωκυτταρικών σημάτων. Η φορσκολίνη συμβάλλει στην επικοινωνία των κυττάρων αυξάνοντας την ορμονική λειτουργία και ουσιαστικά κατευθύνοντας στην παραγωγή μεγαλύτερης ποσότητας ενζύμου το οποίο είναι γνωστό ως ευαίσθητη σε ορμόνες λιπάση⁴⁹. Λόγω των

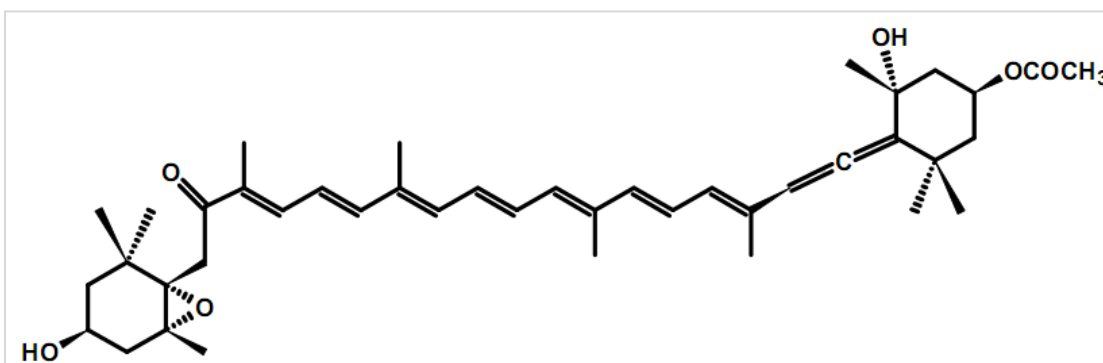
ιδιοτήτων της, η φορσκολίνη έχει χρησιμοποιηθεί στη θεραπεία αλλεργιών, καρδιαγγειακών παθήσεων, του άσθματος, της ατοπικής δερματίτιδας και της ψωρίασης. Επιπλέον, η καθαρή φορσκολίνη ή η φορσκολίνη με εκχύλισμα βιταμίνης C χρησιμοποιείται για την ενίσχυση της λιπόλυσης και σε επίπεδο μικροαγγειακής αιματικής ροής^{50,51,52}.

Έχει αποδειχθεί ότι η φορσκολίνη μπορούν να διεγείρει τη λιπόλυση λιπώδους ιστού σε αρουραίους. Υπάρχει μόνο μια μελέτη που διερεύνησε τις επιδράσεις της φορσκολίνης στη σύνθεση του οργανισμού και στο μεταβολικό ρυθμό. Στη μελέτη των Godard et al.⁵³ 30 ενήλικοι παχύσαρκοι άνδρες έλαβαν φορσκολίνη (250 mg ενός εκχυλίσματος φορσκολίνης 10%, 2 φορές ημερησίως) για 12 εβδομάδες. Οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η χορήγηση φορσκολίνης οδηγεί σε ευνοϊκές αλλαγές στη σύνθεση του σώματος. Η μείωση του σωματικού λίπους με τη χορήγηση φορσκολίνης έφθασε ακόμα και το 11,23% σε σύγκριση με μείωση της τάξης του 1,73% σε όσους έλαβαν εικονικό φάρμακο. Ωστόσο, δεν προέκυψαν σαφή στοιχεία διαφορών ως προς τις δαπάνες ενέργειας⁵³.

2.5. Φουκοξανθίνη (fucoxanthin)

Η αύξηση πρόσληψης λιπών, σακχάρων και θερμίδων στο καθημερινό διαιτολόγιο έχει οδηγήσει στην αύξηση ασθενειών η παχυσαρκία, ο διαβήτης, ο καρκίνος και άλλες χρόνιες παθήσεις. Για την πρόληψη και τη θεραπεία ασθενειών που σχετίζονται με τον τρόπο ζωής, δεν αρκεί να εφαρμοστεί μια αποκλειστικά φαρμακολογική θεραπεία αλλά απαιτείται και συνδυασμός της διατροφής⁵⁴. Ως εκ τούτου, οι ερευνητές αρχίζουν να βρίσκουν ασφαλή και αποτελεσματικό λειτουργικά συστατικά στα τρόφιμα για την πρόληψη και τη θεραπεία ασθενειών και αύξησης του σωματικού βάρους⁵⁵.

Ένα από αυτά τα λειτουργικά συστατικά είναι η φουκοξανθίνη. Η φουκοξανθίνη (fucoxanthin) είναι ένα καροτενοειδές που βρίσκεται σε βρώσιμα καφέ φύκια (*Undaria pinnatifida*). Η δομή της φουκοξανθίνης προσδιορίστηκε από τους Englert et al.⁵⁶ συμπεριλαμβανομένων αλλενικού δεσμού, έναν 5,6-μονοεποξειδίο και 9 συζευγμένους διπλούς δεσμούς⁵⁷. Ωστόσο, η μοναδική δομή και ασυμμετρία της fucoxanthin παρουσιάζει εξαιρετική αστάθεια καθώς επηρεάζεται εύκολα από τη θέρμανση και το φως^{58,59}.



Σχήμα 2.5: Χημική δομή φουκοξανθίνης⁵⁹

Μακροχρόνια μη ισορροπημένες δίαιτες μεταβάλλουν το μεταβολισμό των λιπιδίων και οδηγούν σε συσσώρευση σπλαχνικού λίπους, με αποτέλεσμα το υπερβολικό βάρος, την παχυσαρκία και σχετικές μεταβολικές διαταραχές όπως ο σακχαρώδης διαβήτης, η υπέρταση, η δυσλιπιδαιμία και καρδιαγγειακές νόσοι⁶⁰. Κατά συνέπεια, ένα κρίσιμο τελικό σημείο συνίσταται στην εξεύρεση αποτελεσματικών στρατηγικών για την πρόληψη της παχυσαρκίας. Με αυτή την έννοια, η φουκοξανθίνη μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο κατά της παχυσαρκίας μέσω διαφόρων μηχανισμών. Η φουκοξανθίνη μειώνει σημαντικά τις συγκεντρώσεις τριγλυκεριδίων (πλασματικών και ηπατικών) και επηρεάζει θετικά ένζυμα που ρυθμίζουν τη χοληστερόλη όπως 3 – υδροξυ – 3 – μεθυλ - γλουταρυλ συνενζύμου Α αναγωγάσης και ακυλο - συνένζυμο Α⁶⁰.

Η φουκοξανθίνη επηρεάζει την έκφραση του γονιδίου που σχετίζεται με το μεταβολισμό των λιπιδίων, όπως προέκυψε από έρευνες σε αρουραίους με μειωμένη έκφραση του mRNA της καρβοξυλάσης του ακέτυλο - CoA, ένα εξαρτώμενο ένζυμο που καταλύει την μη αντιστρεπτή καρβοξυλίωση της ακετυλο - CoA για να παραχθεί το μηλονυλο - συνένζυμο. Η λειτουργία του ACC είναι να αυξάνει το μεταβολισμού των λιπαρών οξέων όταν παράγεται το μηλονυλο - συνένζυμο. Αυτό αποτελεί ένα δομικό στοιχείο για την παραγωγή νέων λιπαρών οξέων και αναστέλλει τη μεταφορά της ακυλομάδας από ακυλο - CoA σε καρνιτίνη με καρνιτίνη - ακυλτρανσφεράσης, η οποία αναστέλλει την β - οξείδωση των λιπαρών οξέων στα μιτοχόνδρια. Η φουκοξανθίνη αυξάνει σημαντικά την έκφραση του mRNA της πρωτεΐνης κονβερτάσης συμπτωλίσινης/ κεξίνης τύπου 9 (PCSK9), η οποία ενισχύει την ενδοκυτταρική αποικοδόμηση της LDL - R σε λυσοσώματα⁶¹.

Η φουκοξανθίνη αυξάνει επίσης τα επίπεδα της γλυκόζης του ενζύμου της αφυδρογονάσης 6 - φωσφορικής (G6PDH), η οποία εντοπίζεται στη διαδρομή πεντόζης - φωσφορικής η οποία παρέχει ενέργεια στα κύτταρα με διατήρηση του επιπέδου

συνενζύμου νικοτιναμιδίου αδενίνης φωσφορικού δινουκλεοτιδίου (NADPH). Αυτό βοηθά στη διατήρηση κατάλληλων κυτταρικών ριπιδίων της γλουταθειόνης, προστατεύοντας από την οξειδωτική βλάβη. Επιπλέον, η φουκοξανθίνη επηρεάζει το υδροξύ - 3 - μεθυλγλουταρυλ - συνένζυμο Α (HMG-CoA), την ακυλο - CoA ακυλοτρανσφεράση χοληστερόλης (ACAT), καθώς και ρυθμιστικούς παράγοντες των επιπέδων στερόλης στο κύτταρο, ρυθμίζοντας τα γονίδια που σχετίζονται με το μεταβολισμό των λιπιδίων⁶².

Πρόσφατες μελέτες έδειξαν ότι η διαφοροποίηση των προ - λιποκυττάρων διαίρεται σε πρώιμα (0-2 ημέρες), ενδιάμεσα (2 - 4 ημέρες) και τελικού σταδίου στάδια (4^η ημέρα και μετά, D4). Η φουκοξανθίνη παρουσιάζει διαφορετικά αποτελέσματα επί των λιποκυττάρων κατά τη διάρκεια των τριών σταδίων διαφοροποίησης: κατά τα αρχικά στάδια προάγει τη διαφοροποίηση των λιποκυττάρων και αυξάνει την έκφραση της πρωτεΐνης του PPAKγ, αναστέλλει τη μεσοκυττάρια λιπιδική συσσώρευση με τη μείωση της έκφρασης του PPARγ, του C/EBPα, και του SREBP1c κατά την ενδιάμεση (D2-D4) και στα όψιμα στάδια⁶³. Τέλος, ο μεταβολίτης φουκοξανθόλη της φουκοξανθίνης, μειορρυθμίζει το PPAKγ και επειδυκνύει ισχυρότερα κατασταλτικά αποτελέσματα επί της διαφοροποίησης των λιποκυττάρων⁶⁴.

2.6. Πράσινο τσάι (green tea)

Το τσάι προέρχεται από τα φύλλα του φυτού *Camellia Sinensis* L το οποίο εντάσσεται στα είδη της οικογένειας Theaceae. Τα φύλλα υποβάλλονται σε επεξεργασία με το πράσινο και το μαύρο τσάι να διαφέρουν ως προς τη σύνθεση λόγω των διαφορών στη διαδικασία της ζύμωσης. Το πράσινο τσάι προέρχεται από την επεξεργασία μη οξειδωμένων και μη ζυμωμένων φύλλων⁹. Ως εκ τούτου, περιέχει υψηλές ποσότητες πολυφαινόλων και κατεχίνη που απουσιάζουν στο μαύρο τσάι. Οι πλέον άφθονες πολυφαινόλες κατεχίνης είναι η επικατεχίνη, η επιγαλλοκατεχίνη, η επικατεχίνη - 3 και η επιγαλλοκατεχίνη (EGCG). Τα φύλλα του μαύρου τσαγιού ποικίλλουν ως προς το βαθμό της ζύμωσης (10 - 70%) και αναφέρονται συχνά ως μερικώς οξειδωμένα, αλλά περιέχουν τις ίδιες κατεχίνες όπως το πράσινο τσάι. Στο μαύρο τσάι φύλλα εμπεριέχονται πολλές ενώσεις συμπεριλαμβανομένων πολυφαινόλων όπως οι θεαφλαβίνες και οι θεαρουβιγίνες, προϊόντα της πλήρους οξείδωσης των φλαβαν - 3 - ολών κατά τη διάρκεια της ζύμωσης. Η καφεΐνη εντοπίζεται σε όλα τα τσάγια, ανεξάρτητα από τη διαδικασία της ζύμωσης⁹.

Τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί το ενδιαφέρον από την πλευρά της επιστημονικής κοινότητα αναφορικά με τη δυνητική ικανότητα του μαύρου τσαγιού να διεγείρει την οξειδωση του λίπους. Οι κατεχίνες, πιο συγκεκριμένα της EGCG, πιστεύεται ότι διεγείρουν την οξειδωση του λίπους μέσω της άμεσης αναστολής της κατεχολ – Ο - μεθυλοτρανσφεράσης, ενός ενζύμου το οποίο αποδομεί την νορεπινεφρίνη⁶⁵. Αυτή η οξεία αύξηση της διέγερσης της SNS οδηγεί σε αυξημένες συγκεντρώσεις κατεχολαμινών, αυξάνοντας ενδεχομένως την κινητοποίηση των λιπαρών οξέων και την οξειδωση. Αν και αυτό είναι ο μηχανισμός κινητοποίησης των λιπαρών οξέων αναφέρεται συχνά, ωστόσο τα στοιχεία ακόμα χαρακτηρίζονται ως ελλιπή⁹.

Τα τελευταία χρόνια, τα οφέλη για την υγεία από την κατανάλωση πράσινου τσαγιού συμπεριλαμβανομένων της πρόληψης του καρκίνου, των καρδιαγγειακών ασθενειών, της αντιφλεγμονώδους και αντιοξειδωτικής δράσης, της μείωσης της χοληστερόλης και της συμβολής του στην απώλεια βάρους είναι υπό διερεύνηση. Οι θετικές επιδράσεις του πράσινου τσαγιού σε θέματα προαγωγής της υγείας κυρίως αποδίδονται στην περιεκτικότητά του σε πολυφαινόλες και ιδιαίτερα σε φλαβανόλες οι οποίες αντιπροσωπεύουν το 30% των φρέσκων φύλλων^{13,6566}.

Η χημική σύνθεση του πράσινου τσαγιού είναι αρκετά πολύπλοκη. Οι πρωτεΐνες αντιπροσωπεύουν το 15 - 20% επί του ξηρού βάρους, τα αμινοξέα το 1 - 4% (θεανίνη ή 5 – N - εθυλγλουταμίνη, γλουταμινικό οξύ, τρυπτοφάνη, γλυκίνη, σερίνη, ασπαρτικό οξύ, τυροσίνη, βαλίνη, λευκίνη, θρεονίνη, αργινίνη, και λυσίνη, οι υδατάνθρακες το 5 - 7% με χαρακτηριστικότερους την κυτταρίνη, τις πηκτίνες, τη γλυκόζη, τη φρουκτόζη και τη σακχαρόζη, τα μέταλλα και ιχνοστοιχεία σε ποσοστό 5% επί ξηρού βάρους όπως ασβέστιο, μαγνήσιο, χρώμιο, μαγγάνιο, σίδηρο, χαλκό, ψευδάργυρο, μολυβδαίνιο, σελήνιο, νάτριο, φώσφορο, κοβάλτιο, στρόντιο, νικέλιο, κάλιο και φθόριο και ίχνη από λιπίδια (λινολεϊκό και α - λινολενικό οξύ), στερόλες (στιγμαστερόλη), βιταμίνες (B, C, E), ξανθίνες (καφεΐνη, θεοφυλλίνη), χρωστικές (χλωροφύλλη, καροτενοειδή), και πτητικές ενώσεις (αλδεΐδες, αλκοόλες, εστέρες, λακτόνες, υδρογονάνθρακες)⁶⁶. Λόγω της μεγάλης σημασίας από την παρουσία πολυάριθμων σημαντικών συστατικών στο τσάι, πολλές μελέτες έχουν εστιάσει στο σαφή καθορισμό τους τόσο σε επίπεδο ξηρών φύλλων όσο και στα ροφήματα (Πίνακας 2.3)⁶⁷.

Πίνακας 2.3: Σύνθεση (%) πράσινου, μαύρου και εκχυλίσματος τσαγιού

Σύνθεση	Πράσινο τσάι	Μαύρο τσάι	Εκχύλισμα τσαγιού
Πρωτεΐνες	15	15	Ίχνη
Αμινοξέα	4	4	3,5
Φυτικές ίνες	26	26	0
Άλλοι υδατάνθρακες	7	7	4
Λιπίδια	7	7	Ίχνη
Χρωστικές	2	2	Ίχνη
Μέταλλα	5	5	4,5
Φαινολικές ενώσεις	30	5	4,5
Οξειδωμένες φαινολικές ενώσεις	0	25	4,5

Τα φρέσκα φύλλα περιέχουν, κατά μέσο όρο, 3-4% αλκαλοειδή γνωστή ως μεθυλοξανθίνες, όπως η καφεΐνη, η θεοβρωμίνη και η θεοφυλλίνη. Επιπλέον, υπάρχουν φαινολικά οξέα όπως το γαλλικό οξύ και χαρακτηριστικά αμινοξέα όπως η θεανίνη⁶⁷. Το πράσινο τσάι περιέχει πολυφαινόλες, οι οποίες περιλαμβάνουν φλαβανόλες, φλαβανδιόλες, φλαβονοειδή και φαινολικά οξέα. Αυτές οι ενώσεις μπορεί να ευθύνεται για έως και το 30% του ξηρού βάρους. Οι περισσότερες από τις πολυφαινόλες του πράσινου τσαγιού (GTPs) είναι οι φλαβονόλες, κοινώς γνωστές ως κατεχίνες. Τα προϊόντα που προέρχονται από το πράσινο τσάι είναι κυρίως εκχυλίσματα πράσινου τσαγιού σε υγρή ή υπό μορφή σκόνης που διαφέρουν στην αναλογία των πολυφαινολών (45 - 90%) και η περιεκτικότητα σε καφεΐνη (0,4 - 10%). Τα κύρια φλαβονοειδή του πράσινου τσαγιού είναι οι διάφορα κατεχίνες, οι οποίες βρίσκονται σε μεγαλύτερες ποσότητες στο πράσινο τσάι σε σχέση με το μαύρο⁶⁸.

Οι μέθοδοι παρασκευής του πράσινου τσαγιού επηρεάζουν τις κατεχίνες τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά. Η ποσότητα των κατεχινών επίσης ποικίλλει στα αρχικά φύλλα τσαγιού λόγω των διαφορών στην ποικιλία, την προέλευση και τις συνθήκες ανάπτυξης⁶⁹. Η προετοιμασία φρέσκου πράσινου τσαγιού δεν μπορεί να εξαγάγει τελείως τις κατεχίνες από τα φύλλα και ως εκ τούτου, η συγκέντρωση διαφέρει σε απόλυτες τιμές¹³.

Το πράσινο τσάι περιέχει δύο σημαντικά δραστικά συστατικά: κατεχίνη πολυφαινολών η οποία αναστέλλει τη δράση της κατεχολ - Ο - μεθυλ - τρανσφεράση (COMT), με αποτέλεσμα μια παρατεταμένη δράση των κατεχολαμινών και την καφεΐνη, η οποία αναστέλλει τη φωσφοδιεστεράση με επαγόμενη την αποικοδόμηση του ενδοκυτταρικού κυκλικού AMP. Ως εκ τούτου το πράσινο τσάι οδηγεί σε αυξημένη κυτταρική συγκέντρωση του cAMP, ενός κρίσιμου ενδοκυτταρικού παράγοντα για τη δράση των

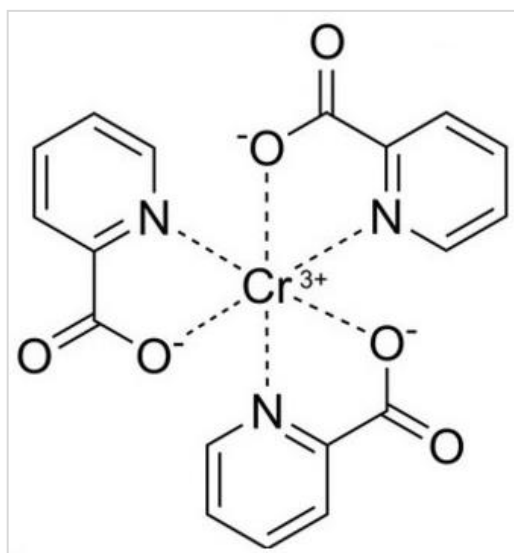
κατεχολαμινών στην θερμογένεση. Επιπλέον, οι κατεχολαμίνες στον εγκέφαλο διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στο αίσθημα κορεσμού. Οι κατεχίνες και η καφεΐνη είναι αποτελεσματικοί παράγοντες της θερμογένεσης και οξείδωση του λίπους, με αποτέλεσμα τη μείωση του σωματικού βάρους¹².

Το πράσινο τσάι είναι ιδιαίτερα πλούσιο σε φλαβονοειδή και αρκετές από αυτές τις πολυφαινόλες, ειδικά η υποκατηγορία των φλαβονοειδών γνωστά ως κατεχίνες, έχει αποδειχθεί *in vitro* ότι αναστέλλει το COMT, ένζυμο που υποβαθμίζει τη νορεπινεφρίνη⁷⁰. Δεδομένου του σημαντικού ρόλου του στον έλεγχο της θερμογένεσης και την οξείδωση του λίπους, είναι σαφές ότι οι κατεχίνες, με αναστολή του COMT οδηγούν σε αυξημένη ή παρατεταμένη επίδραση της νορεπινεφρίνης στη θερμογένεση και το μεταβολισμό του λίπους ή και των δύο. Η λιπολυτική δράση του πράσινου τσαγιού έχει αναφερθεί σε μελέτες *in vitro* οι οποίες σημειώνουν ότι το εκχύλισμα πράσινου τσαγιού (πλούσιο σε κατεχίνες και σε μικρότερο βαθμό σε καφεΐνη) αποτελεί ισχυρό λιπολυτικό παράγοντα. Η θερμογόνο δράση ενισχύεται από την αύξηση της απελευθέρωσης νορεπινεφρίνης από τις συμπαθητικές νευρικές απολήξεις με τη χρήση της εφεδρίνης^{70,71,72}.

Επίσης, άλλα φλαβονοειδή στο πράσινο τσάι όπως η κερκετίνη και η μυρικετίνη, οι οποίες έχουν επίσης αποδειχθεί ότι αναστέλλουν το COMT *in vitro* ωστόσο, υπάρχουν σε ελάχιστες ποσότητες στο πράσινο τσάι. Αντίθετα, οι κατεχίνες δεν εμπεριέχονται σε μεγάλες ποσότητες στο πράσινο τσάι, αλλά απορροφούνται και καλύτερα από τα φλαβονοειδή¹². Οι κατεχίνες του πράσινου τσαγιού όπως προαναφέρθηκε επηρεάζουν τις μεταβολικές και θερμογενετικές δραστηριότητες σε σύντομο χρονικό διάστημα, μέσω αναστολή της κατεχίνης - Ο - μεθυλ τρανσφεράσης (COMT, την ενίσχυση των κατεχολαμινών, του cAMP και συνολικότερα τη λιπολυτική δράση. Μπορούν επίσης να ενεργοποιήσουν ενδοθηλιακά τη συνθετάση του νιτρικού οξειδίου, που οδηγεί σε ήπια μείωση στην πίεση του αίματος^{70,71,72,73}.

2.7. Χρώμιο (chromium)

Το χρώμιο είναι ιδιαίτερα σημαντικό στο μεταβολισμό των λιπών και των υδατανθράκων. Το χρώμιο της διατροφής, με τη μορφή εκείνη που χρειάζεται το ανθρώπινο σώμα, έχει την τρισθενή μορφή Cr^{3+} ή Cr (III) ⁷⁴. Μέσω της διέγερσης του λιπαρού οξέος και τη σύνθεση της χοληστερόλης συμβάλλει καθοριστικά στη λειτουργία του εγκεφάλου και σε άλλες διεργασίες του σώματος ενώ ταυτόχρονα στη δράση της ινσουλίνης και του μεταβολισμού της γλυκόζης. Το χρώμιο εμπλέκεται στην ενίσχυση της δράσης της ινσουλίνης *in vivo* και *in vitro* ενώ σε αρκετές μελέτες έχουν εντοπιστεί ευεργετικές επιδράσεις επί της γλυκόζης, της ινσουλίνης και των λιπιδίων σε ανθρώπους, χωρίς ωστόσο τα στοιχεία να είναι πάντοτε θετικά⁷⁴.



Σχήμα 2.6: Χημική δομή πικονιλικού χρωμίου⁷⁵

Στον άνθρωπο, το χρώμιο συσσωρεύεται στο ήπαρ, το σπλήνα, στους μαλακούς ιστούς και τα οστά. Τα δεδομένα από μελέτες μεταβολικής ισορροπίας και ουρικής απέκκρισης δείχνουν ότι μόνο το 0,4 - 2,5% του χρωμίου απορροφάται με το πραγματικό ποσοστό να καθορίζεται από το περιβάλλον του γαστρεντερικού σωλήνα και τα στοιχεία των τροφών. Η βιταμίνη C φαίνεται να αυξάνει την απορρόφηση χρωμίου ενώ πειράματα σε ζώα έχουν δείξει ότι τα υψηλά επίπεδα φυτικών στοιχείων μπορεί να μειώσει την απορρόφηση, αν και χαμηλότερα επίπεδα δεν φαίνεται να έχουν καμία επίδραση⁹.

Τα τελευταία χρόνια έχουν προκύψει σημαντικά στοιχεία αναφορικά με τον ενεργό ρόλο του χρωμίου (chromium) ως στοιχείο αύξησης της μυϊκής μάζας και καύσης τους

λίπους στην προσπάθεια απώλεια βάρους. Το χρώμιο είναι ένα ιχνοστοιχείο το οποίο εντοπίζεται σε τροφές όπως το τυρί, η μπύρα, τα μανιτάρια, στο φύτρο του σταριού και αποτελεί απαραίτητο θρεπτικό συστατικό. Λόγω της ανεπαρκών και ασαφών μεθόδων αξιολόγησης αναφορικά με το χρώμιο, υπάρχουν δυσκολίες στον προσδιορισμό της σαφούς συνιστώμενης ημερήσιας πρόσληψης χρωμίου. Σύμφωνα με εκτιμήσεις, μια ικανοποιητική ποσότητα ορίζεται στα 20-30 mg σε ημερήσια βάση⁷⁴.

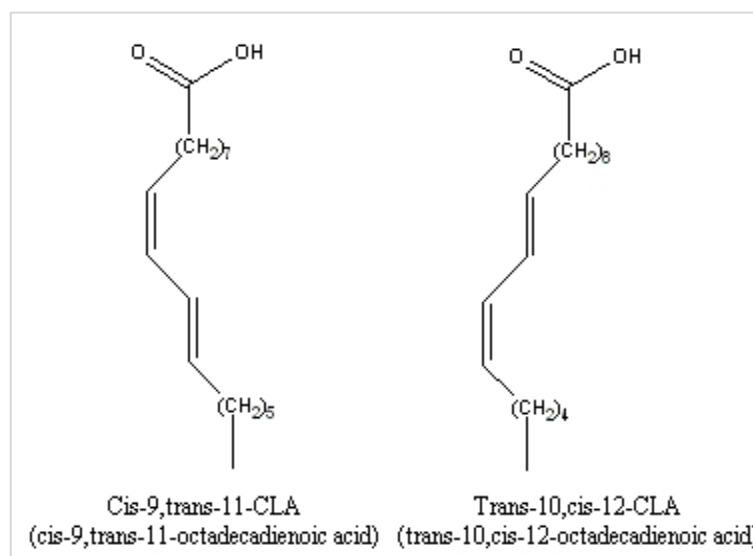
Το χρώμιο είναι διαθέσιμο κυρίως κατά κύριο λόγο υπό μορφή πικολινικού χρωμίου, αν και υπάρχουν σκευάσματα νικοτινικού και χλωριούχου χρωμίου. Το πικολινικό οξύ είναι μια οργανική ένωση που δεσμεύει χρώμιο και πιστεύεται ότι ενισχύει την απορρόφησή του. Ο Evans⁷⁶ ήταν ο πρώτος που ανέφερε ότι η πρόσληψη χρωμίου συμβάλλει στη μείωση του λιπώδους ιστού κατά την άσκηση των ανθρώπων. Στη συγκεκριμένη μελέτη τα στοιχεία προέκυψαν από τη συμμετοχή απροπόνητων φοιτητών και προπονημένων αθλητών ποδοσφαίρου οι οποίοι έλαβαν 200 mg πικολινικού χρωμίου ή εικονικό φάρμακο κάθε μέρα για διάστημα 40 - 42 ημέρες ενώ βρίσκονταν πρόγραμμα κατάρτισης αντοχής. Τα άτομα που έλαβαν σκευάσματα χρωμίου απέκτησαν σώμα με σαφώς λιγότερο λίπος σε σύγκριση με την ομάδα του εικονικού φαρμάκου⁷⁶.

Μεταγενέστερες μελέτες^{77,78} δεν επιβεβαίωσαν τα αποτελέσματα του Evans. Στις συγκεκριμένες ελεγχόμενες μελέτες που χρησιμοποιήθηκαν πιο εξελιγμένες τεχνικές για τη μέτρηση της σωματικής σύνθεσης, δεν βρέθηκαν επιδράσεις σε επίπεδο άλιπης μάζας. Στη μελέτη των Lukashi et al.⁷⁷ προέκυψε ότι υπό συνθήκες ελεγχόμενης πρόσληψης ενέργειας, το χρώμιο ως συμπλήρωμα στις ενήλικες γυναίκες δεν επέδρασε σημαντικά στην απώλεια βάρους ή στη σύνθεση του σώματος. Από τα στοιχεία της έρευνάς τους προέκυψε ότι η πρόσληψη 200 mg χρωμίου δεν προάγει σημαντικά την απώλεια βάρους ούτε μεταβάλλει σημαντικά την απώλεια βάρους. Τα στοιχεία της πλειονότητας των μελετών δείχνουν ότι τα σκευάσματα χρωμίου δεν είναι αποτελεσματικά στην αύξηση της μυϊκής μάζας του σώματος ενώ με βάση εργαστηριακές μελέτες, το πικολινικό χρώμιο στα κύτταρα θεωρήθηκε ως υπεύθυνο χρωμοσωμικών βλαβών⁹.

2.8. Λινολεϊκό οξύ (linoleic acids, CLA)

Το συζευγμένο λινολεϊκό οξύ (CLA) είναι ένα μίγμα ισομερούς λινελαϊκού οξέος με συζευγμένους διπλούς δεσμούς. Το CLA μπορεί να δράσει ως παράγοντας κατά της παχυσαρκίας μέσω της ικανότητάς του να μειώνει την ενέργεια και την πρόσληψη τροφής, να μειώνει τη λιπογένεση και να αυξάνει την ενεργειακή δαπάνη, λιπόλυση και οξείδωση του λίπους¹⁵.

Το συζευγμένο λινολεϊκό οξύ εντοπίστηκε για πρώτη φορά όταν κομμάτια από τηγανισμένο βόειο κρέας βρέθηκαν να είναι αντικαρκινικά⁷⁹. Αυτό το αποτέλεσμα επιβεβαιώθηκε σε ζωικά και in vitro μοντέλα με μεταγενέστερες μελέτες σε ζώα να αναδεικνύουν τις ευεργετικές επιδράσεις του σε θέματα προστασίας από αρτηριοσκλήρωση, ανοσολογική διέγερση και εξομάλυνσης διαταραχών της γλυκόζης. Πολυάριθμες μελέτες σε ποντικούς, κουνέλια, και χοίρους έδειξαν ότι η συμπλήρωση CLA προκαλεί αλλαγές στη σύνθεση του σώματος, όπως μείωση του σωματικού λίπους (BFM) και αύξηση της άλιπης μάζας σώματος (LBM)^{80,81,82}.



Σχήμα 2.7: Χημική δομή των 2 ισομερών του συζευγμένου λινελαϊκού οξέος (CLA)⁸²

Το συζευγμένο λινολεϊκό οξύ (CLA) αποτελεί λιπαρό οξύ που εντοπίζεται ως φυσικό συστατικό σε τρόφιμα όπως τα γαλακτοκομικά και το μοσχάρι. Σχετικά με τη δράση του στην προσπάθεια απώλειας βάρους, θεωρείται ότι προάγει την απόπτωση των λιποκυττάρων. Τα πρόσφατα βιβλιογραφικά δεδομένα αναφορικά με το CLA θεωρούν ότι

είναι ασφαλές και έχει ελάχιστες ανεπιθύμητες ενέργειες στον άνθρωπο⁸³. Σε σχέση με την απώλεια βάρους, το CLA θεωρείται, όπως προαναφέρθηκε, πως δρα μέσω της προώθησης της απώπτωσης στον λιπώδη ιστό. Οι μελέτες σε ζώα κατέδειξαν την ενεργή συμμετοχή του στην απώλεια βάρους τις έρευνες να στρέφονται πλέον στον άνθρωπο⁸³.

Μελέτες έχουν αποδείξει ότι τα ισομερή t11 και c12 επιδρούν διαφορετικά από τα c9 και t10 καθώς αυξάνουν σημαντικά τη λιπόλυση στα ανθρώπινα λιποκύτταρα μειώνοντας και τη σύνθεσης των λιπαρών οξέων. Αυτό θα μπορούσε να εξηγήσει, εν μέρει, τους πιθανούς μηχανισμούς δράσης του CLA σχετικά με τη λιποδιάλυση. Αν και διάφορες μελέτες αναφορικά με τη λιπολυτική δράση του CLA έγιναν *in vitro*, η λιπολυτική δράση του CLA μελετήθηκε με βάση τον έλεγχο της έκφρασης των γονιδίων που εμπλέκονται στην διαφοροποίηση των προ - λιποκυττάρων σε ώριμα λιποκύτταρα, με άλλα λόγια η έκφραση αυτών των γονιδίων ως αποτέλεσμα της μειωμένης λιπογένεσης^{84,85}.

Οι υποδοχείς που ενεργοποιούνται από τον πολλαπλασιαστή του περοξυσώματος είναι παράγοντες που διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο στην αποθήκευση και τον καταβολισμό των λιπαρών οξέων (FA). Είναι μέρος μιας κατηγορίας πυρηνικών υποδοχέων που ανήκουν στην οικογένεια των πυρηνικών υποδοχέων των στεροειδών, ρητινοειδών και θυρεοειδών. Έχουν εντοπιστεί τρεις ισομορφές του πυρηνικού υποδοχέα: PPARα, PPARβ και PPARγ. Οι PPARα και β εμπλέκονται στο μεταβολισμό των λιπιδίων και ιδιαίτερα των πρωτεϊνών που σχετίζονται με την οξείδωση FA ενώ ο PPARγ εμπλέκεται στη διαφοροποίηση των λιποκυττάρων⁸⁶.

Οι επιδράσεις του CLA στο μεταβολισμό των λιπιδίων και της γλυκόζης για τη σύνθεση του σώματος προκαλείται από την ενεργοποίηση ή αναστολή των PPARs, ιδιαίτερα του PPARγ. Η αναστολή του PPARγ με CLA (ισομερή 10 - trans, 12 - cis) οδηγεί στη μείωση του σωματικού λίπους με διαμόρφωση της γονιδιακής έκφρασης, υπό την έννοια ότι αναστέλλει την διαφοροποίηση των κυττάρων και μεταβάλλει τη δραστηριότητα των πρωτεϊνών που εμπλέκονται στην λιπογένεση και τη λιπόλυση. Τα στοιχεία δείχνουν ότι η ενεργοποίηση του PPARγ μπορεί να μειώσει την πρόοδο της αθηροσκλήρωσης και αυξάνει την ευαισθησία στην ινσουλίνη και μπορεί να συμβάλλει στη θεραπεία διαφόρων ασθενειών, συμπεριλαμβανομένων του σακχαρώδους διαβήτη τύπου 2 και τη δυσλιπιδαιμία⁸⁷.

Στα λιποκύτταρα, ο PPARγ ρυθμίζει την έκφραση των γονιδίων που εμπλέκονται στο μεταβολισμό των λιπιδίων, περιλαμβανομένων των ακυλο CoA - συνθετάση και

λιποπρωτεϊνικής λιπάσης (LPL). Η μείωση του σωματικού λίπους δεν επιτυγχάνεται λόγω της μείωσης του αριθμού των λιποκυττάρων αλλά κυρίως από τη μείωση του μεγέθους τους. Λαμβάνοντας υπόψη ότι το μέγεθος των λιποκυττάρων συνδέεται άμεσα με την περιεκτικότητα των τριγλυκεριδίων στο εσωτερικό των κυττάρων, η αυξημένη β - οξείδωση των λιπαρών οξέων από το CLA είναι υπεύθυνη για τη μείωση της σύνθεσης της τριακυλογλυκερόλης ενώ ταυτόχρονα μειώνει το μέγεθός τους⁸⁸. Το λιπαρό οξύ μεταφέρεται στα μιτοχόνδρια από το σύμπλεγμα καρνιτίνης – παλμιτοϋλ - τρανσφεράσης (CPT). Τα λιπαρά οξέα που ενεργοποιούνται από το ένζυμο συνθετάσης ακυλο - CoA σχηματίζουν ένα ενεργοποιημένο σύμπλεγμα (λιπαρά ακυλο - CoA) με το ένζυμο καρνιτίνης – παλμιτοϋλ - τρανσφεράσης (CPT-1). Αυτό το σύμπλεγμα διαπερνά την μιτοχονδριακή μεμβράνη και φτάνει στο ενδομεμβράνιο χώρο. Το ακυλο - CoA αναγεννιέται με την απελευθέρωση της καρνιτίνης στην αντίδραση CPT-2. Μόλις φτάσει στο εσωτερικού του μιτοχονδρίου, το λιπαρό οξύ μακράς αλύσου (LCFA) οξειδώνεται για να παράγει τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP), μέσω της β - οξείδωσης των λιπαρών οξέων. Η συμπλήρωση CLA αυξάνει τη συγκέντρωση και τη δραστηριότητα της CPT – 1 οδηγώντας συλλογικά σε αυξημένη λιπόλυση, μείωση της δραστηριότητας της λιπάσης των λιποπρωτεϊνών¹⁶⁹. Ταυτόχρονα, με αύξηση της δραστηριότητας της καρνιτίνη – παλμιτοϋλ – τρανσφεράσης - 1 (CAT-1), μειώνεται η συσσώρευση των λιπαρών οξέων στο λιπώδη και μυϊκό ιστό. Ωστόσο, η λιπολυτική δράση του CLA που διεγείρει τη λιπόλυση μόνο με την αύξηση CPT-1, περιορίζεται στις περιπτώσεις στις οποίες η β - οξείδωση είναι πιο αποτελεσματική από τη μεταφορά των του συμπλέγματος της ακυλο - CoA στο μιτοχόνδριο. Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατό και λογικό να θεωρείται ότι τα σκευάσματα CLA (αύξηση CPT-1, συγκέντρωση και ενεργοποίηση) έχουν μόνο δυνητική επίδραση στα σωματικά δραστήρια άτομα, ιδιαίτερα για εκείνους των οποίων η β - οξείδωση είναι πιο αποτελεσματική⁸⁹.

Το CLA διατίθεται στην αγορά είτε ως τριακυλογλυκερόλη ή ως ελεύθερο λιπαρό οξύ. Οι μελέτες καταδεικνύουν τη συμβολή του ως ένα σημείο στην απώλεια βάρους με πιο συχνή ανεπιθύμητη παρενέργεια τα γαστρεντερικά. Συνολικά, φαίνεται ότι το CLA συμβάλλει στη μείωση της BFM και της κοιλιακής περιμέτρου σε ασθενείς, αλλά έχει ελάχιστη επίδραση στο BMI ή το σωματικό βάρος. Επιπλέον, το CLA μπορεί να είναι ευεργετικό βοηθώντας να διατηρηθούν οι αλλαγές στη σύνθεση του σώματος, όπως η μείωση των BFM⁸³.

2.9. Ταυρίνη (taurine)

Η ταυρίνη 2 - αμινοαιθανοσουλφονικό οξύ αποτελεί θειούχο αμινοξύ που συντίθεται σε μικρό ποσοστό στον ανθρώπινο οργανισμό από τα αμινοξέα L - κυστεΐνη και L - μεθειονίνη. Αποτελεί βασικό συστατικό στοιχείο της χολής αντιπροσωπεύοντας το 0,1% του ανθρώπινου οργανισμού. Μεταξύ των βιολογικών της ρόλων περιλαμβάνονται η σύζευξη των χολικών οξέων, η αντιοξειδωτική της δράση, η συμβολή της στην καρδιαγγειακή λειτουργία, στη λειτουργία του κεντρικού συστήματος. Η ταυρίνη εντάσσεται στα αμινοξέα με τη χημική έννοια και όχι με βάση τη βιοχημική^{90,91}.

Η επίδραση της ταυρίνης στη λιπόλυση εστιάζει κυρίως στα κύτταρα WAT που ρυθμίζονται κυρίως από την ισορροπία μεταξύ του β – αδρενοϋποδοχέα (B-AR) και τις δράσεις της ινσουλίνης. Οι β - AR ενεργοποιούν τη λιπόλυση μέσω της ενίσχυσης της cAMP - εξαρτώμενης πρωτεϊνικής κινάσης A (PKA). Η ινσουλίνη μειώνει τη λιπόλυση και ενεργοποιεί τη λιπογένεση με δύο συμπληρωματικούς μηχανισμούς: τη φωσφορυλίωση την ενεργοποίηση του υποδοχέα ινσουλίνης και διάφορες κινάσες και φωσφατάσες για την τόνωση της λιπογένεσης, και τον περιορισμό της ενεργοποίησης PKA από την cAMP. Η ταυρίνη διεγείρει το β – αδρενοϋποδοχέα εμποδίζοντας τη δράση της ινσουλίνης στη λιπογένεση^{90,92}.

Οι ευεργετικές επιδράσεις της ταυρίνης αναφορικά με την παχυσαρκία και τη συσσώρευση λιπιδίων είναι ένα θέμα συνεχούς ενδιαφέροντος⁹³. Στοιχεία ερευνών καταδεικνύουν ότι σκευάσματα ταυρίνης μειώνουν τη συσσώρευση λιπιδίων, το σωματικό βάρος και τη λιπώδη μάζα σε γενετικά παχύσαρκα ποντίκια⁹⁴. Η συσσώρευση κοιλιακού λίπους, η υπεργλυκαιμία, η αντίσταση στην ινσουλίνη στον ορό και το ήπαρ και η συγκέντρωση τριγλυκεριδίων (TAG) ήταν σημαντικά χαμηλότερες σε ομάδα ποντικών με διαβήτη τύπου. Η ταυρίνη συμβάλλει στη μειωμένη μεταγευματική οξείδωση της γλυκόζης, στην αύξηση της μυϊκής περιεκτικότητας σε γλυκογόνο ενώ μειώνεται η υπερβολική παρουσία TAG στην επιδιδυμίδα⁹⁵.

2.10. Καψαϊκίνη (capsaicin)

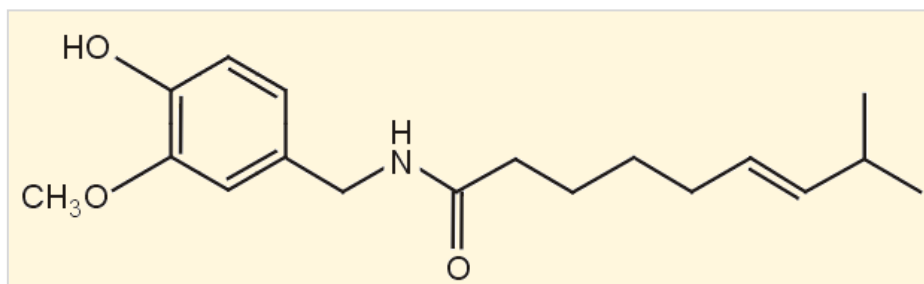
Η ένωση της καψαϊκίνης (capsaicin) αποτελεί δραστική ουσία της ξερής κόκκινης πιπεριάς και εντάσσεται στο γένος *Capsicum*. Η καψαϊκίνη ακολουθεί μια σειρά ενώσεων ανάλογης δομής και ιδιοτήτων οι οποίες ονομάζονται καψαϊκινοειδή (capsaicinoids) και υπάγονται στις βανιλλοειδείς (vanilloids) ενώσεις με βάση την βανιλυνο – ομάδα (4 – υδροξυ – 3 – μεθοξυβενζυλική ομάδα) που εντοπίζεται σε όλα τα καψαϊκινοειδή. Η σχετικά απλή δομή των καψαϊκινοειδών επιτρέπει τη σύνθεσή τους σε μεγάλη κλίμακα⁹⁶.

Η καψαϊκίνη (capsaicin) αποτελεί σημαντικό στοιχείο αύξησης της ενεργειακής δαπάνης και κατ' επέκταση της μείωσης του σωματικού λίπους. Ωστόσο, εξαιτίας της ισχυρής πικάντικης γεύσης της, δεν μπορεί να καταναλωθεί σε μεγάλες ποσότητες. Η καψαϊκίνη, έχει αποδειχθεί ως ισχυρό στοιχείο αύξησης της ενεργειακής δαπάνης και οξείδωσης του λίπους στα ζώα (ποντίκια) ενώ μετα - αναλύσεις σε ανθρώπους επιβεβαίωσε επίσης σημαντικές επιδράσεις των καψαϊκινοειδών στην ενεργειακή ισορροπία⁹⁶.

Η κατανάλωση τροφών που περιέχουν καψαϊκίνη μπορεί να οδηγήσει σε μια προσωρινή αύξηση του μεταβολισμού φθάνοντας ακόμη και το 25% διατηρώντας τον σε υψηλά επίπεδα για διάστημα 3 ωρών. Η καψαϊκίνη ενισχύει την καύση του λίπους από τον ανθρώπινο οργανισμό συμβάλλοντας στη διαχείριση παθήσεων όπως η παχυσαρκία. Ο σακχαρώδης διαβήτης, η υπέρταση, τα καρδιαγγειακά νοσήματα κλπ.⁹⁷ Η καψαϊκίνη προκαλώντας αντίδραση στην πρωτεΐνη TRPV1 συμβάλλει στην οξείδωση των λιπών και την πρόληψη της παχυσαρκίας. Η ένταξη της καψαϊκίνης στη διατροφή σε μια προσπάθεια καύσης του λίπους έχει ευεργετικά αποτελέσματα αυξάνοντας τη μεταβολική δραστηριότητα και τη δαπάνη ενέργειας. Η καψαϊκίνη προκαλεί θερμογένεση και κατανάλωση ενέργειας διαμέσου της ενεργοποίησης υποδοχέων στα λιποκύτταρα^{97,98}.

Η πρόσληψη καψαϊκίνης μπορεί να ρυθμίσει τα επίπεδα όρεξης ιδιαίτερα όταν συνδυάζεται με άλλους λιποδιαλύτες όπως το πράσινο τσάι οδηγώντας σε αίσθημα κορεσμού. Η καψαϊκίνη μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της γκρελίνης μιας ορμόνης που ενισχύει το αίσθημα της πείνας ενώ αυξάνει τα επίπεδα θερμογένεσης στην προσπάθεια καύσης θερμίδων. Σε ορισμένες έρευνες έχει αποδειχθεί ότι η καψαϊκίνη μπορεί να βοηθήσει στην καταπολέμηση της συσσώρευσης του λίπους στο σώμα σώματος. Με δοκιμές σε αρουραίους που τρέφονταν με δίαιτα υψηλή σε λιπαρά, οι Joo et al.⁹⁹ διαπίστωσαν ότι με χορήγηση καψαϊκίνης προέκυψε απώλεια βάρους κατά 8%. Επιπλέον,

η καψαϊκίνη ενεργοποίησε αλλαγές σε τουλάχιστον 20 πρωτεΐνες που εμπλέκονται στην διάσπαση των λιπών.



Σχήμα 2.8: Χημικός τύπος καψαϊκίνης¹⁰⁰

Η καψαϊκίνη συνδέεται άμεσα με τον υποδοχέα TRPV1 ενώ μεταβολίζεται από διάφορα ένζυμα κυτοχρώματος. Παράγωγα της καψαϊκίνης συμπεριλαμβανομένων της βανιλλυλαμίνης, βανιλίνης, βανιλλυλο αλκοόλης και βανιλλικού οξέος δημιουργούνται τόσο ελεύθερα όσο και σε γλυκουρονιδιακές μορφές. Ωστόσο, η δραστηριότητα αυτών των παραγώγων είναι προς το παρόν άγνωστη. Η λευκωματίνη μεταφέρει καψαϊκίνη στην επινεφρίδια όπου διεγείρει την απελευθέρωση των κατεχολαμινών με τις επιδράσεις της να εξαρτώνται από τη διέγερση των β – αδρενεργικών. Τα ευρήματα μελετών σε ζώα δείχνουν ότι η απελευθέρωση κατεχολαμινών ενισχύει τη λιπόλυση στα λιποκύτταρα και τη γλυκογονόλυση⁹⁶. Οι διαφορές στην αντίληψη οξύτητας της καψαϊκίνης σχετίζονται με την θέση ενεργοποίησης του TRPV1. Η καψαϊκίνη ενεργοποιεί τους υποδοχείς TRPV1 σε νευρώνες που βρίσκονται στην γλώσσα, οδηγώντας σε παρόμοιες αλλαγές στο συμπαθητικό νευρικό σύστημα (SNS)⁹⁶.

Η λιπολυτική δράση της καψαϊκίνης έχει επιστημονικά τεκμηριωθεί από μελέτες σε ποντίκια. Η ενδοπεριτοναϊκή ή ενδογαστρική χορήγηση καψαϊκίνης μέσα σε λίγες ώρες αυξάνει την ενεργειακή δαπάνη, ενεργοποιεί το αδενосуμπαθητικό νευρικό σύστημα και τη θερμοκρασίας BAT. Οι συγκεκριμένες επιδράσεις οφείλονται σε μεγάλο βαθμό από τον αποκλεισμό των β – αδρενεργικών ή από την έλλειψη TRPV1. Η χορήγηση καψαϊκίνης αναφέρεται ότι επίσης αποσυνθέτει την πρωτεΐνη 1 (UCP1), βασικό στοιχείο της θερμογένεση BAT⁹⁷.

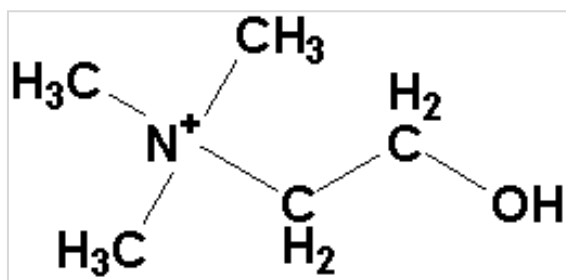
2.11. Χολίνη (choline)

Η χολίνη (choline) αναγνωρίστηκε επίσημα ως απαραίτητο θρεπτικό συστατικό από το Ινστιτούτο Ιατρικής το 1998¹⁰¹. Ο ρόλος της χολίνης στο σώμα είναι περίπλοκος. Είναι απαραίτητη για τη σύνθεση των νευροδιαβιβαστών (ακετυλοχολίνη), στη σηματοδότηση της κυτταρικής μεμβράνης (φωσφολιπίδια), στη μεταφορά λιπιδίων (λιποπρωτεΐνες) και στο μεταβολισμό της μεθυλ - ομάδας (μείωση ομοκυστεΐνης)¹⁰². Είναι η κύρια διατροφική πηγή μεθυλίου μέσω της σύνθεσης της S - αδενосуλμεθειονίνης. Διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στον εγκέφαλο και στην ανάπτυξη της μνήμης στο έμβρυο και φαίνεται να μειώνει τον κίνδυνο ανάπτυξης νευρωνικών ανωμαλιών¹⁰³.

Η σημασία της χολίνης στη διατροφή εκτείνεται μέχρι την ενηλικίωση και το γήρας. Σε μια μελέτη σε υγιείς ενήλικα άτομα που δεν έλαβαν διατροφικά χολίνη, το 77% των ανδρών και το 80% των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών ανέπτυξαν συμπτώματα δυσλειτουργίας υποκλινικών οργάνων (λιπώδες ήπαρ ή μυϊκή βλάβη). Περίπου το 50% των προεμμηνοπαυσιακών γυναικών ανέπτυξαν τέτοια συμπτώματα¹⁰⁵. Σε μελέτη επί ενήλικων ατόμων που παρατηρήθηκε λιπώδες ήπαρ, μυϊκή βλάβη ή και τα δύο, η πρόσληψη χολίνης βοήθησε στην αντιμετώπιση του προβλήματος. Η προσδοκώμενη διαιτητική πρόσληψη χολίνης σύμφωνα με το Ινστιτούτο Ιατρικής, Τροφίμων και Διατροφής (Institute of Medicine, Food and Nutrition Board) έχει οριστεί στα 425 mg/ημέρα για τις γυναίκες ηλικίας άνω των 19 ετών και άνω και στα 550 mg/ημέρα για τους άνδρες ίδιων ηλικιών^{101,105}.

Η χολίνη μπορεί να αποκτηθεί από τη διατροφή και μέσω βιοσύνθεσης de novo και συγκεκριμένα μέσω μεθυλίωσης της φωσφατιδυλαιθανολαμίνης προς φωσφατιδυλοχολίνη. Ωστόσο, η βιοσύνθεση de novo μεμονωμένα δεν επαρκεί για την κάλυψη των ανθρωπίνων αναγκών¹⁰¹. Διαιτητικά η χολίνη απορροφάται από το έντερο μέσω των τροφίμων. Οι ανάγκες πρόσληψης χολίνης καθορίζονται από την αλληλεπίδραση με άλλες πηγές μεθυλίου. Η χολίνη, η μεθειονίνη, και ο μεταβολισμός του φολικού οξέος αλληλεπιδρούν στο σημείο όπου η ομοκυστεΐνη μετατρέπεται σε μεθειονίνη. Σε υγιείς ανθρώπους που καταναλώνουν επαρκή ποσότητα φυλλικού οξέος και μεθειονίνη, η ανεπαρκής πρόσληψη χολίνης μπορεί να οδηγήσει σε λιπώδες ήπαρ ή μυϊκή ζημιά. Λόγω του ευρύ ρόλου της χολίνης στον ανθρώπινο μεταβολισμό, η ανεπάρκεια χολίνης θεωρείται ότι σχετίζεται με ασθένειες, όπως η μη αλκοολική λιπώδης νόσος του ήπατος, η αρτηριοσκλήρυνση και νευρολογικές διαταραχές. Η χολίνη είναι ισχυρός

λιποτροπικός παράγοντας συμβάλλοντας στην πρόληψη της συσσώρευσης των λιπών στο ήπαρ^{106,107}.



Σχήμα 2.9: Χημικός τύπος χολίνης¹⁰⁸

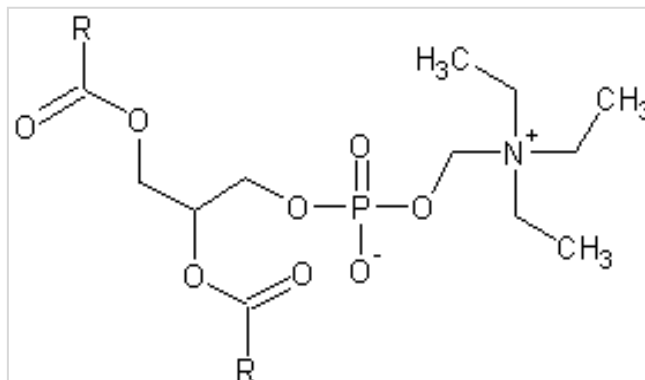
2.12. Λεκιθίνη (lecithin)

Η λεκιθίνη (lecithin), γνωστή και ως φωσφατιδυλοχολίνη, είναι ένα φυσικό μίγμα διγλυκεριδίων στεατικού, παλμιτικού, λινολεϊκού και ελαϊκού οξέος που συνδέεται με τον εστέρα της χολίνης του φωσφορικού οξέος. Κατατάσσεται στα φωσφολιπίδια και αποτελεί μια από τις πιο πλούσιες πηγές βασικών σημαντικών θρεπτικών συστατικών όπως η χολίνη και η ινοσιτόλη. Τα συγκεκριμένα θρεπτικά συστατικά είναι λιποτροπικοί παράγοντες που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στον μεταβολισμό του λίπους στο ήπαρ και στη γαλακτοματοποίηση των λιπών του οργανισμού¹⁰⁹.

Η λεκιθίνη χρησιμοποιείται ως συμπλήρωμα διατροφής για προστασία της οξείδωσης των κυττάρων, πρόληψη της καρδιαγγειακής νόσου και καύσης των λιπών. Τα συστατικά στοιχεία της λεκιθίνης, όπως το ελαϊκό, το παλμιτικό και το λινολεϊκό οξύ, ενεργοποιούν τον πολλαπλασιαστή περοξυσώματος υποδοχέα Α (PPARγ). Ο PPARγ διαδραματίζει βασικό ρόλο στην ρύθμιση της διαφοροποίησης των λιποκυττάρων. Μελέτες δείχνουν ότι ο PPARγ είναι ο κύριος ρυθμιστής του σχηματισμού των λιποκυττάρων κατά την ανάπτυξη της παχυσαρκίας¹⁰¹. Σύμφωνα με στοιχεία μελετών, η ενεργοποίηση των PPARγ προκαλεί διαφοροποίηση των λιποκυττάρων και παχυσαρκίας στα ζώα, ενώ η αναστολή έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια των λιποκυττάρων σε ποντίκια. Ωστόσο, ο ρόλος της λεκιθίνης στη λιπογένεση παραμένει άγνωστος¹⁰⁹.

Η λεκιθίνη, ως πρόσθετο τροφίμων, είναι επίσης μια διατροφική πηγή αρκετών δραστικών ενώσεων. Η χολίνη και οι μεταβολίτες της είναι αναγκαίες για διάφορες φυσιολογικές λειτουργίες, συμπεριλαμβανομένης της σηματοδότησης της κυτταρικής

μεμβράνης και τη χολινεργική νευροδιαβίβαση. Η λεκιθίνη είναι μια πλούσια πηγή ποικιλίας διαιτητικών λιπών, ωστόσο τα μικρά ποσοστά λεκιθίνης που χρησιμοποιούνται συνήθως ως πρόσθετα τροφίμων δεν λειτουργούν επιβαρυντικά¹¹⁰.



Σχήμα 2.10: Χημικός τύπος λεκιθίνης¹¹¹

Η λεκιθίνη αποτελεί βασικό συστατικό σε πολλά σκευάσματα διατροφής για την προστασία των κυττάρων από την οξείδωση, την αύξηση της λιπόλυσης και την πρόληψη καρδιαγγειακών ασθενειών. Η λεκιθίνη γενικά προωθεί τη διαφοροποίηση της γονιδιακής έκφρασης των λιποκυττάρων. Οι επιδράσεις αυτές είναι ανεξάρτητες από την κλωνική επέκταση των κυττάρων 3T3 - L1, του ρυθμιστή PPAR γ και του CCAAT – ενισχυτή της δεσμευτικής πρωτεΐνης β ¹⁰⁹.

Η λεκιθίνη, γνωστή ως φωσφατιδυλοχολίνη, είναι ένα μίγμα διγλυκεριδίων στεατικού, παλμιτικού, λινολαϊκού και ελαϊκού οξέος που συνδέεται με τον εστέρα της χολίνης του φωσφορικού οξέος. Τα συστατικά της λεκιθίνης, όπως προαναφέρθηκε, ενεργοποιούν τον πολλαπλασιαστική περοξυσώματος του υποδοχέα (PPAR) που έχει βασικό ρόλο στην ρύθμιση της διαφοροποίησης των λιποκυττάρων. Σε μελέτες έχει αποδειχθεί ότι ο PPAR γ είναι ο κύριος ρυθμιστής του σχηματισμού των λιποκυττάρων κατά την ανάπτυξη της παχυσαρκίας¹¹². Η ενεργοποίηση του PPAR γ προκαλεί διαφοροποίηση των λιποκυττάρων ενώ η αναστολή του PPAR γ έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια λιποκυττάρων σε ποντίκια. Αρκετοί αγωνιστές PPAR γ έχουν εντοπιστεί, συμπεριλαμβανομένων της θειαζολιδινεδιόνης (TZD) και της 15 δεοξυ - J2 προσταγλανδίνης, οι οποίοι διεγείρουν τη διαφοροποίηση των λιποκυττάρων 3T3-L1 και προκαλούν αύξηση του σωματικού βάρους^{109,112}.

Η λεκιθίνη έχει ιδιότητες για την ενίσχυση της διαφοροποίησης των λιποκυττάρων τόσο στα 3T3 - L1 λιποκύτταρα όσο και στα πρωτογενή προλιποκύτταρα αλλά και σε

επίπεδα συσσώρευσης. Η λεκιθίνη ενισχύει τη διαφοροποίηση των λιποκυττάρων μέσω της ικανότητας πρόσληψης γλυκόζης από τα κύτταρα, διεγείρει την επαγόμενη συσσώρευση λιπιδίων και ενεργοποιεί το PPAR γ ^{109,111,112}. Κατά τη διαδικασία της διαφοροποίησης των λιποκυττάρων από την ινσουλίνη, τα κύτταρα 3T 3 - L1 συχνά υποβάλλονται σε δύο κύκλους μιτωτικών κλωνικών επεκτάσεων οι οποίες είναι απαραίτητες για τη διαφοροποίηση λιποκυττάρων. Στο αρχικό στάδιο, τουλάχιστον ένας αγωνιστής PPAR γ συντίθενται για να επάγει διαφοροποίηση των λιποκυττάρων 3T3 - L1. Η διαφοροποίηση των λιποκυττάρων μέσω κλωνικής επέκτασης δεν είναι απαραίτητη όταν χρησιμοποιείται η λεκιθίνη ως επαγωγέας αφού ο πολλαπλασιασμός των 3T3 - L1 προλιποκυττάρων αναστέλλεται. Σε πολλές περιπτώσεις έχει αποδειχθεί ότι η υψηλή πρόσληψη λιπιδίων αυξάνει το περιεχόμενο των λιπιδίων της μεμβράνης, επηρεάζει τη διαδικασία της σηματοδότησης, ρυθμίζει την όρεξη, τα επίπεδα κορεσμού, το σωματικό βάρος και το μεταβολισμό μέσω του πυρηνικού υποδοχέα PPARs. Συστατικά της λεκιθίνης, όπως το ελαϊκό οξύ που αναφέρονται ως αγωνιστές PPAR γ ενεργοποιούν τη διαφοροποίηση των λιποκυττάρων. Η λεκιθίνη προκαλεί ταχεία αύξηση των επιπέδων TG και FFA στα ηπατοκύτταρα^{109,111}.

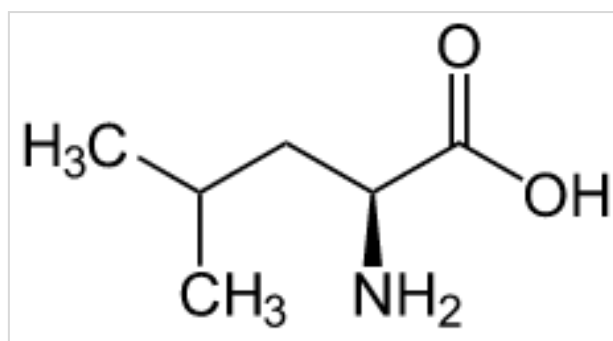
2.13. Λευκίνη (leucine)

Η λευκίνη ή 2 – αμινο – 4 – μεθυλοπεντανικό οξύ είναι ένα α – αμινοξύ με την L – λευκίνη να αποτελεί ένα από τα πρωτεϊνικά αμινοξέα. Εντάσσεται μεταξύ των απαραίτητων αμινοξέων που αδυνατεί να βιοσυνθέσει ο ανθρώπινος οργανισμός. Η λευκίνη προσλαμβάνεται διαμέσου των τροφίμων αποτελώντας ένα ιδιαίτερα σημαντικό συστατικό υπομονάδων της φερριτίνης, της αστακίνης και άλλων αμυντικών και μεταφορικών πρωτεϊνών. Η λήψη λευκίνης έχει αποδειχθεί ότι διεγείρει την πρωτεϊνική σύνθεση και μειώνει το σωματικό λίπος. Ωστόσο, η μακροπρόθεσμη επίδραση της λευκίνης μέσω συμπληρωμάτων δεν έχει με σαφήνεια καθοριστεί^{113,114}.

Η αύξηση βάρους είναι αποτέλεσμα της ανισορροπίας μεταξύ της πρόσληψης θερμίδων και την κατανάλωση ενέργειας. Οι υπερβάλλουσες θερμίδες αποθηκεύονται στο λευκό λιπώδη ιστό (WAT) για να καταναλωθούν στην αυξημένη ενεργειακή ζήτηση. Για την καύση του λίπους ή και την αύξηση της ενεργειακής δαπάνης έχουν προταθεί διάφορες στρατηγικές. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει ο έλεγχος του σωματικού βάρους με το

χειρισμό μακροθρεπτικών συστατικών¹¹⁵. Πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι η κατάλληλη διαιτητική πρόσληψη αμινοξέων συμπεριλαμβανομένων της λευκίνης, της αργινίνης και της γλουταμίνης έχουν σημαντικές επιπτώσεις στο μεταβολισμό των λιπιδίων^{116,117,118}. Οι περισσότερες από αυτές τις μελέτες, ωστόσο, έχουν επικεντρωθεί στις επιπτώσεις των αυξημένων επιπέδων των βασικών αμινοξέων στη διατροφή.

Οι Zhang et al.¹¹⁹ έδειξαν πρόσφατα ότι ο διπλασιασμός πρόσληψης λευκίνης μειώνει το σωματικό βάρος και βελτιώνει το μεταβολισμό της γλυκόζης σε ποντικούς σε μία δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά. Τα αποτελέσματα της αύξησης στην πρόσληψη λευκίνης, ωστόσο, είναι αμφιλεγόμενα. Οι Nairizi et al.¹²⁰ μέσω μελέτης τους κατέληξαν στο συμπέρασμα πως η διαιτητική συμπλήρωση λευκίνης δεν έχει επίδραση στο μεταβολισμό των λιπιδίων.



Σχήμα 2.11: Χημικός τύπος λευκίνης¹²¹

3. ΛΙΠΟΔΙΑΛΥΤΕΣ ΚΑΙ ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΑ & ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

3.1. Ο ρόλος της καφεΐνης στην απώλεια βάρους

Η καφεΐνη (1,3,7 – τριμεθυλοξανθίνη) είναι ένα αλκαλοειδές παράγωγο που βρίσκεται φυτικά και προστίθεται σε μια ποικιλία τροφίμων. Εντοπίζεται σε αυξημένες συγκεντρώσεις στον καφέ με μια ποικιλία άλλων αλκαλοειδών (θεοβρωμίνη, παραξανθίνη, θεοφυλλίνη) και πολυφαινόλες (τανίνες, φλαβονοειδή). Η καφεΐνη απορροφάται από τον ανθρώπινο οργανισμό μέσω των τροφίμων και ποτών με χρόνο μέγιστης συγκέντρωσης στο πλάσμα 30 - 90 λεπτά και χρόνος ημιζωής περίπου 4 - 6 ώρες. Η καφεΐνη μεταβολίζεται εκτενώς από το κυτόχρωμα P – 450 με το 1 - 3% να απεκκρίνεται στα ούρα¹²².

Τα τελευταία χρόνια είναι αυξημένο το ενδιαφέρον για την επίδραση της καφεΐνης στο μεταβολισμό και στην απώλεια βάρους. Σε πρώιμες μελέτες όπως των Costill et al.¹²² αποδείχτηκε ότι η πρόσληψη καφεΐνης από ενήλικες μπορεί να βελτιώσει τα επίπεδα απόδοσης κατά την άσκηση αλλά και την οξείδωση των λιπαρών οξέων. Ο ρόλος της καφεΐνης στην απώλεια βάρους αναπτύχθηκε από την άποψη της αύξησης των καύσεων σε επίπεδο λίπους και μείωση της κατανάλωσης μυϊκού γλυκογόνου. Η καφεΐνη έχει αποδειχθεί ότι αυξάνει τη δραστηριότητα του συμπαθητικού νευρικού συστήματος (SNS) δραστηριότητα, απελευθερώνοντας λιπαρά οξέα¹²². Αυτή η δραστηριότητα που συμβαίνει έμμεσα μέσω της αύξησης της κυκλοφορούσας αδρεναλίνης, έχει τη δυνατότητα να ενισχύει τη διαθεσιμότητα των λιπαρών οξέων για την οξείδωση^{122,123}.

Οι Acheson et al.¹²⁴ αναφέρουν ότι η χορήγηση υψηλής δόσης καφεΐνης (8 mg kg⁻¹) αυξάνει σημαντικά το μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας (RMR) (20 kJ m⁻² h⁻¹) 3 ώρες μετά την πρόσληψη στους ενήλικες. Το ενδιαφέρον στοιχείο της μελέτης τους είναι ότι την τελική ώρα των μετρήσεων η οξείδωση του λίπους ήταν σημαντικά υψηλότερη. Σε συμφωνία με αυτά τα ευρήματα, οι Diepvens et al.¹²⁵ και οι Dulloo et al.¹²⁶ ανέφεραν ότι ακόμη και μια μικρή δόση καφεΐνης (100 mg) έχει τη δυνατότητα να επάγει τη θερμογόνο δράση σε κατάσταση ηρεμίας. Οι Belza et al.¹²⁷ ανέφεραν μια γραμμική σχέση από την πρόσληψη καφεΐνης και της ενεργειακής δαπάνης. Η καφεΐνη μπορεί να προκαλέσει θερμογόνο αντίδραση που φθάνει ακόμα και στο 6% της αρχικής τιμής χωρίς αιμοδυναμικές

παρενέργειες. Η καφεΐνη έχει παρενέργειες, όπως ταχυκαρδία, αύξηση αρτηριακής πίεσης, αυξημένη, εντερικές διαταραχές, νευρικότητα, άγχος και αϋπνία¹²⁷.

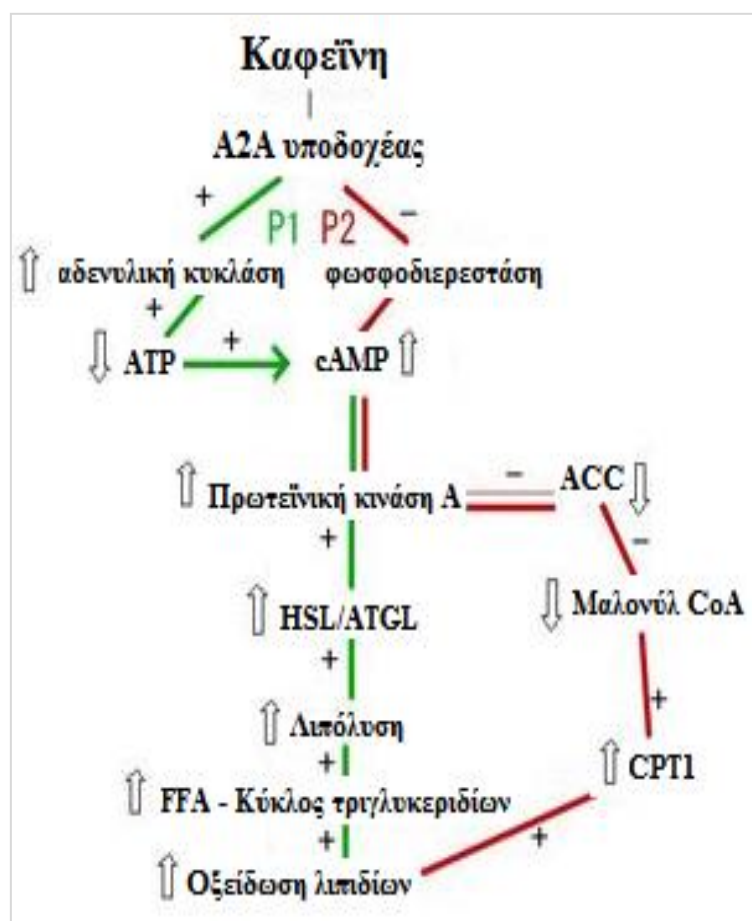
Η καφεΐνη έχει συσχετιστεί με μια πιο άμεση επίδραση στη λιπόλυση. Σε *in vitro* μελέτες έχει αποδειχθεί ότι η καφεΐνη αναστέλλει τη φωσφοδιεστεράση, το ένζυμο που ευθύνεται για την αποδόμηση του κυκλικού AMP (cAMP)¹²³. Η αύξηση του cAMP ημίσειας ζωής ενισχύει τη λιπόλυση και τη διαθεσιμότητα των λιπαρών οξέων¹²³. Η καφεΐνη έχει αποδειχθεί ότι προκαλεί βραχυπρόθεσμα θερμογόνο επίδραση. Οι Lopez – Garcia et al.¹²³ μελέτησαν τις μακροπρόθεσμες επιπτώσεις της πρόσληψης καφεΐνης στο βάρος. Ο στόχος ήταν να αξιολογηθεί η σχέση μεταξύ της πρόσληψης καφεΐνης και αλλαγής στο βάρος. Σε προοπτική μελέτη 18.417 ενήλικων ανδρών και 39.740 ενήλικων γυναικών χωρίς χρόνιες παθήσεις κατά την έναρξη της μελέτης το διάστημα από το 1986 έως το 1998, μελέτησαν τις αλλαγές βάρους κάθε 2 – 4 έτη με βάση την πρόσληψη καφεΐνης. Από τα στοιχεία προέκυψε ότι η αύξηση της πρόσληψης καφεΐνης οδήγησε σε χαμηλότερη μέση αύξηση του σωματικού βάρους σε σχέση με συμμετέχοντες που μείωσαν την κατανάλωση τους. Μακροπρόθεσμα, αυξήσεις στην πρόσληψη καφεΐνης μπορεί να οδηγήσει σε μικρή μείωση του βάρους¹²³.

Η καφεΐνη όπως προαναφέρθηκε μπορεί να διεγείρει τόσο τη λιπόλυση όσο και την κατανάλωση ενέργειας. Οι Acheson et al.¹²⁸ σε έρευνά τους στόχευσαν στον προσδιορισμό της λιπολυτικής επίδρασης της καφεΐνης σε σχέση με την αυξημένη οξείδωση των λιπιδίων. Από τα στοιχεία τους προέκυψαν ότι υπάρχει επίδραση της καφεΐνης στην κινητοποίηση των λιπιδίων οδηγώντας σε οξείδωση. Ειδικότερα, η πρόσληψη καφεΐνης αυξάνει τη λιπόλυση και την κατανάλωση ενέργειας. Ο ρόλος της καφεΐνης στην απώλεια βάρους μέσω της αύξησης της ενεργειακής δαπάνης ή της οξείδωσης του λίπους είναι σημαντικός, εξαρτάται ωστόσο και από το συνδυασμό άλλων παραγόντων όπως η άσκηση¹²⁸.

Η λιπολυτική δράση της καφεΐνης εντοπίζεται στην κυτταρική μεμβράνη του λιποκυττάρου λειτουργώντας ως αναστολέας σχηματισμού της φωσφοδιεστεράσης, παρεμποδίζοντας τους α - αδρενεργικούς υποδοχείς, καταστέλλοντας την αδενοσίνη, αυξάνοντας τη θερμογένεση και λειτουργώντας ως ανταγωνιστής των υποδοχέων της ρυανοδίνης¹²⁹. Η λιπολυτική δράση της καφεΐνης εστιάζει στην αναστολή της δράσης της φωσφοδιεστεράσης. Μέσω της συγκεκριμένης δράσης επιβραδύνεται η διάσπαση του cAMP επιμηκύνοντας δράσεις που σχετίζονται με την υδρόλυση των τριγλυκεριδίων.

Ταυτόχρονα, η διαδικασία της λιπόλυσης ενισχύεται και από την παρεμπόδιση των α - αδρενεργικών υποδοχέων^{130,131}.

Η πρόσληψη καφεΐνης από το στόμα εμφανίζει απορροφητικότητα που φθάνει το 99% της προσλαμβανόμενης ποσότητας. Τα μέγιστα επίπεδα συγκεντρώσεων σημειώνονται περίπου 15 – 45 min μετά την πρόσληψη. Ο μεταβολισμός και η λιπολυτική δράση της καφεΐνης επηρεάζεται από παράγοντες όπως η ηλικία, το φύλο, η ύπαρξη παθολογίας, το κάπνισμα κλπ.^{130,131} Η προσπάθεια απώλειας βάρους μέσω λιπόλυσης έχει συνδεθεί με τη χρήση καφεΐνης. Οι δραστικές ουσίες που περιέχονται στην καφεΐνη λειτουργούν ως παράγοντας λιπόλυσης σε επίπεδο κυττάρου. Εκείνο όμως που θα πρέπει να τονιστεί είναι ότι σε καμία περίπτωση η καφεΐνη μεμονωμένα δεν μπορεί να δράσει λιπολυτικά αν δεν συνδυαστεί με κατάλληλο διατροφικό πρόγραμμα και άσκηση. Οι ξανθίνες και η θεοφυλλίνη αποτελούν τις βασικές ουσίες οι οποίες ενεργοποιούν τη λιπόλυση^{130,131}.



Σχήμα 3.1: Λιπολυτική δράση καφεΐνης¹³²

3.2. Ο ρόλος της L - καρνιτίνης στην απώλεια βάρους

Η L - καρνιτίνη διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στο μεταβολισμό του λίπους και στην προσπάθεια απώλειας βάρους. Σε καταστάσεις όπως ο ύπνος, κατά τη διάρκεια άσκησης χαμηλής έως μέτριας έντασης, οι κύριες πηγές ενέργειας των ιστών συμπεριλαμβανομένων των σκελετικών μυών είναι τα λιπαρά οξέα μακράς αλύσου⁹. Η πρωταρχική λειτουργία της L - καρνιτίνης είναι να μεταφέρει λιπαρά οξέα μακράς αλύσου κατά μήκος της μιτοχονδριακής εσωτερικής μεμβράνης, καθώς η εσωτερική μεμβράνη είναι αδιαπέραστη από τα λιπαρά οξέα μακράς αλύσου λιπαρά οξέα και τους λιπαρούς εστέρες ακυλο - CoA. Στο εσωτερικό των μιτοχονδρίων τα λιπαρά οξέα υποβαθμίζονται σε ακετυλο - CoA μέσω της β - οξειδωσης προχωρώντας τον κύκλο του τρικαρβοξυλικού οξέος. Η L - καρνιτίνη διαδραματίζει επίσης σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της μιτοχονδριακής αναλογίας ακετυλο - CoA/CoASH, η οποία είναι ένας ρυθμιστής της ροής διαμέσου της αφυδρογονάσης του πυροσταφυλικού (PDH) συμπλέγματος και του μεταβολισμού των υδατανθράκων⁹.

Η L - καρνιτίνη αποτελεί μια φυσική ουσία που απαιτείται για το μεταβολισμό της ενέργειας. Παράγεται από τον ανθρώπινο οργανισμό σώμα ενώ είναι ιδιαίτερα ωφέλιμη στην απώλεια βάρους. Η L - καρνιτίνη είναι απαραίτητη για τη μεταφορά των λιπαρών οξέων μακράς αλύσου στη μιτοχονδριακή μεμβράνη για επακόλουθη υποβάθμιση του λίπους. Σημαντικό σημείο της λειτουργίας της L - καρνιτίνης είναι η ικανότητα μεταφοράς των λιπαρών οξέων μακράς αλύσου από το εσωτερικό των μιτοχονδρίων στο κυτοσόλιο¹⁰.

Οι πιθανές θετικές επιδράσεις της L-καρνιτίνης επί του μεταβολισμού των λιπιδίων είναι υπό εντατική επιστημονική μελέτη. Αρκετές μελέτες που έχουν δημοσιευθεί τα τελευταία χρόνια αναφέρουν ότι η πρόσληψη L - καρνιτίνης μπορεί να επηρεάσει το μεταβολισμό των λιπιδίων και τη σύνθεσή τους. Ο Cha¹³³ και οι Wu et al.¹³⁴ αναφέρουν ότι παρατηρήθηκε μείωση του βάρους σε ενήλικα παχύσαρκα άτομα μετά τη χορήγηση συμπληρωμάτων L – καρνιτίνης με ταυτόχρονο περιορισμό των θερμίδων. Οι Muller et al.¹³⁵ ανέφεραν μέσω ερευνητικών τους στοιχείων μια αύξηση στην οξειδωση των λιπαρών οξέων μετά τη χορήγηση L – καρνιτίνης δοσολογίας 3 gr/ημέρα και για διάρκεια 10 ημερών σε υγιείς ενήλικες χωρίς ανεπάρκεια L – καρνιτίνης.

Η λιπολυτική δράση της L – καρνιτίνης έχει γενικά αναγνωριστεί μέσω της αλλαγής του μεταβολισμού των λιπιδίων^{135,136,137,138,139}. Η χορήγηση από του στόματος L - καρνιτίνης μειώνει τα τριγλυκερίδια στο πλάσμα και τους λιπιδαιμικούς και

υπερλιπιδαιμικούς δείκτες. Η L - καρνιτίνη αυξάνει την απελευθέρωση γλυκερόλης από τον υποδόριο λιπώδη ιστό με ή χωρίς ταυτόχρονη διέγερση της ισοπροτερενόλης ή της θεοφυλλίνης. Οι Wutzke και Lorenz¹⁴⁰ ανέφεραν ότι η χορήγηση συμπληρωμάτων L – καρνιτίνης για 10 ημέρες οδήγησε σε οξείδωση του διατροφικού λίπους σε ελαφρώς υπέρβαρα ενήλικα άτομα χωρίς να συνοδεύεται από αλλαγή στη σύνθεση του σώματος. Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν και στοιχεία που υποδηλώνουν ότι η συμπλήρωση L - καρνιτίνης δεν είναι αποτελεσματική σε αλλαγές στη σύνθεση του σώματος ή του βάρους¹⁴⁰.

Η χρήση της L - καρνιτίνης στην απώλεια βάρους βασίζεται στην παραδοχή ότι η τακτική χορήγησή της αυξάνει την ενδοκυτταρική συγκέντρωσή της. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της οξείδωσης των λιπών και σταδιακή μείωση του αποθέματος σωματικού λίπους. Αρκετές μελέτες έχουν δείξει ότι η από του στόματος κατάποση καρνιτίνης (έως 6 gr/ημέρα και για διάρκεια 14 ημερών) δεν αλλάζει τη συγκέντρωση καρνιτίνης στους μύες σε υγιείς μη παχύσαρκους ανθρώπους και δεν προάγει την απώλεια βάρους¹³⁶. Τα συγκεκριμένα στοιχεία είναι αντίθετα με τα ευρήματα κλινικών μελετών όπου η συμπληρωματική χορήγηση L – καρνιτίνης είναι αποτελεσματική στην αντιμετώπιση της παχυσαρκίας.¹³⁶

Οι Obici et al.¹³⁷ κατέδειξαν ότι η αναστολή του υποθαλάμου καρνιτίνης παλμιτοϋλοτρανσφεράσης - 1 μειώνει τα επίπεδα όρεξης. Η πρόσληψη L - καρνιτίνης διεγείρει τη δραστηριοποίηση της καρνιτίνης παλμιτοϋλοτρανσφεράσης, η οποία θα μπορούσε να εξηγήσει μια διέγερση της όρεξης από τη συμπλήρωση της L - καρνιτίνης. Η υψηλή πρόσληψη L - καρνιτίνης έχει παρενέργειες όπως ναυτία, έμετο, κοιλιακές κράμπες, διάρροια και πιο σπάνια μυϊκή αδυναμία. Οι Alesci et al.¹³⁸ με βάση ερευνητικά τους δεδομένα σε ενήλικες κατέδειξαν ότι υψηλές δόσεις L - καρνιτίνης ρυθμίζουν τη λειτουργία του υποδοχέα των γλυκοκορτικοειδών και, ως εκ τούτου, θα μπορούσαν να μιμηθούν ορισμένες από τις βιολογικές δράσεις των γλυκοκορτικοειδών, τα οποία είναι γνωστό ότι διεγείρουν τη λιπόλυση στο λιπώδη ιστό¹³⁸.

3.3. Ο ρόλος της φορσκολίνης στην απώλεια βάρους

Η φορσκολίνη είναι ένα διτερπένιο της οικογένειας λαβδανίου που παράγεται από το ινδικό φυτό *Coleus* (*Coleus forskohlii*). Η φορσκολίνη χρησιμοποιείται συχνά για να αυξηθούν τα επίπεδα του cAMP στη μελέτη και στην έρευνα της κυτταρικής φυσιολογίας. Ο ρόλος της φορσκολίνης στην απώλεια βάρους έχει περιγραφεί ήδη από τη δεκαετία του 1980 και μπορεί να παρατηρηθεί μεμονωμένα σε κύτταρα καθώς και σε ιστό. Έχει αποδειχθεί ότι η φορσκολίνη μπορεί να διεγείρει τη λιπόλυση στον λιπώδη ιστό σε αρουραίους^{53,141}.

Η φορσκολίνη δρα άμεσα στην αδενυλική κυκλάση το ένζυμο που ενεργοποιεί την κυκλική αδενοσίνη, μονοφωσφορική ή κυκλική AMP (cAMP) στο κύτταρο. Η κυκλική AMP προωθεί τη διάσπαση των αποθηκευμένων λιπών στα κύτταρα, ρυθμίζει τη θερμογόνο αντίδραση του σώματος στα τρόφιμα, αυξάνει το βασικό μεταβολικό ρυθμό του σώματος και αυξάνει την κατανάλωση του λίπους⁵³. Μπορεί επίσης να απελευθερώσει τα λιπαρά οξέα από τον λιπώδη ιστό, που έχει σαν αποτέλεσμα την αυξημένη θερμογένεση, την απώλεια του σωματικού λίπους. Η φορσκολίνη αυξάνει τη συσσώρευση cAMP και ως εκ τούτου διεγείρει την λιπόλυση. Έτσι, με υψηλές συγκεντρώσεις φορσκολίνης και cAMP επιτυγχάνεται λιπόλυση. Η αυξημένη λιπόλυση οδηγεί σε αύξηση της αποδόμησης του λίπους και τη χρήση του ως πηγής ενέργειας για τον οργανισμό οδηγώντας σε απώλεια βάρους. Θεωρείται ότι η χορήγηση φορσκολίνης μπορεί να ενισχύσει την απώλεια λίπους χωρίς απώλεια μυϊκής μάζας^{53,141}.

Ο μηχανισμός ενεργοποίησης της λιπόλυσης εξαρτάται από ένα κυκλικό AMP εξαρτημένο μηχανισμό. Το αρχικό βήμα στη διαδικασία αυτή προϋποθέτει την ορμονική ενεργοποίηση της αδενυλικής κυκλάσης με αποτέλεσμα την αύξηση της σύνθεσης της κυκλικής AMP. Αυτό οδηγεί στην ενεργοποίηση των κυκλικών πρωτεϊνών AMP εξαρτημένης κινάσης και επακόλουθη φωσφορυλίωση και ενεργοποίηση της ορμονικά ευαίσθητης λιπάσης. Η φορσκολίνη διεγείρει την δραστηριότητα της αδενυλικής κυκλάσης και της λιπόλυσης στα λιπώδη κύτταρα ενώ ενεργοποιεί άμεσα και την καταλυτική υπομονάδα της αδενυλικής κυκλάσης άμεσα. Η υψηλή πρόσληψη φορσκολίνης έχει παρενέργειες όπως ερεθισμό στον λαιμό, βήχα, ανησυχία και χαμηλή αρτηριακή πίεση¹⁴².

Οι Litosch et al.¹⁴³ αναφέρουν ότι η χορήγηση φορσκολίνης προκαλεί αύξηση του κυκλικού AMP στα λιποκύτταρα λόγω της ισοπροτερενόλης. Η φορσκολίνη διεγείρει τη

λιπόλυση στο λιπώδη ιστό σε ένα μέγιστο $30.01 \pm 3,42$ (εκφρασμένο ως μικρομόρια γλυκερόλης ανά 107 κύτταρα ανά 2 ώρες) σε ενήλικους παχύσαρκους άνδρες και $50.50 \pm 6,85$ σε ενήλικες παχύσαρκες γυναίκες πριν από την απώλεια βάρους με χειρουργική μέθοδο. Μετά την απώλεια βάρους, η φορσκολίνη οδηγεί σε αυξημένη λιπόλυση στο λιπώδη ιστό κατά $28,43 \pm 4,49$ και $26,44 \pm 3.25$ στους παχύσαρκους άνδρες και γυναίκες, αντίστοιχα. Σε μεμβράνες των λιποκυττάρων, η φορσκολίνη διεγείρει τη δραστηριότητα της αδενυλικής κυκλάσης, σε συγκεντρώσεις από 0,1 μM ή μεγαλύτερη¹⁴³. Η φορσκολίνη δεν επηρεάζει το EC50 για την ενεργοποίηση της αδενυλικής κυκλάσης αλλά αυξάνει την αποτελεσματικότητα της ισοπροτερενόλης. Οι χαμηλές συγκεντρώσεις φορσκολίνης (0,1 - 1,0 μM) με σημαντικά αυξημένα επίπεδα κυκλικής AMP, δεν αυξάνουν τη λιπόλυση ενώ παρόμοιες αυξήσεις στα επίπεδα κυκλικής AMP λόγω της ισοπροτερενόλης την αυξάνουν. Η φορσκολίνη δεν αναστέλλει την ενεργοποίηση της τριακυλογλυκερόλης λιπάσης από κυκλικό AMP - εξαρτημένη πρωτεϊνική κινάση ή την επακόλουθη υδρόλυση της τριακυλογλυκερόλης. Σε υψηλότερες συγκεντρώσεις φορσκολίνης (10 - 100 μM) παρατηρείται αύξηση της λιπόλυσης. Αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η φορσκολίνη αυξάνει την παραγωγή κυκλικού AMP σε λιποκύτταρα μέσω της ενεργοποίησης της αδενυλικής κυκλάσης. Η λιπόλυση ενεργοποιείται από τη φορσκολίνη αλλά σε υψηλότερες συγκεντρώσεις της συνολικής κυκλικής AMP¹⁴³.

Οι Godard et al.⁵³ πραγματοποίησαν μελέτη αναφορικά με τις επιδράσεις της φορσκολίνης τόσο σε επίπεδο σωματικού βάρους όσο και στο μεταβολικό ρυθμό. Στη συγκεκριμένη μελέτη συμμετείχαν 30 ενήλικοι παχύσαρκοι άνδρες στους οποίους χορηγήθηκαν 250 mg εκχυλίσματος φορσκολίνης 10% 2 φορές/ημερησίως για διάστημα 12 εβδομάδων. Οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η φορσκολίνη οδήγησε σε ευνοϊκές αλλαγές στη σύνθεση του σώματος. Η λήψη φορσκολίνης μείωσε τη μάζα λίπους κατά 11,23% σε σύγκριση με μείωση της τάξης του 1,73% στην ομάδα που έλαβε εικονικό φάρμακο. Αυτή η μείωση της μάζας του σωματικού λίπους με λήψη φορσκολίνης συνοδεύτηκε από σημαντική μείωση στο ποσοστό του σωματικού λίπους από την αρχική τιμή ($35,17 \pm 8,03\%$ σε $31,03 \pm 7,96\%$)⁵³.

3.4. Ο ρόλος της φουκοξανθίνης στην απώλεια βάρους

Η φουκοξανθίνη είναι ένα καροτενοειδές που βρίσκεται σε βρώσιμα καφέ φύκια (*Undaria pinnatifida*). Σε μελέτες σε ζώα, έχει αποδειχθεί ότι μακροπρόθεσμη συμπλήρωση φουκοξανθίνης μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια βάρους. Μελέτη των Maeda et al.⁶⁴ έδειξε ότι η φουκοξανθίνη (0,4% της σωματικής μάζας) ή συμπληρωμάτων που την περιέχουν οδηγούν σε σημαντική μείωση του λιπώδους ιστού μετά από 4 εβδομάδες. Οι μηχανισμοί απώλειας βάρους σχετίζονται με μια αυξητική ρύθμιση της μιτοχονδριακής αποσύνδεσης της πρωτεΐνης 1 (UCP1), η οποία έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των ενεργειακών δαπανών κατά την κατάσταση ηρεμίας. Άλλοι πιθανοί μηχανισμοί απώλειας βάρους από τη λήψη φουκοξανθίνης περιλαμβάνουν την καταστολή των λιποκυττάρων διαφοροποίησης και συσσώρευσης λιπιδίων μέσω αναστολής της αφυδρογονάσης γλυκερίνης – 3 - φωσφορικής ή προς τα κάτω ρύθμιση του πολλαπλασιαστή περοξυσώματος του υποδοχέα g (PPAR - g) υπεύθυνο για την αδιπογονική έκφραση των γονιδίων. Ωστόσο, υπολογίζοντας ότι 0,4% της ανθρώπινης μάζας θα ισοδυναμούσε με 280 gr φουκοξανθίνης ανά ημέρα για ένα μέσο άνθρωπο 70 κιλών, θα μπορούσε να θεωρηθεί μια εντελώς μη ρεαλιστική δόση⁶⁴.

Οι Abidov et al.¹⁴⁴ πραγματοποίησαν μελέτη αναφορικά με το ρόλο της φουκοξανθίνης στην απώλεια βάρους για πρώτη φορά σε ενήλικους ανθρώπους. Σε αυτή τη μελέτη, οι συμμετέχοντες έλαβαν ένα σκεύασμα που περιείχε φουκοξανθίνη και έλαιο ροδιού. Η ημερήσια χορήγηση του σκευάσματος ήταν 600 mg που περιείχε 2,4 mg φουκοξανθίνης παρουσιάζοντας σημαντική απώλεια βάρους σε σύγκριση με εικονικό φάρμακο μετά από 16 εβδομάδες¹⁴⁴. Οι συγγραφείς ανέφεραν επίσης αυξήσεις ενεργειακών δαπανών σε κατάσταση ηρεμίας, μείωση των επιπέδων λίπους στο σώμα και το ήπαρ και βελτιώσεις στο προφίλ των λιπιδίων του πλάσματος. Η ελάττωση του βάρους ήταν περίπου 5 kg μεγαλύτερη στην περίπτωση λήψης φουκοξανθίνης έναντι της χορήγησης εικονικού φαρμάκου. Ωστόσο, πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή κατά την ερμηνεία αυτών των ευρημάτων καθώς η λήψη φουκοξανθίνης στην απώλεια βάρους απαιτεί περαιτέρω μελέτη καθώς υπάρχουν και παρενέργειες που συνοδεύουν την υπερβολική χρήση της όπως ναυτίες, έμετοι, άγχος, αϋπνίες, κεφαλαλγίες, επιληπτικές κρίσεις, εθισμός, αφυδάτωση, αρτηριακή υπέρταση, ταχυπαλμίες, αρρυθμίες¹⁴⁴.

Ο ρόλος της φουκοξανθίνης στην απώλεια βάρους μελετήθηκε από τους Jeon et al.¹⁴⁵ σε ποντίκια. Οι μελετητές χορήγησαν ένα εκχύλισμα αιθανόλης ενώ τα ζώα

τυχαιοποιήθηκαν για να λάβουν δίαιτα υψηλή σε λιπαρά (20% διαιτητικό λίπος, 10% αραβοσιτέλαιο και 10% λαρδί) συμπληρωμένη με 0,2% συζευγμένο λινελαϊκό οξύ (CLA), 1,43% ή 5,72% εκχυλίσματος φουκοξανθίνης που ισοδυναμούσε με 0,05% ή 0,2% φουκοξανθίνης για 6 εβδομάδες. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η χορήγηση σε δύο δόσεις μείωσε σημαντικά τις συγκεντρώσεις χοληστερόλης του σώματος και τον κοιλιακό λευκό λιπώδη ιστό (WAT), και τα ηπατικά τριγλυκερίδια (TG) ¹³⁶. Δραστηριότητες όπως η λιποκυτταρική σύνθεση των λιπαρών οξέων (FA), η ηπατική σύνθεση FA και TG και το ένζυμο της χοληστερόλης μειώθηκαν επίσης από τη χορήγηση του συγκεκριμένου συμπληρώματος. Συνολικά, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η φουκοξανθίνη επηρεάζει το πλάσμα και τα λιπίδια ήπατος και σώματος ενώ ταυτόχρονα μεταβάλλει τον ηπατικό μεταβολισμό της χοληστερόλης, τη σύνθεση FA και την απορρόφηση των λιπιδίων¹⁴⁵.

Σε μελέτες ζώων, έχει αποδειχθεί ότι η μακροπρόθεσμη χορήγηση συμπληρωμάτων με φουκοξανθίνη μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια βάρους. Η μελέτη των Maeda et al.⁶⁴ έδειξε ότι η φουκοξανθίνη (0,4% του σωματικού βάρους) ή συμπληρώματος που τη περιέχει, οδήγησε σε μια σημαντική μείωση του λιπώδη ιστού μετά από 4 εβδομάδες. Οι μηχανισμοί της σχετίζονται με μια αυξητική τάση της μιτοχονδριακής αποσύνδεσης της πρωτεΐνης 1 (UCP1) (24), η οποία είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση των ενεργειακών δαπανών σε κατάσταση ηρεμίας. Άλλοι πιθανοί μηχανισμοί περιλαμβάνουν την καταστολή των λιποκυττάρων στη συσσώρευση λιπιδίων μέσω αναστολής της αφυδρογονάσης γλυκερίνης – 3 - φωσφορικής ή με μείωση του υποδοχέα g (PPAR - g) που είναι υπεύθυνος για την αδιπογονική έκφραση των γονιδίων αδιπογονική¹⁴⁶. Ωστόσο, με βάση των υπολογισμό ότι 0,4% της σωματικής μάζας αντιστοιχεί σε απώλεια 280 gr για κάθε 1 gr φουκοξανθίνης για άνθρωπο 70 kg, η συγκεκριμένη δοσολογία ορίζεται ως μη ρεαλιστική^{146,147}.

3.5. Ο ρόλος του πράσινου τσαγιού στην απώλεια βάρους

Ο ρόλος του πράσινου τσαγιού στην απώλεια βάρους έχει αποτελέσει αντικείμενο διαχρονικών μελετών. Μέχρι σήμερα, υπάρχουν μόνο λίγες μελέτες που έχουν διερευνήσει τη μακροπρόθεσμη επίδραση του πράσινου τσαγιού στην οξείδωση των λιπών. Στο σύνολό τους, αυτές οι μελέτες δείχνουν ότι μακροπρόθεσμα η πρόσληψη πράσινου τσαγιού μπορεί ενδεχομένως να αυξήσει τον μεταβολισμό των λιπών, αλλά μόνο αν η συνήθης πρόσληψη καφεΐνης είναι χαμηλή φυσικά δεν λησμονούνται ορισμένες παρενέργειες που συνδυάζονται με την υπερβολική κατανάλωσή του όπως αναιμία, στομαχικούς ερεθισμούς, ζάλη, αρτηριακή πίεση, αυξημένο καρδιακό παλμό, άγχος, διάρροια ή δυσκοιλιότητα, αϋπνία, αλλά και παρεμποδίζει την αξιοποίηση του ασβεστίου από τον οργανισμό¹⁴.

Οι Dulloo et al.¹⁴ ήταν οι πρώτοι που διερεύνησαν σε ενήλικους κατά πόσο το πράσινο τσάι θα μπορούσε να αυξήσει την οξείδωση του λίπους σε κατάσταση ηρεμίας. Σε αυτή την διπλή, τυφλή, διασταυρούμενη μελέτη, χορηγούνταν 3 δόσεις: 270 mg πράσινου τσαγιού, 150 mg καφεΐνης και ένα εικονικό φάρμακο σε μία περίοδο 24 ωρών. Οι συγγραφείς παρατήρησαν ότι συγκριτικά με το εικονικό φάρμακο και την καφεΐνη, η κατανάλωση πράσινου τσαγιού αύξησε σημαντικά την οξείδωση των λιπών εντός 24 h (76.2 ± 10.6 , 81.9 ± 8.7 και 103 ± 13 gr/24 h, αντίστοιχα). Ενδιαφέρον στοιχείο αποτέλεσε ότι τα ποσοστά οξείδωσης τους λίπους από το πράσινο τσάι ήταν 20% μεγαλύτερα σε σύγκριση με την καφεΐνη. Έτσι, οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η αύξηση της οξείδωσης των λιπών, μετά τη λήψη πράσινου τσαγιού, ήταν ανεξάρτητη της περιεκτικότητας σε καφεΐνη¹⁴.

Οι Rumpler et al.¹⁴⁸ κατέδειξαν από μελέτη τους ότι η λήψη ροφήματος πράσινου τσαγιού πλούσιου σε κατεχίνες κατά τη διάρκεια μιας περιόδου 24h (662 mg /ημέρα κατεχίνες, 270 mg/ημέρα καφεΐνης), προκάλεσε αύξηση κατά 12% στα ποσοστά οξείδωσης των λιπών. Ωστόσο, οι συγγραφείς δεν εντόπισαν κάποια διαφορά σε χαμηλότερη δόση (331 mg/ημέρα κατεχίνες, 135 mg/ημέρα καφεΐνης), γεγονός που υποδηλώνει ότι μια υψηλότερη δόση κατεχίνης απαιτείται για την τόνωση της οξείδωσης του λίπους¹⁴⁸.

Μέχρι σήμερα, δεν έχει προσδιοριστεί με ακρίβεια η ακριβής σύνθεση του πράσινου τσαγιού αναφορικά με τις κατεχίνες για την τόνωση της οξείδωσης του λίπους. Οι Gregersen et al.¹⁴⁹ αξιολόγησαν τα στοιχεία συνδυασμένης (~500 mg/13 h κατεχίνων) και

ατομικής (EGCG και EGC περίπου 600 mg/13 h) χορήγησης κατεχίνων και καφεΐνης (150 mg/13 h) επί ηρεμούντων μεταβολισμών για 13 ώρες σε ενήλικες. Τα άτομα έλαβαν πράσινο τσάι σε μικρές και συχνές δόσεις (82-214 mg) σε όλη αυτή την περίοδο. Οι συγγραφείς δεν εντόπισαν κάποια αύξηση στην οξείδωση των λιπών με οποιαδήποτε από τις θεραπείες σε σύγκριση με το εικονικό φάρμακο¹⁴⁹. Επειδή η απορρόφηση των κατεχινών είναι σχετικά δύσκολη, η κατάποση μικρών ποσοτήτων εφάπαξ κατά τη διάρκεια της ημέρας, μπορεί να οδηγήσει σε χαμηλές συγκεντρώσεις κατεχίνης στο πλάσμα, το οποίο μπορεί να εξηγήσει γιατί οι συγγραφείς δεν εντόπισαν κάποια αλλαγή στην οξείδωση του λίπους. Ωστόσο 2 ημέρες μέτριας πρόσληψης EGCG (300 mg/ημέρα) αλλά όχι σε όλες τις περιπτώσεις, έχει αποδειχθεί ότι αυξάνει τον μεταβολισμό του λίπους σε κατάσταση ηρεμίας¹⁴⁹.

Οι Hursel et al.⁷⁰ μελέτησαν το ρόλο του πράσινου τσαγιού στην απώλεια βάρους είτε μέσω οξείας πρόσληψής του (με ή χωρίς καφεΐνη) ή αν η καφεΐνη έχει μόνο τη δυνατότητα να αυξήσει την οξείδωση του λίπους σε κατάσταση ηρεμίας. Συνολικά, αξιοποίησαν στοιχεία 6 μελετών όπου διαπιστώθηκε ότι οι ομάδες θεραπείας που έλαβαν πράσινο τσάι είχαν σημαντικά μεγαλύτερα μέσα ποσοστά οξείδωσης του λίπους (16% υψηλότερη) σε σύγκριση με το εικονικό φάρμακο⁷⁰. Αυτό το αποτέλεσμα δεν παρατηρήθηκε στις μελέτες όπου χορηγήθηκε μόνο καφεΐνη, υποστηρίζοντας την υπόθεση ότι οι επιδράσεις του πράσινου τσαγιού είναι ανεξάρτητες από την περιεκτικότητα σε καφεΐνη. Επιπλέον, εξαρτώμενη από τη δόση απόκριση στη οξείδωση του λίπους παρατηρήθηκε για κάθε αύξηση 1 mg κατεχίνης εντός 24 h⁷⁰.

Οι Rudelle et al.¹⁵⁰ πραγματοποίησαν μια διπλή, τυφλή, ελεγχόμενη με εικονικό φάρμακο, μελέτη που έδειξε ότι η κατανάλωση ενός ποτού που περιέχει κατεχίνες πράσινου τσαγιού, καφεΐνη και ασβέστιο αυξάνει ενεργειακή δαπάνη εντός 24h κατά 4,6%, χωρίς η συμβολή μεμονωμένα των συστατικών να μπορεί να διακριθεί¹⁵⁰. Το σωματικό βάρος, τα τριγλυκερίδια στο πλάσμα, η χοληστερόλη και η χαμηλής πυκνότητας λιποπρωτεΐνη χοληστερόλη μειώνεται σημαντικά όταν χορηγήθηκαν σε ζώα φύλλα πράσινου τσαγιού. Πρόσφατα στοιχεία από μελέτες σε ανθρώπους δείχνουν ότι η κατανάλωση πράσινου τσαγιού και εκχυλισμάτων τσαγιού μπορεί να βοηθήσει στη μείωση του σωματικού βάρους, κυρίως μειώνοντας το σωματικό λίπος με αύξηση της μεταγευματικής θερμογένεσης και της οξείδωσης^{13,71}.

3.6. Ο ρόλος του χρωμίου στην απώλεια βάρους

Τα τελευταία χρόνια έχουν αυξηθεί τα στοιχεία που συνηγορούν στον ενεργό ρόλο του χρωμίου στην απώλεια βάρους και στην αύξηση της μυϊκής μάζας. Το χρώμιο ως ιχνοστοιχείο εντοπίζεται σε μια σειρά τροφίμων όπως η μαγιά μύρας, το τυρί, τα μανιτάρια, το φύτρο του σιταριού και θεωρείται ένα απαραίτητο θρεπτικό συστατικό. Λόγω της ανεπάρκειας των μεθόδων για την αξιολόγηση της επίδρασης του χρωμίου, η Αμερικανική Επιτροπή Τροφίμων και Διατροφής όρισε ως συνιστώμενη ημερήσια πρόσληψη τα 20-30 μg . Οι πρώτες πληροφορίες αναφορικά με το βιολογικό ρόλο του χρωμίου εμφανίστηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1950 ενώ από το 1996 το χρώμιο θεωρείται ως ιχνοστοιχείο απαραίτητο για την εύρυθμη λειτουργία του οργανισμού. Το χρώμιο εμπλέκεται σε πολλές διαφορετικές διαδικασίες συμπεριλαμβανομένου του μεταβολισμού των λιπιδίων και των σακχάρων έχει και παρενέργειες όπως ναυτία, διάρροια, στομαχικές διαταραχές, βλάβη στο ύπαρ, αϋπνία, νευρική κατάσταση¹⁵¹.

Οι Anderson και Kozlovsky¹⁵² ανέφεραν ότι πολλοί ενήλικοι άνθρωποι στις Η.Π.Α. δεν καταναλώνουν περισσότερα από 50 $\mu\text{g d}^{-1}$ χρωμίου. Ο Evans¹⁵³ ήταν ο πρώτος που ανέφερε το ρόλο του πικολινικού χρωμίου στην αύξηση μυϊκού ιστού και στην απώλεια βάρους. Στη συγκεκριμένη μελέτη συμμετείχαν φοιτητές και ενήλικοι αθλητές ποδοσφαίρου στους οποίους χορηγήθηκαν 200 mg πικολινικού χρωμίου ή εικονικό φάρμακο κάθε μέρα για 40 έως 42 ημέρες. Εκείνα τα άτομα που έλαβαν σκευάσματα χρωμίου απέκτησαν σημαντικά πιο άπαχη μάζα σώματος σε σύγκριση με την ομάδα του εικονικού φαρμάκου. Ωστόσο, η μάζα σώματος υπολογίστηκε μόνο από την καταγραφή της περιφέρειας με τις μεταβολές να είναι μικρές και με το σφάλμα μέτρησης να επηρεάζει τα τελικά αποτελέσματα¹⁵³.

Μεταγενέστερες μελέτες των Lukashi et al.¹⁵⁴ δεν επιβεβαίωσαν τα αποτελέσματα του Evans. Σε αυτές τις ελεγχόμενες μελέτες, που χρησιμοποιούνται πιο εξελιγμένες τεχνικές για τη μέτρηση της σωματικής σύνθεσης, δεν εντοπίστηκαν μεταβολές της ενέργειας της άλιπης μάζας σώματος. Σε μία από τις μελέτες των Lukaski et al.¹⁵⁴ προέκυψε το συμπέρασμα ότι υπό συνθήκες ελεγχόμενης πρόσληψης ενέργειας, το συμπλήρωμα χρωμίου δεν επέδρασε στη σύνθεση του σωματικού βάρους ή της σύνθεσης. Η συμπλήρωση 200 mg χρωμίου δεν προάγει την απώλεια βάρους ή την αλλαγή στη σύνθεσή του¹⁵⁴.

Οι Yazaki et al.¹⁵⁵ πραγματοποίησαν μελέτη αναφορικά με την επίδραση του πικολινικού χρωμίου στην απώλεια βάρους σε συνδυασμό με διατροφική εκπαίδευση στην

σε φαινομενικά υγιείς υπέρβαρους ενήλικες. Ειδικότερα, διενήργησαν μια διπλή - τυφλή, ελεγχόμενη με εικονικό φάρμακο μελέτη σε συνολικά 80 κατά τα άλλα υγιείς υπέρβαρους ενήλικες οι οποίοι αξιολογήθηκαν κατά την έναρξη της μελέτης για κεντρική παχυσαρκία με αξονική τομογραφία. Οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν τυχαία σε ομάδες που λάμβαναν καθημερινά 1.000 mg πικολινικού χρωμίου ή εικονικού φαρμάκου για 24 εβδομάδες. Όλοι οι συμμετέχοντες ακολούθησαν παθητική διατροφική εκπαίδευση στις 12 εβδομάδες σε αμφότερες τις ομάδες παρέμβασης και ελέγχου¹⁵⁵. Με βάση τα αποτελέσματά τους, κατά την έναρξη της μελέτης οι συμμετέχοντες που έλαβαν χρώμιο και εκείνοι του εικονικού φαρμάκου, είχαν παρόμοιες μέσες τιμές Δείκτη Μάζας Σώματος (BMI) (χρώμιο = 36 ± 6.7 kg/m² έναντι εικονικού φαρμάκου = $36,1 \pm 7,6$ kg/m²). Μετά από 12 εβδομάδες, δεν παρατηρήθηκε καμία αλλαγή στο ΔΜΣ τόσο για το χρώμιο όσο και για την ομάδα που έλαβε εικονικό φάρμακο (χρώμιο = $0,3 \pm 0,8$ kg/m² έναντι εικονικού φαρμάκου = $0,0 \pm 0,4$ kg/m²) ενώ καμία αλλαγή δεν παρατηρήθηκε στο ΔΜΣ και μετά από 24 εβδομάδες (χρώμιο = $0,1 \pm 0,2$ kg/m² έναντι εικονικού φαρμάκου = $0,0 \pm 0,5$ kg/m²). Συμπερασματικά, η λήψη 1.000 mg πικολινικού χρωμίου και μόνο σε συνδυασμό με διατροφική εκπαίδευση δεν επηρεάζει σημαντικά την απώλεια βάρους¹⁵⁵.

Σε μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σε βοοειδή και αρουραίους στα οποία χορηγήθηκαν σκευάσματα διατροφής με υψηλή περιεκτικότητα χρωμίου, μειώθηκαν τα επίπεδα της ολικής χοληστερόλης, της LDL χοληστερόλης, των τριγλυκεριδίων και των μη - εστεροποιημένων λιπαρών οξέων ενώ συμβάλλει στην αύξηση της β - οξειδωσης. Η συμπλήρωση ιόντων χρωμίου (> από 1 mg/kg σωματικού βάρους) προκαλεί επίσης δοσοεξαρτώμενη μείωση στις συγκεντρώσεις λεπτίνης στον ορό σε αρουραίους με παρόμοια τάση να εκδηλώνεται και στους ανθρώπους¹⁵⁶.

Παρά τις πολυάριθμες μελέτες, δεν υπάρχει σαφής εξήγηση πώς τα ιόντα χρωμίου επηρεάζουν το μεταβολισμό των λιπιδίων και υδατανθράκων. Υπάρχουν διάφορες θεωρίες που εξηγούν επιπτώσεις του χρωμίου στο μεταβολισμό της γλυκόζης. Μεταξύ αυτών, η πιο ευρέως αποδεκτή υπόθεση είναι ότι εμπλέκεται μέσω ενός ολιγοπεπτιδίου, που ονομάζεται χρωμοδουλίνη (LMWCr). Στις περισσότερες μελέτες η επίδραση των συμπληρωμάτων Cr επί του μεταβολισμού των λιπιδίων και των υδατανθράκων δεν είναι απόλυτα εμφανής. Σε μελέτες των Lukashi et al.¹⁵⁴ και Yazaki et al.¹⁵⁵ και με ελεγχόμενη την ενεργειακή πρόσληψη δεν προέκυψε μείωση του σωματικού βάρους από τη χορήγηση συμπληρώματος χρωμίου (200 µg Cr/ημέρα). Παρά την υψηλή δημοτικότητα των

συμπληρωμάτων Cr, φαίνεται ότι δεν είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικό στην προσπάθεια παρατεταμένης απώλειας βάρους^{154,155}.

3.7. Ο ρόλος του λινολεϊκού οξέος στην απώλεια βάρους

Ο ρόλος του λινολεϊκού οξέος στην απώλεια βάρους έχει εκτενώς παρατηρηθεί σε μελέτες σε ποντικούς. Στις συγκεκριμένες μελέτες έχουν παρατηρηθεί μεταβολές στο σωματικό βάρος και τη σύνθεσή του όταν στη διατροφή προστίθεται συζευγμένο λινολεϊκό οξύ (Conjugated Linoleic Acids, CLA). Οι Park et al.¹⁵⁷ αναφέρουν ότι σε ποντίκια που έλαβαν συμπλήρωμα 0,5% CLA εμφάνισαν 60% μείωση του σωματικού λίπους και αύξηση κατά 14% στην άλιπη μάζα σώματος. Οι Rahman et al.¹⁵⁸ οδηγήθηκαν σε παρόμοια συμπεράσματα καθώς ανέφεραν σημαντική μείωση στο σωματικό βάρος σε ποντίκια τα οποία χορηγήθηκε 1% CLA για 4 εβδομάδες με μείωση των επιπέδων λίπους που έφθασε το 44%¹⁵⁸.

Με βάση τα αποτελέσματα από μελέτες σε ζώα, υπάρχουν σημαντικά στοιχεία αναφορικά με την ευεργετική επίδραση του λινολεϊκού οξέος στην απώλεια βάρους σε ανθρώπους. Οι Malpuech - Brugère et al.¹⁵⁹ πραγματοποίησαν μια μελέτη αναφορικά με την επίδραση δύο ισομερών CLA (c9, t11 και t10, c12) στη λιπώδη μάζα του ανθρώπινου σώματος. Υπέρβαροι ενήλικοι υγιείς άνδρες κατανεμήθηκαν σε επιμέρους ομάδες οι οποίοι ελάμβαναν καθημερινά υψηλές (3 gr) και χαμηλές (1,5 gr) δόσεις c9, t11 και t10, c12 για 18 εβδομάδες καθώς και μια ομάδα ελέγχου που λάμβανε εικονικό φάρμακο. Μετά την περίοδο παρέμβασης δεν υπήρχαν σημαντικές αλλαγές, μεταξύ όλων των ομάδων ελέγχου στη μάζα του σωματικού λίπους αλλά και σε άλλες παραμέτρους της σύνθεσης του σώματος (δείκτης μάζας σώματος, βάρος, % σωματικού λίπους)¹⁵⁹.

Σε μελέτη των Gaullier et al.¹⁶ όπου χορηγήθηκαν χρόνια σκευάσματα CLA τα οποία περιείχαν ισομερή c9, t11 και t10, c12, προέκυψαν θετικές επιπτώσεις στη σύνθεση του σώματος. Οι Gaullier et al.¹⁶ εντόπισαν σημαντική μείωση της μάζας σωματικού λίπους τόσο μετά από 6 μήνες (-3,4%) όσο και μετά από 12 μήνες (-8,7% CLA - TG, -6,9% CLA - FFA) σε σύγκριση με εικονικό φάρμακο¹⁶.

Το ενδιαφέρον για το ρόλο του CLA ως ρυθμιστή του σωματικού λίπους, έχει οδηγήσει πολλές μελέτες να παρουσιάζουν διαφορές αναφορικά με τη δοσολογία ισομερών αλλά

και τη διάρκεια. Οι Whigham et al.¹⁶⁰ πραγματοποίησαν μια μετα - ανάλυση 18 μελετών όπου έχει διερευνηθεί η επίδραση του CLA στη σύσταση του σώματος. Με βάση στοιχεία 3 μελετών, η μείωση του σωματικού λίπους δεν μπορεί να επιτευχθεί από την ενιαία προσθήκη ισομερών CLA στον οργανισμό (c9, t11 και t10, c12). Ωστόσο, η μετα - ανάλυση συνολικά των στοιχείων κατέληξε στο συμπέρασμα συμπλήρωση ότι 3,2 gr CLA ανά ημέρα είναι αποτελεσματική στην απώλεια λίπους σε μέτριο βαθμό (0,05 kg/εβδομάδα) καθώς μπορεί να υπάρξουν παρενέργειες όπως αυξημένη συσσώρευση λίπους στο συκώτι, φλεγμονή, προκαλεί αντίσταση στην ινσουλίνη με χαμηλότερα επίπεδα HDL και επίσης μπορεί να προκαλέσει άλλες, λιγότερο σοβαρές, παρενέργειες, όπως διάρροια, πόνο στο στομάχι, ναυτία και μετεωρισμό¹⁶⁰.

Στους ανθρώπους έχουν πραγματοποιηθεί μόνο βραχυπρόθεσμες κλινικές μελέτες με μικρό αριθμό ατόμων. Σε ορισμένες μελέτες, η χορήγηση CLA με ένα μίγμα από ισομερή βιοδραστικά cis - 9, trans - 11 και trans - 10 και cis - 12 αποδείχθηκε μείωση στα επίπεδα του λίπους ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις σημειώθηκαν αυξήσεις στην άλιπη μάζα⁸³. Σε άλλες βραχυπρόθεσμες μελέτες με τη χρήση διαφορετικών μεθόδων και τεχνολογίας, όπως μετρήσεις σώματος, σύνθεση σώματος, ημερήσια δοσολογία CLA, δεν έδειξαν κάποια αλλαγή σε επίπεδο λίπους, γεγονός που εγείρει ερωτήματα σχετικά με τη συνοχή των αποτελεσμάτων του CLA στην BFM και LBM σε ανθρώπους. Προηγούμενες βραχυπρόθεσμες μελέτες κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα σκευάσματα CLA ήταν ασφαλή. Οι μόνες ανεπιθύμητες ενέργειες που αναφέρθηκαν σε αυτές τις μελέτες ήταν οι γαστρεντερικές ενοχλήσεις^{160,161}. Σε μελέτες των Basu et al.¹⁶³ αποδείχθηκε ότι το CLA μπορεί να επάγει την υπεροξειδωση των λιπιδίων.

Οι Riserus et al.¹⁶⁴ πραγματοποίησαν μια διπλή, ελεγχόμενη με εικονικό φάρμακο μελέτη σε 24 ενήλικες άνδρες με μέση αρχική τιμή BMI 32 kg/m², χορηγώντας 4.2 gr CLA ανά ημέρα ή εικονικό φάρμακο για 4 εβδομάδες. Μαζί με άλλες παραμέτρους που σχετίζονταν με το βάρος, η μελέτη αξιολόγησε επίσης τις επιπτώσεις της CLA στην τοξοειδή κοιλιακή διάμετρο (SAD), όπως η κοιλιακή παχυσαρκία. Στο τέλος της περιόδου μελέτης, διαπιστώθηκε ότι υπήρχε σημαντική μείωση στην κοιλιακή διάμετρο. Ωστόσο, δεν υπήρχε διαφορά φαίνεται στο σωματικό βάρος ή το δείκτη BMI. Επίσης, απέδειξαν ότι ένα παρασκεύασμα με υψηλές συγκεντρώσεις trans - 10, cis-12 και CLA προκαλεί αυξήσεις στην απέκκριση F2 - ισοπροστανίου και αντίσταση στην ινσουλίνη σε άνδρες με μεταβολικό σύνδρομο¹⁶⁴.

Οι Blankson et al.¹⁶¹ πραγματοποίησαν μια διπλή τυχαιοποιημένη μελέτη ελεγχόμενη με εικονικό φάρμακο στην οποία 52 ενήλικοι ασθενείς (35 γυναίκες και 17 άνδρες) με BMI μεταξύ 25 και 35 kg/m² τυχαιοποιήθηκαν να λάβουν CLA 1.7, 3.4, 5.1, ή 6.8 g ανά ημέρα ή εικονικό φάρμακο (9 γραμμάρια ελαιόλαδο) για 12 εβδομάδες. Στο τέλος των 12 εβδομάδων, τα αποτελέσματα έδειξαν μία μείωση στη μάζα σωματικού λίπους (BFM) 1,73 kg στην ομάδα που έλαβε CLA 3,4 γραμμάρια και μείωση 1,3 kg στην ομάδα που έλαβε 6,8 γραμμάρια ενώ, δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη μάζας σώματος ή την άλιπη μάζα.

Σε ορισμένες μελέτες σημειώνεται ότι το CLA μπορεί να έχει την τάση να αυξάνει την ισχνή μάζα σώματος. Επιπλέον, υπάρχουν ενδείξεις από μελέτες σε ζώα ότι το CLA μπορεί να έχει σημαντικές επιπτώσεις επί των λιπιδίων του πλάσματος. Ωστόσο, μόνο μία μελέτη σε ανθρώπους έδειξε σημαντική ελάττωση της HDL – χοληστερόλης. Σε όλες τις άλλες μελέτες, δεν υπήρξαν σημαντικές επιπτώσεις στις συγκεντρώσεις HDL και LDL. Έτσι, τα αποτελέσματα των μελετών σε ανθρώπους δείχνουν ότι η επίδραση του CLA στο σωματικό λίπος είναι σημαντικά μικρότερη από ότι αναμενόταν από μελέτες σε ποντίκια ενώ δεν έχει και μείζονα επίδραση στα λιπίδια του πλάσματος¹⁶⁵.

Οι Risérus et al.¹⁶⁶ σημειώνουν ότι ενεργό ρόλο στην απώλεια λίπους και στο μεταβολισμό των λιπιδίων έχουν τα ισομερή c9, t11 και t10, c12 ενώ περισσότερο από το 90% της συνολικής πρόσληψης CLA από τα τρόφιμα εξηγεί την πρόσληψη των cis -9, trans - 11 ισομερών. Τα αποτελέσματα των μελετών σε ενήλικους ανθρώπους δείχνουν ότι η επίδραση του trans - 10, cis - 12 CLA ισομερούς στο σωματικό λίπος είναι σημαντικά μικρότερη από ότι αναμενόταν από τις μελέτες ποντίκια και ότι το CLA δεν έχει μείζονα επίδραση στα λιπίδια του πλάσματος. Επιπλέον, μελέτες ποντίκια έδειξαν ότι τα ισομερή trans - 10, cis-12 μπορεί να έχουν κάποιες ανεπιθύμητες παρενέργειες, όπως η αντίσταση στην ινσουλίνη, οι αυξημένες συγκεντρώσεις ινσουλίνης στο πλάσμα, μειωμένες συγκεντρώσεις λεπτίνης. Μερικές από αυτές τις επιδράσεις μπορεί να είναι άμεσα εμφανείς στους ανθρώπου ή μπορεί να χρειαστούν πρόσθετες μελέτες^{166,167}.

3.8. Ο ρόλος της ταυρίνης στην απώλεια βάρους

Η ταυρίνη τα τελευταία χρόνια έχει συνδεθεί με αυξημένο μεταβολισμό του λίπους. Σε μια μελέτη από τους Rutherford et al.¹⁶⁸ ερευνήθηκε η επίδραση της ταυρίνης στα επίπεδα αντοχής και απόδοσης πριν από παρατεταμένη ποδηλασία σε ομάδα που έλαβε σχετικό συμπλήρωμα σε σύγκριση με μια ομάδα ελέγχου που οι συμμετέχοντες έλαβαν εικονικό φάρμακο. Οι συμμετέχοντες εναλλάσσονταν σε 67% $\text{VO}_{2\text{max}}$ για 90 λεπτά που ακολουθούνταν από ένα διάστημα δοκιμής. Μία ώρα πριν από την έναρξη της άσκησης, οι συμμετέχοντες ανάλογα λάμβαναν 1,66 gr ταυρίνη ή το εικονικό φάρμακο¹⁶⁸. Οι συγγραφείς δεν παρατήρησαν σημαντικές επιδράσεις της ταυρίνης στην απόδοση αλλά ήταν ιδιαίτερα ενδιαφέρον το γεγονός ότι αυξήθηκε κατά 16% η συνολική οξείδωση των λιπών κατά τη διάρκεια των 90 λεπτών της άσκησης σε σχέση με την ομάδα που έλαβε εικονικό φάρμακο¹⁶⁸.

Ωστόσο, αν και οι συγγραφείς ανέφεραν αύξηση της οξείδωσης των λιπών με τη χορήγηση ταυρίνης, η RER δεν ήταν σημαντικά διαφορετική. Επίσης υπάρχει μια διαφορά στην οξείδωση του λίπους κατά την έναρξη της άσκησης η οποία ελαττώνεται όσο εξελίσσεται η άσκηση. Αυτό το στοιχείο θα μπορούσε να δικαιολογήσει την διαφορά στην οξείδωση των λιπών που όμως δεν οφείλεται στη χορήγηση ταυρίνης. Τα ευρήματα της συγκεκριμένης έρευνας έρχονται σε αντίθεση με στοιχεία άλλων ερευνών που σημειώνουν τον ενεργό ρόλο της ταυρίνης στην απώλεια βάρους¹⁶⁹. Οι Rutherford et al.¹⁶⁸ σημειώνουν στη μελέτη τους, η ταυρίνη μπορεί να είχε μια επίδραση στην αύξηση της οξείδωσης των λιπών μέσω της ενεργοποίησης της αδενυλκυκλοκλάσης, αυξάνοντας το cAMP και κατ' επέκταση τη λιποδιάλυση¹⁶⁸.

Ορισμένοι ερευνητές σημειώνουν τα μειωμένα επίπεδα ταυρίνης στο πλάσμα σε παχύσαρκα άτομα και ζώα. Αυτό το στοιχείο σε συνδυασμό με τη μεταβολική ανισορροπία της παχυσαρκίας και των πιθανών αντιφλεγμονωδών και αντιοξειδωτικών δράσεων της ταυρίνης, υπογραμμίζουν τη σημασία της ως συμπλήρωμα στη θεραπεία της παχυσαρκίας. Οι Rosa et al.¹⁷⁰ πραγματοποίησαν μια τυχαιοποιημένη, διπλή μελέτη ελεγχόμενη με εικονικό φάρμακο διεξήχθη σε 16 ενήλικες γυναίκες με διάγνωση της παχυσαρκίας και 8 ενήλικες γυναίκες με κανονικό βάρος. Οι παχύσαρκες εθελόντριες ίδιας ηλικίας και δείκτη μάζας σώματος έλαβαν τυχαία είτε το εικονικό φάρμακο (3 gr/ημέρα) ή ταυρίνη (3 gr/ημέρα). Από τα στοιχεία της έρευνας προέκυψε ότι τα επίπεδα ταυρίνης στο πλάσμα ήταν σημαντικά μειωμένα (41%) στα παχύσαρκα άτομα. Τόσο όσες έλαβαν εικονικό φάρμακο όσο και ταυρίνη παρουσίασαν σημαντική μείωση στο βάρος (3%),

χωρίς διαφορές μεταξύ των ομάδων. Η διαφορά της ταυρίνης σε σχέση με το εικονικό φάρμακο ήταν η σημαντική αύξηση στην ταυρίνης πλάσματος (97%), στην αδιπονεκτίνη (12%) και στο δείκτη υπεροξειδωσής των λιπιδίων¹⁷⁰.

Η ταυρίνη δεν μπορεί να λειτουργήσει μεμονωμένα στη λιπόλυση καθώς αλληλοσυσχετίζεται με την ινσουλίνη την αδρεναλίνη και τη γλυκερόλη και σημειώνεται η ύπαρξη παρενεργειών από την αυξημένη χρήση της όπως διάρροια και έλκη στο στομάχι^{93,94,95}. Η θετική επίδραση της ταυρίνης στη λιπόλυση αναφέρεται και στους ενήλικους ανθρώπους με τους Zhang et al.¹¹⁹ να σημειώνουν σημαντική μείωση τους βάρους σε ενήλικα παχύσαρκα άτομα μετά τη χορήγηση ταυρίνης για διάστημα 7 εβδομάδων. Επιπλέον, η ταυρίνη ρυθμίζει την έκφραση γονιδίων για τη γλυκόζη, την έκκριση ινσουλίνης, διεγείρει τη φωσφορυλίωση της τυροσίνης του υποδοχέα της ινσουλίνης στο ήπαρ και τα μυϊκά κύτταρα και αποτρέπει τη συσσώρευση λιπιδίων που προκαλούν παχυσαρκία με την αύξηση ενεργειακών δαπανών στην κατάσταση ηρεμίας. Οι Tsuboyama et al.¹⁷¹ σε ποντίκια που ακολούθησαν μια δίαιτα που περιελάμβανε 60% λίπος λαμβάνοντας ταυτόχρονα 5% ταυρίνης, ανέφεραν αλλαγές στο λευκό λιπώδη ιστό (WAT), υψηλότερα επίπεδα mRNA λιποπρωτεϊνικής λιπάσης, ακυλο - CoA οξειδάση, ακυλο - CoA συνθετάση και μέσης αλυσού ακυλ-CoA αφυδρογονάση σε σχέση με ποντικούς που ακολούθησαν δίαιτα χωρίς ταυρίνη.

Σε μελέτη των Rutherford et al.¹⁶⁸ ερευνήθηκε η χορήγηση ταυρίνης πριν από παρατεταμένη ποδηλασία για βελτίωση της απόδοσης σε σύγκριση με δοκιμή ελέγχου εικονικών φαρμάκων. Στους ενήλικους συμμετέχοντες χορηγήθηκε 67% VO_{2max} για 90 λεπτά που ακολουθήθηκε από χρόνο δοκιμής. Εντός μίας ώρας από την έναρξη της δραστηριότητας, έλαβαν 1,66 gr ταυρίνης. Οι συγγραφείς δεν ανέφεραν κάποια επίδραση στις επιδόσεις αλλά μία αύξηση της συνολικής οξειδωσής των λιπών κατά 16% κατά τη διάρκεια της άσκησης (εντός 90 λεπτών). Η οξείδωση των λιπών από τη χορήγηση ταυρίνης παρουσίαζε διαφορά κατά την έναρξη της άσκησης και κατά την εξέλιξή της. Τα ευρήματα των συγκεκριμένων μελετητών ήταν αντίθετα από τη μελέτη των Galloway et al.¹⁶⁹ οι οποίοι δεν ανέφεραν επιδράσεις της ταυρίνης στην οξείδωση του λίπους. Ωστόσο, στη συγκεκριμένη μελέτη η χορήγηση υδατανθράκων πριν ή κατά τη διάρκεια της άσκησης μπορεί να επηρέασε οποιαδήποτε επίδραση της ταυρίνης μπορεί να είχαν. Rutherford et al.¹⁶⁸ τόνισαν στη μελέτη τους ότι η ταυρίνη μπορεί να επέδρασε στην οξείδωση του λίπους και τη λιποδιάλυση μέσω της ενεργοποίησης της αδενυλκυκλοκλάσης αυξάνοντας το cAMP.

3.9. Ο ρόλος της καψαϊκίνης στην απώλεια βάρους

Ο ρόλος της καψαϊκίνης στην απώλεια βάρους έχει μελετηθεί διεξοδικά τόσο από την εφάπαξ πρόσληψη όσο και από την ένταξή της στην καθημερινή διατροφή. Τα στοιχεία είναι αμφιλεγόμενα τόσο από τις επιδράσεις της στην οξείδωση του λίπους όσο και στην αύξηση της ενεργειακής δαπάνης. Οι Yoshioka et al.¹⁷² ανέφεραν αύξηση στην οξείδωση του λίπους από την πρόσληψη καψαϊκίνης μέσω τροφίμων πλούσιων στο συγκεκριμένο συστατικό όπως το κόκκινο πιπέρι. Αυξημένη οξείδωση των λιπών μετά τη λήψη καψαϊκίνης ανέφεραν και οι Josse et al.¹⁷³. Αντίθετα, καμία επίδραση της καψαϊκίνης στην οξείδωση του λίπους δεν ανέφεραν οι Smeets & Westerterp με παρενέργειες (πχ στομαχικές διαταραχές) η σημαντικότερη των οποίων ότι αυξάνει τον κίνδυνο για καρκίνο του στομάχου¹⁷⁴.

Στην πλειοψηφία των μελετών όπου εξετάστηκε ο ρόλος της καψαϊκίνης στην απώλεια βάρους ενηλίκων, οι μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στο μεταβολισμό των λιπιδίων και στην ενεργειακή δαπάνη ήταν εμφανής. Οι Lejeune et al.¹⁷⁵ για την εξέταση του ρόλου της καψαϊκίνης στην απώλεια βάρους, χορήγησαν 135 mg/ημέρα καψαϊκίνης κατά τη διάρκεια μιας περιόδου συντήρησης βάρους 3 μηνών μετά από μια πολύ μικρή παρέμβαση στη διατροφή ελαφρώς παχύσαρκων ατόμων. Ταυτόχρονα, συγκεντρώθηκαν στοιχεία από ομάδα που λάμβανε εικονικό φάρμακο. Τα στοιχεία κατέδειξαν αύξηση στα επίπεδα οξείδωσης του λίπους και ενεργειακής δαπάνης στην ομάδα της καψαϊκίνης σε σύγκριση με την ομάδα του εικονικού φαρμάκου¹⁷⁵.

Η καθημερινή πρόσληψη καψινοειδών για 2-12 εβδομάδες έχει επίσης αναφερθεί ότι αυξάνει την ενεργειακή δαπάνη και την οξείδωση του λίπους. Το σωματικό ή/και το σπλαχνικό λίπος μειώνονται επίσης μετά από παρατεταμένη πρόσληψη καψαϊκίνης πιθανώς ως αποτέλεσμα της αυξημένη οξείδωση των λιπών και της κατανάλωσης ενέργειας. Ειδικότερα, η πρόσληψη καψαϊκίνης αύξησε τις ενεργειακές δαπάνες σε κατάσταση ηρεμίας κατά 227 kJ/ημέρα οι οποίες θα μπορούσαν θεωρητικά να οδηγήσουν σε μείωση του σωματικού λίπους κατά 180 gr σε ένα μήνα¹⁷⁶.

Έπειτα από μελέτες σε ζώα, έχουν υπάρξει διάφορες εκθέσεις σχετικά με τις επιπτώσεις της πρόσληψης καψαϊκίνης στον άνθρωπο με τα αποτελέσματα να είναι μάλλον αντιφατικά. Οι Yoshioka et al.¹⁷² αναφέρουν ότι η πρόσληψη 10 gr κόκκινου πιπεριού αυξάνει την ενεργειακή δαπάνη εντός 3 ωρών και ότι η συγκεκριμένη μειώνει την άπροπρανολόλη, ενός β - αδρενεργικού αποκλειστή. Η θερμογόνος δράση του κόκκινου

πιπεριού ήταν εμφανής και μεγαλύτερη μετά από τη λήψη ενός γεύματος υψηλού λίπους έναντι υδατανθράκων. Η πρόσληψη καψαϊκίνης κατά τη διάρκεια του γεύματος αυξάνει την ενεργειακή δαπάνη και την οξείδωση των λιπιδίων¹⁷².

Οι Hwang et al.¹⁷⁷ αναφέρουν ότι η καψαϊκίνη αναστέλλει την διαδικασία διαφοροποίησης των 3T3 - L1 λιποκυττάρων και αυτό μπορεί να σχετίζεται με το μηχανισμό με τον οποίο η καψαϊκίνη ελέγχει τη λιπογένεση. Οι μελετητές σημειώνουν ότι η AMP - ενεργοποιημένη πρωτεϊνική κινάση (AMPK) είναι απαραίτητη για την αναστολή της διαφοροποίησης των λιποκυττάρων που προκαλείται από την καψαϊκίνη. Η AMPK ρυθμίζει τους αδιπογονικούς παράγοντες, ενεργοποιείται από τον πολλαπλασιαστή περοξυσώματος υποδοχέα γ (PPAK-γ) και συνδέεται με την CCAAT πρωτεΐνη - άλφα (C / EBP-α), που είναι οι κεντρικοί ρυθμιστές της αδιπογένεσης και αποθήκευσης των λιπιδίων στα λιποκύτταρα. Η καψαϊκίνη έχει αναφερθεί ότι καταστέλλει την πρωτεϊνική έκφραση του PPAK-γ και της C/EBP - α κατά τη διάρκεια του σταδίου της διαφοροποίησης των λιποκυττάρων¹⁷⁸.

Ωστόσο, τα επίπεδα έκφρασης του mRNA των γονιδίων που σχετίζονται με το λιπιδικό καταβολισμό στα λιποκύτταρα μέσω της πρόσληψης καψαϊκίνης παραμένουν ασαφείς. Η καψαϊκίνη μειώνει τα ενδοκυτταρικά λιπίδια ανάλογα με τον τρόπο συγκέντρωσής τους. Με την πρόσληψη καψαϊκίνης αυξάνεται η απελευθέρωση γλυκερόλης στο μέσο ενώ τα επίπεδα mRNA γονιδίων που εμπλέκονται στον καταβολισμό των λιπιδίων όπως της ευαίσθητης ορμόνης λιπάσης (HSL), της καρνιτίνης παλμιτοϋλο - τρανσφεράσης - Ια (CPTI-α) και της πρωτεΐνης 2 (UCP2), παρουσιάζουν ανάλογες αυξήσεις. Αυτά τα στοιχεία υποδηλώνουν ότι η καψαϊκίνη ασκεί λιπολυτική δράση αυξάνοντας την υδρόλυση της τριακυλογλυκερόλης στα λιποκύτταρα και επηρεάζοντας την έκφραση πολλαπλών γονιδίων που εμπλέκονται στη λιπιδική καταβολική οδό¹⁷⁹.

3.10. Ο ρόλος της χολίνης στην απώλεια βάρους

Σε γενικές γραμμές, η απώλεια βάρους συνδέεται με μείωση του σωματικού λίπους. Όταν ένας άνθρωπος καταναλώνει περισσότερες θερμίδες από ό,τι καίει, το σώμα αποθηκεύει λίπος ενώ το αντίστροφο οδηγεί σε μείωση του σωματικού λίπους¹⁸⁰. Η χολίνη διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στο μεταβολισμό του λίπους καθώς το μετατρέπει σε πηγή ενέργειας. Η χολίνη είναι επίσης αποτελεσματική στο μεταβολισμό των λιπών, έχει συνδεθεί με μεγαλύτερο επίπεδο κορεσμού το οποίο με τη σειρά του οδηγεί σε μια μειωμένη κατανάλωση θερμίδων και κατ' επέκταση τη συνολική απώλεια βάρους. Σύμφωνα με μελέτες που πραγματοποιήθηκαν από το Louisiana State University Pennington Biomedical Research Center¹⁸¹, η προσθήκη χολίνης βοηθά στην απώλεια βάρους σε μεγαλύτερο βαθμό έναντι των υδατανθράκων αλλά σημειώνονται και παρενέργειες όπως ναυτία, απώλεια της όρεξης και αυξημένη θερμοκρασία του σώματος.

Η πρόσληψη χολίνης μέσω συμπληρωμάτων αυξάνει σημαντικά τα επίπεδά της στο πλάσμα. Κατά τη διάρκεια της άσκησης, η μετατροπή του λίπους και της γλυκόζης σε ενέργεια λαμβάνει χώρα μέσω μιας διαδικασίας γνωστής ως οξειδωσης¹⁸². Η χολίνη είναι ένας λιπολυτικός παράγοντας που έχει αποδειχθεί ότι ενισχύει τη σύνθεση και την απελευθέρωση της ακετυλοχολίνης στη νευρομυϊκή σύνδεση. Έχει παρατηρηθεί ότι υπάρχει μια μείωση της συγκέντρωσης χολίνης στο πλάσμα σε αθλητές μετά από τρέξιμο μααραθωνίου. Ως εκ τούτου, η συμπλήρωση χολίνης μπορεί να βελτιώσει την ισορροπία της ακετυλοχολίνης και να λειτουργήσει ως προληπτικός παράγοντας μείωσης της σωματικής απόδοσης. Ωστόσο, δεν υπάρχουν οριστικές μελέτες σχετικά με τις επιδράσεις των συμπληρωμάτων χολίνης σε φυσιολογικά υγιή άτομα¹⁸².

Η χολίνη συμβάλλει στη διατήρηση των επιπέδων καρνιτίνης στους ανθρώπους. Επιπλέον, μια δίαιτα χολίνης μειώνει το ποσοστό του σωματικού λίπους και το αυξημένο ποσοστό της πρωτεΐνης χωρίς σημαντική αλλαγή του σωματικού βάρους¹⁸⁷. Η χολίνη εμπλέκεται σε ορισμένες κρίσιμες διαδικασίες όπως η βιοσύνθεση του νευροδιαβιβαστή ακετυλοχολίνη και του κύριου συστατικού της μεμβράνης φωσφατιδυλοχολίνη (PC). Η PC μπορεί να συντεθεί είτε από την οδό της CDP - χολίνης ή μέσω της μεθυλίωσης της φωσφατιδυλαιθανολαμίνης από φωσφατιδυλαιθανολαμίνης N - μεθυλοτρανσφεράση (PEMT). Η οδός PEMT είναι μόνο ποσοτικά σημαντική στο ήπαρ. Η χολίνη αποτελεί επίσης βασικό πρόδρομο του νευροδιαβιβαστή ακετυλοχολίνη, η οποία δρα μέσω μουςκαρινικών και νικοτινικών υποδοχέων ακετυλοχολίνης¹⁸².

Οι Elsaywy et al.¹⁸⁰ μελέτησαν το ρόλο των συμπληρωμάτων χολίνης στη μάζα σώματος και τη λεπτίνης μεταξύ ενήλικων γυναικών αθλητών τάε κβο ντο και τζούντο. Τα αποτελέσματα των ερευνών τους έδειξαν ότι τα σκευάσματα χολίνης οδήγησαν σε μειωμένα επίπεδα λεπτίνης ($6,11 \pm 0,76$ σε $5,78 \pm 0,94$, μεταβολή 5,71%), σωματικό λίπος ($18,76 \pm 2,71$ σε $16,84 \pm 3,08$, μεταβολή 10,23%) και BMI ($24,97 \pm 3,3$ σε $21,93 \pm 5,6$, μεταβολή 12,17%). Αυτά τα αποτελέσματα υποστηρίζουν την υπόθεση ότι η χολίνη θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με κανονική αθλητική προπόνηση για γρήγορη απώλεια βάρους. Ωστόσο, ο δείκτης υγείας δεν εξαρτάται μόνο από τα επίπεδα της μάζας σώματος καθώς υπάρχουν δύο ακόμη σημαντικοί παράγοντες: το ποσοστό σωματικού λίπους και η μυϊκή μάζα¹⁸⁰.

Τα τελευταία χρόνια, έχει αναδειχθεί μια πιθανή σύνδεση μεταξύ της χολίνης και της παχυσαρκίας. Πρόσφατα ερευνητικά στοιχεία αναφέρουν ότι η ανεπάρκεια PEMT θα μπορούσε να προστατεύσει ποντίκια από υψηλή σε λιπαρά δίαιτα που προκαλούν παχυσαρκία και αντίσταση στην ινσουλίνη. Ωστόσο, η προστασία αυτή εξαφανίστηκε όταν μια υψηλή δόση χολίνης προστέθηκε σε δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά¹⁰⁴. Οι Gengshu et al.¹⁸² από ερευνητικά τους στοιχεία κατέληξαν στο συμπέρασμα πως η έλλειψη χολίνης επηρεάζει την απώλεια βάρους. Περαιτέρω ανάλυση, χρησιμοποιώντας απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού σε ποντίκια που ερευνήθηκαν, έδειξαν ότι η ανεπάρκεια χολίνης επηρέασε την προσπάθεια μείωσης του λίπους και την αύξηση της μυϊκής μάζας ενώ δεν επηρέασε την μορφολογία του λιπώδους ιστού¹⁰⁴.

Η χολίνη κατά την είσοδο στο κύτταρο αμέσως φωσφορυλιώνεται σε φωσφοχολίνη ή οξειδώνεται προς βεταΐνη σε ορισμένους τύπους κυττάρων όπως τα ηπατοκύτταρα. Η βεταΐνη είναι σημαντική λόγω του ρόλου της στη συνεισφορά ομάδων μεθυλίου ομοκυστεΐνης για το σχηματισμό της απαραίτητης μεθειονίνης. Η χολίνη διαδραματίζει έναν κρίσιμο ρόλο στο συστημικό μεταβολισμό των λιπιδίων και στην ηπατική λειτουργία. Οι Schenkel et al.¹⁸³ διενήργησαν μια σειρά πειραμάτων για να διερευνήσουν την επίδραση των συμπληρωμάτων χολίνης σε ποντίκια που είχε τροποποιηθεί ο μεταβολισμός τους. Από τα στοιχεία προέκυψε ότι μειώθηκε ο σχηματισμός λιπαρών οξέων (FA) ενώ ενισχύθηκε η λιπόλυση¹⁸³.

Η χολίνη έχει σημαντικό ρόλο στο μεταβολισμό των λιπιδίων ως απαραίτητο συστατικό. Ειδικότερα, η χολίνη επιδρά στις τροποποιήσεις μεθυλίωσης του DNA, στην έκφραση του mRNA κρίσιμων γονιδίων που εμπλέκονται ενζυμικά στον ηπατικό μεταβολισμό των λιπιδίων, στο δυναμικό της μιτοχονδριακής μεμβράνης και στην

υπεροξειδάση της γλουταθειόνης. Η χολίνη επιδρά με συγκεκριμένο τρόπο και επιφέρει σημαντικές αλλαγές στο μιτοχονδριακό μεταβολισμό. Χαμηλά επίπεδα χολίνης έχουν ως αποτέλεσμα την αλλοιωμένη σύνθεση των μιτοχονδριακών μεμβρανών, μείωση του δυναμικού τους, μειωμένη παραγωγή ATP και διαταραχή στη β – οξείδωση των λιπαρών οξέων¹⁸⁴.

3.11. Ο ρόλος της λεκιθίνης στην απώλεια βάρους

Η λεκιθίνη εντοπίζεται στον ανθρώπινο οργανισμό ως βασικό συστατικό στοιχείο του ιστού των μεμβρανών. Η λεκιθίνη αποτελείται κυρίως από βιταμίνες του συμπλέγματος Β, χολίνη, ινοσιτόλη, φωσφορικό οξύ, με κάποια στοιχεία λινελαϊκού οξέος. Ο ρόλος της λεκιθίνης στην απώλεια βάρους έχει αυξημένη σημασία εξαιτίας της παρουσίας χολίνης, ουσίας που βοηθά στον αποτελεσματικό μεταβολισμό των λιπιδίων. Τα λιπαρά οξέα διασπώνται σε μικρότερα μόρια αυξάνοντας τις πιθανότητες χρήσης τους ως πηγή ενέργειας και λιγότερο να αποθηκευθούν στο λιπώδη ιστό. Επίσης, επειδή η λεκιθίνη έχει υψηλά πολυακόρεστα λιπαρά, θεωρείται ότι μπορεί να συνεισφέρει στη μεταβολή του λιπιδικού προφίλ μειώνοντας τα επίπεδα της «επιβλαβής» χοληστερόλης LDL αυξάνοντας την «καλή» HDL χοληστερόλη. Οι συγκεκριμένοι ισχυρισμοί δεν έχουν επιστημονικά αποδειχθεί με βεβαιότητα με τα στοιχεία ωστόσο να συνηγορούν προς τη συγκεκριμένη κατεύθυνση αλλά σημειώνονται και παρενέργειες από την κατανάλωσή της όπως αλλεργικές αντιδράσεις, ναυτία, έμετος, μείωση όρεξης και αυξημένη παραγωγή σιέλου¹⁰⁹.

Σύμφωνα με το Πανεπιστήμιο Vanderbilt, δεν υπάρχουν αρκετά επιστημονικά στοιχεία που να υποστηρίζουν τη χρήση της λεκιθίνης ως συμπληρώματος στην απώλεια βάρους. Η λεκιθίνη ενώ διατηρεί σε φυσιολογικά επίπεδα τη χοληστερόλη και το λίπος στο καρδιαγγειακό σύστημα, μπορεί να μην έχει καμία επίδραση στο υποδόριο λίπος^{109,110,111}. Αντίθετα, σε περιπτώσεις υπερπρόσληψης έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να οδηγήσει και σε αύξηση του βάρους εξαιτίας της περιεκτικότητας σε λιπαρά οξέα. Οι ημερήσιες ανθρώπινες ανάγκες σε λεκιθίνη έχουν οριστεί στα 50 mg τα οποία είναι αρκετά για να εκπληρώσουν τις ανάγκες του ανθρώπινου οργανισμού ενώ μπορούν να προσληφθούν εύκολα από τρόφιμα όπως οι κρόκοι αυγών ή τα όσπρια. Τα σκευάσματα συνήθως προέρχονται από σογιέλαιο και θα μπορούσαν να αποτελέσουν κίνδυνο για αλλεργιογόνες αντιδράσεις^{109,111}.

Τα στοιχεία των ερευνών συνηγορούν στην κατεύθυνση πως η λεκιθίνη παρουσιάζει ιδιαίτερα ευεργετικές επιδράσεις στον οργανισμό. Η προσπάθεια απώλειας βάρους με μεμονωμένη πρόσληψη λεκιθίνης χωρίς τη διαμόρφωση πλαισίου ισορροπημένης διατροφής, δεν διαφαίνεται να έχει τα αναμενόμενα αποτελέσματα^{109,111}. Η αποδεδειγμένη χρήση της λεκιθίνης ως συμπληρώματος διατροφής υστερεί ακόμη επιστημονικά, ωστόσο τα ερευνητικά αποτελέσματα κινούνται προς τη θετική κατεύθυνση. Η λεκιθίνη έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα ευεργετική σε πολλές παθήσεις, συμπεριλαμβανομένων των προβλημάτων της χοληδόχου κύστης, μείωση της μνήμης (Alzheimer) της αρθρίτιδας κλπ.. Επειδή η λεκιθίνη είναι ένας γαλακτωματοποιητής, ουσία που διασπά και διασκορπίζει το λίπος στο νερό, σε ορισμένες περιπτώσεις αποδεικνύεται ευεργετική στην προσπάθεια απώλειας βάρους^{109,111}.

3.12. Ο ρόλος της λευκίνης στην απώλεια βάρους

Η διαχείριση και η πρόληψη της χρόνιας αύξησης του βάρους των ενηλίκων αποτελεί πλέον ένα σημαντικό πρόβλημα υγείας. Οι προσεγγίσεις για τον έλεγχο του σωματικού βάρους των ενηλίκων είναι διαφορετικές, αλλά όλες βασίζονται στη θεμελιώδη αρχή της ενεργειακής ισορροπίας. Παρά το γεγονός ότι η ενεργειακή πρόσληψη είναι μια απλή ιδέα, η ιδανική ισορροπία των μακροθρεπτικών συστατικών για ενήλικες τόσο όσο για τη διατήρηση του ιδανικού σωματικού βάρους παραμένει αμφιλεγόμενη. Επί του παρόντος, οι περισσότερες συστάσεις διατροφής επικεντρώνονται στην μείωση της περιεκτικότητας της δίαιτας σε λιπίδια^{185,186}.

Η λευκίνη, ένα από τα διακλαδισμένης αλυσίδας αμινοξέα (BCAA), έχει ρόλο παρόμοιο με εκείνο της λυσίνης στην πρωτεϊνική σύνθεση, αν και η λευκίνη συμμετέχει επίσης σε κρίσιμες μεταβολικές διεργασίες^{187,188}. Η λευκίνη, η βαλίνη και η ισολευκίνη, υποστηρίζουν πολλές μεταβολικές διαδικασίες που κυμαίνονται από το θεμελιώδη ρόλο τους ως υποστρώματα στην πρωτεϊνική σύνθεση, ως πρόδρομοι της σύνθεσης αλανίνης και γλουταμίνης και ως ρυθμιστές της πρωτεϊνοσύνθεσης μύων μέσω της οδού σηματοδότησης της ινσουλίνης.

Ο ρόλος της λευκίνης στην απώλεια βάρους έχει διεξοδικά μελετηθεί σε σειρά ερευνών. Οι Donato et al.¹⁸⁵ αξιολόγησαν την επίδραση της χρόνιας συμπλήρωσης λευκίνης στη σύνθεση του σώματος και σε ορισμένους δείκτες πρωτεΐνης με ταυτόχρονο περιορισμό

στην πρόσληψη τροφής. Την έρευνά τους την πραγματοποίησαν σε ποντίκια που υποβλήθηκαν σε περιορισμό διατροφικής πρόσληψης κατά 50% για 6 εβδομάδες με συμπλήρωμα 5,91 gr L - λευκίνης/kg. Από τα στοιχεία τους, δεν παρατηρήθηκε διαφορά σε επίπεδα σωματικού βάρους μεταξύ των ομάδων που μελετήθηκαν¹⁹¹. Ωστόσο, η ομάδα που έλαβε λευκίνη παρουσίασε μια μικρότερη ποσότητα του λίπους του σώματος ($P < 0,05$). Η συγκέντρωση λεπτίνης έδειξε μία ευθέως ανάλογη συσχέτιση με την ποσότητα του λίπους του σώματος ($r = 0,88$, $P < 0,05$), αλλά καμία σημαντική διαφορά στη συγκέντρωση του ορού ($P = 0,08$). Όσον αφορά τη συγκέντρωση πρωτεΐνης στο ήπαρ ήταν υψηλότερη στην ομάδα των ποντικών που έλαβαν λευκίνη ($P < 0,05$). Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι η συμπλήρωση χαμηλής δόσης λευκίνης αυξάνει την απώλεια σωματικού λίπους και βελτιώνει την κατάσταση της πρωτεΐνης του ήπατος σε ποντικούς που ταυτόχρονα μείωσαν τη διατροφική πρόσληψη¹⁸⁵.

Οι Cheng et al.¹⁸⁶ μελέτησαν ανάλογα το ρόλο της λευκίνης στην απώλεια βάρους από τη σκοπιά της ανεπαρκούς πρόσληψής της. Ο στόχος της μελέτης τους ήταν να διευκρινιστεί κατά πόσο η ανεπάρκεια λευκίνης θα μπορούσε να οδηγήσει σε απώλεια βάρους και ειδικότερα λίπους και να διευκρινιστούν οι υποκείμενοι μοριακοί και κυτταρικοί μηχανισμοί αυτής της απώλειας. Για το σκοπό αυτό, οι ποντικοί ακολούθησαν συγκεκριμένο πρόγραμμα διατροφής με χαμηλότερη πρόσληψη λευκίνης ή κατάλληλης δίαιτας για 7 ημέρες¹⁸⁶. Η ελλιπής πρόσληψη λευκίνης είχε ως αποτέλεσμα μια μείωση κατά 15% στην πρόσληψη τροφής και σωματικού βάρους σε σύγκριση με τα ποντίκια που διατηρήθηκαν σε δίαιτα ελέγχου. Η έκταση απώλειας του σωματικού βάρους κινήθηκε στο 5% ενώ και το κοιλιακό λίπος δεν μειώθηκε σημαντικά. Ωστόσο, το συνολικό σωματικό λίπος μειώθηκε σημαντικά για την ομάδα των ποντικών που έλαβαν λιγότερη λευκίνη ενώ δεν υπήρχε διαφορά στο ποσοστό της άλιπης μάζας. Η ταχεία απώλεια λίπους που προκλήθηκε από την έλλειψη λευκίνης πιθανόν οφειλόταν σε μια πιθανή αύξηση των ενεργειακών δαπανών. Τα στοιχεία κατέδειξαν ότι η έλλειψη λευκίνης επιταχύνει τη λιπόλυση των τριγλυκεριδίων και την έκφραση των γονιδίων της β -οξειδωσης¹⁸⁶.

Πέραν των απόψεων όπου η έλλειψη λευκίνης θα μπορούσε να συμβάλλει στην απώλεια βάρους, στις περισσότερες έρευνες, υπάρχουν στοιχεία όπου οι αυξημένες συγκεντρώσεις λευκίνης έχουν τη δυνατότητα να διεγείρουν τη σύνθεση πρωτεΐνης των μυών κατά τη διάρκεια καταβολικών καταστάσεων. Η πρόσληψη λευκίνης από το στόμα είτε μεμονωμένα είτε ως μέρος ενός πλήρους γεύματος αυξάνει ενδοκυτταρικά και στο πλάσμα τα επίπεδα λευκίνης η οποία πρέπει να είναι περιορισμένη καθώς προκαλεί

παρενέργειες όπως κόπωση, έλκος στομάχου και πρόκληση ανισορροπίας στην απορρόφηση άλλων αμινοξέων από τον οργανισμό^{187,188}.

Η ευεργετική επίδραση των συμπληρωμάτων λευκίνης στο προφίλ λιπιδίων και στα κυκλοφορούντα επίπεδα ινσουλίνης και γλυκόζης έχει ερευνηθεί εκτενώς σε αρκετά ζωικά παχύσαρκα μοντέλα. Οι Zhang et al.¹¹⁹ διαπίστωσαν ότι η πρόσληψη λευκίνης μειώνει τα επίπεδα λεπτίνης στο πλάσμα σε παχύσαρκα ποντίκια. Η χρόνια συμπλήρωση λευκίνης βελτιώνει την HFD επαγόμενη αντίσταση λεπτίνης με μείωση του επιπέδου της κυκλοφορούσας λεπτίνης. Επίσης, η πρόσληψη λευκίνης μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική αύξηση των επιπέδων της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας, της υπεροξειδικής δισμουτάσης (SOD), της γλουταθειόνης καθώς επίσης και στο επίπεδο της μηλονοδιαλδεύδης (MDA)¹⁸⁹.

Σε άλλες μελέτες διαπιστώθηκε ότι η συμπλήρωση λευκίνης αναστέλλει την HFD - επαγόμενη έκφραση του μαγγανίου SOD στο ήπαρ και μειώνει το επίπεδο MDA στο αίμα των ζώων που έχουν τραφεί με HFD, γεγονός που δείχνει ότι μια χρόνια συμπλήρωση λευκίνης μπορεί να αποτρέψει την HFD που προκαλείται από οξειδωτικό στρες. Η HFD είναι γνωστό ότι ρυθμίζει αυξητικά το LXRα, το οποίο στη συνέχεια ρυθμίζει προς τα πάνω το SREBP-1 για να αυξήσει τη δραστηριότητα των λιπογενικών ενζύμων, (FAS, ACC) συσσωρεύοντας TG στα ηπατοκύτταρα. Εκτός από το SREBP-1 και το LXRα ρυθμίζει άμεσα και τη FAS και την ACC. Η λευκίνη μειώνει την έκφραση αυτών των δύο πρωτεϊνών στο ήπαρ ενώ σε ορισμένες μελέτες παρατηρήθηκαν FAS και ACC σε επίπεδο mRNA σε διάφορους ιστούς. Η λευκίνη αποτελεί επίσης έναν ισχυρό ενεργοποιητή του mTORC1 το οποίο προωθεί τη λιπόλυση¹⁹⁰.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η διαρκώς αυξανόμενη εξάπλωση προβλημάτων υγείας όπως η παχυσαρκία, έχουν κατευθύνει το επιστημονικό ενδιαφέρον στη μελέτη ουσιών και συστατικών που θα μπορούσαν είτε να δράσουν προστατευτικά έναντι των αύξησης του σωματικού βάρους είτε να οδηγήσουν σε απώλειά του. Η επίτευξη και διατήρηση του επιθυμητού σωματικού βάρους είναι μια αρκετά πολύπλοκη διαδικασία με παράγοντες όπως η ηλικία, το φύλο, η κατάσταση υγείας, ο μεταβολισμός, κ.ά. να ασκούν σημαντικές επιδράσεις.

Πέραν ωστόσο των προαναφερθέντων παραγόντων, αποδεικνύεται μέσω ερευνητικών ευρημάτων ότι καθοριστική σημασία στην προσπάθεια απώλειας βάρους επιτελούν οι λιποδιαλύτες^{119,120,121,122,123,124,125}. Η δράση των λιποδιαλυτών στην προσπάθεια απώλειας βάρους είναι πολύπλευρη. Ειδικότερα, επιτελούν το ρόλο τους μέσω της αύξησης του μεταβολισμού των λιπιδίων, μέσω αύξησης της καταναλισκόμενης ενέργειας του οργανισμού, μέσω μείωσης της απορρόφησης των λιπών, μέσω αύξησης της οξείδωσής τους και μέσω αλλαγών στο μεταβολισμό των λιπών^{123,124}.

Η απώλεια βάρους με τη χρήση λιποδιαλυτών εστιάζει κυρίως στην πρόσληψη καφεΐνης, L - καρνιτίνης, φορσκολίνης, φουκοξανθίνης, χρωμίου, λινολεϊκού οξέος, ταυρίνης, χολίνης, λεκιθίνης, λευκίνης και η καψαϊκίνης (capsaicin). Για κάθε επιμέρους λιποδιαλύτη τα ερευνητικά στοιχεία σχετικά με την απώλεια βάρους είναι ιδιαίτερα σημαντικά. Οι Lopez – Garcia et al.¹²³ και οι Acheson et al.¹²⁴ αναφέρουν ότι η αύξηση της πρόσληψης καφεΐνης οδηγεί σε χαμηλότερη μέση αύξηση του σωματικού βάρους σε σχέση με συμμετέχοντες που μείωσαν την κατανάλωση τους με σημαντική αύξηση του μεταβολισμού ηρεμίας. Αντίστοιχα, οι Diepvens et al.¹²⁵ και οι Dulloo et al.¹²⁶ ανέφεραν ότι ακόμη και μια μικρή δόση καφεΐνης έχει τη δυνατότητα να αυξήσει τη θερμογόνο δράση σε κατάσταση ηρεμίας. Τέλος, οι Belza et al.¹²⁷ αναφέρουν τη γραμμική σχέση πρόσληψης καφεΐνης και ενεργειακής δαπάνης με το σύνολο των ερευνητικών στοιχείων να καταδεικνύουν την ιδιαίτερα θετική επίδραση της καφεΐνης στη λιπόλυση.

Αναφορικά με την L – καρνιτίνη και τη σχέση με την απώλεια βάρους προκύπτει ότι διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στο μεταβολισμό του λίπους και στην απώλεια βάρους. Ο Cha¹³³ και οι Wu et al.¹³⁴ σημειώνουν τη μείωση βάρους σε παχύσαρκα άτομα μετά τη χορήγηση συμπληρωμάτων L – καρνιτίνης με ταυτόχρονο περιορισμό των θερμίδων ενώ οι Muller et al.¹³⁵ τόνισαν το ρόλο της στην αύξηση της οξείδωσης των λιπαρών οξέων με

τα στοιχεία των Wutzke και Lorenz¹³¹ να επαυξάνουν τα συγκεκριμένα ευρήματα. Η πλειοψηφία των ερευνητικών στοιχείων καταδεικνύουν πως η χρήση της L – καρνιτίνης συνεισφέρει στην απώλεια βάρους μέσω κατάλληλης δοσολογίας.

Ο λιποδιαλύτης φορσκολίνη για την απώλεια βάρους εστιάζει στην αύξηση των επιπέδων του cAMP. Η πρόσληψη φορσκολίνης αυξάνει τη συσσώρευση cAMP και ως εκ τούτου διεγείρει την λιπόλυση. Τα ερευνητικά στοιχεία αναφορικά με το ρόλο της φορσκολίνης στην απώλεια βάρους είναι ξεκάθαρα. Χαρακτηριστικά, οι Godard et al.⁵³ κατέδειξαν τις επιδράσεις της φορσκολίνης τόσο σε επίπεδο σωματικού βάρους όσο και στο μεταβολικό ρυθμό ενώ οι Litosch et al.¹⁴³ ανέδειξαν την αύξηση των επιπέδων του cAMP από τη χορήγηση φορσκολίνης.

Ανάλογα θετικές επιδράσεις του λιποδιαλύτη φουκοξανθίνη στην απώλεια βάρους προέκυψαν από σειρά ερευνητικών στοιχείων. Ειδικότερα, οι Maeda et al.⁶⁴ έδειξαν ότι η φουκοξανθίνη ή συμπληρωμάτων που την περιέχουν οδηγούν σε σημαντική μείωση του λιπώδους ιστού μετά από 4 εβδομάδες. Οι Abidov et al.¹⁴⁴ που διενήργησαν την πρώτη μελέτη σε ανθρώπους αναφορικά με το ρόλο της φουκοξανθίνης στην απώλεια βάρους, ανέφεραν αύξηση των ενεργειακών δαπανών σε κατάσταση ηρεμίας, μείωση των επιπέδων λίπους και βελτιώσεις στο προφίλ των λιπιδίων του πλάσματος. Γενικά, τα ερευνητικά στοιχεία κατέδειξαν ότι η φουκοξανθίνη επηρεάζει το μεταβολισμό των λιπιδίων και την απορρόφησή τους επηρεάζοντας σημαντικά την προσπάθεια απώλειας βάρους.

Σημαντικός λιποδιαλύτης που χρησιμοποιείται ευρέως στην προσπάθεια απώλειας βάρους είναι το πράσινο τσάι. Μακροπρόθεσμα η πρόσληψη πράσινου τσαγιού οδηγεί σε αύξηση του μεταβολισμού των λιπών, με τους Dulloo et al.¹⁴ να σημειώνουν τη θετική του επίδραση. Οι Rumpfer et al.¹⁴⁸ αντίστοιχα κατέδειξαν από μελέτη τους ότι η λήψη ροφήματος πράσινου τσαγιού προκαλεί αύξηση στα ποσοστά οξείδωσης των λιπών. Επίσης, σημαντικό στοιχείο κατά τους Gregersen et al.¹⁴⁹ είναι η ακριβής σύνθεση του πράσινου τσαγιού ως με τις κατεχίνες για την τόνωση της οξείδωσης του λίπους και ο συνδυασμός του με την καφεΐνη όπως σημειώνουν οι Hursel et al.⁷³. Τα στοιχεία από τις μελέτες σε ανθρώπους δείχνουν ότι η κατανάλωση πράσινου τσαγιού και εκχυλισμάτων μπορεί να βοηθήσει στη μείωση του σωματικού βάρους, κυρίως μειώνοντας το σωματικό λίπος με αύξηση της μεταγευματικής θερμογένεσης και της οξείδωσης των λιπών.

Λιποδιαλύτης με ενεργό ρόλο στην απώλεια βάρους αποτελεί και το χρώμιο. Ο Evans¹⁵³ ήταν ο πρώτος που ανέφερε το ρόλο του πικολινικού χρωμίου στην απώλεια

βάρους με μεταγενέστερες μελέτες όπως των Yazaki et al.¹⁵⁵ να ενισχύουν τα συγκεκριμένα δεδομένα. Ωστόσο, παρά τις πολυάριθμες μελέτες, δεν υπάρχει σαφής στοιχείο αναφορικά με τον τρόπο επίδρασης του χρωμίου στο μεταβολισμό των λιπιδίων και υδατανθράκων.

Αναφορικά με το λινολεϊκό οξύ, σειρά μελετών αναφέρουν τις επιδράσεις του στην προσπάθεια απώλειας βάρους. Οι Park et al.¹⁵⁷ και οι Rahman et al.¹⁵⁸ σημείωσαν τη θετική του επίδραση στην απώλεια βάρους ενώ και οι Gaullier et al.¹⁶ παρουσίασαν θετική μακροπρόθεσμη επίδραση του στην απώλεια βάρους. Η διάρκεια και η δοσολογία του απασχόλησε τους Whigham et al.¹⁶⁰ οι οποίοι σημείωσαν ότι ο ρόλος του στην απώλεια βάρους εξαρτάται από το σαφή προσδιορισμό ποσότητας και διάρκειας πρόσληψης. Τα αποτελέσματα των μελετών σε ανθρώπους δείχνουν ότι η επίδραση του λινολεϊκού οξέος στο σωματικό λίπος κινείται σε μέτρια επίπεδα.

Η ταυρίνη αποτελεί ένα λιποδιαλύτη που έχει αναγνωρισμένο ρόλο στην προσπάθεια απώλειας βάρους. Οι Rutherford et al.¹⁶⁸ σημειώνουν το ρόλο της στην αύξηση της οξειδωσης των λιπών μέσω της ενεργοποίησης της αδενυλοκυκλάσης, αυξάνοντας το cAMP και κατ' επέκταση τη λιποδιάλυση. Οι Rosa et al.¹⁷⁰ από την πλευρά τους δεν εντόπισαν σημαντική διαφορά στην απώλεια βάρους από τη χορήγηση ταυρίνης έναντι εικονικών φαρμάκων με σημαντικές ωστόσο διαφορές στα επίπεδα ταυρίνης στο πλάσμα, στην αδιπνεκτίνη και στο δείκτη υπεροξειδωσης των λιπιδίων. Τα στοιχεία των ερευνών καταδεικνύουν ότι η ταυρίνη μπορεί να μειώσει τη συσσώρευση λιπιδίων, το σωματικό βάρος και τη λιπώδη μάζα ενώ σημαντική απώλεια παρουσιάζεται στα παχύσαρκα άτομα.

Ο ρόλος της καψαϊκίνης στην απώλεια βάρους έχει μελετηθεί διεξοδικά με τα στοιχεία να είναι αμφιλεγόμενα τόσο από τις επιδράσεις της στην οξειδωση του λίπους όσο και στην αύξηση της ενεργειακής δαπάνης. Οι Yoshioka et al.¹⁷² ανέφεραν αύξηση στην οξειδωση του λίπους ενώ αντίθετα, καμία επίδραση της καψαϊκίνης δεν ανέφεραν οι Smeets & Westerterp¹⁷⁴. Στην πλειοψηφία των μελετών σημειώθηκαν κυρίως οι μακροπρόθεσμες επιπτώσεις της καψαϊκίνης στο μεταβολισμό των λιπιδίων και στην ενεργειακή δαπάνη. Η καθημερινή πρόσληψη καψινοειδών αυξάνει την ενεργειακή δαπάνη και την οξειδωση του λίπους ενώ ως συστατικό στοιχείο είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικό στην προσπάθεια απώλειας βάρους.

Σημαντικοί λιποδιαλύτες στην απώλεια βάρους αποδείχθηκαν η χολίνη, η λεκιθίνη και η λευκίνη. Οι Elsayy et al.¹⁸⁰ αναφέρουν τον ενεργό ρόλο της χολίνης στην απώλεια

βάρους ενώ και οι Gengshu et al.¹⁸² από ερευνητικά τους στοιχεία κατέληξαν στο συμπέρασμα πως η έλλειψη χολίνης επηρεάζει την απώλεια βάρους. Οι Schenkel et al.¹⁸³ από την πλευρά τους ανέφεραν την τροποποίηση σε επίπεδο μεταβολισμού των λιπιδίων αλλά και στο σχηματισμό των λιπαρών οξέων.

Ανάλογα θετικός ήταν ο ρόλος και της λεκιθίνης στην απώλεια βάρους. Η λεκιθίνη σε συνδυασμό με τη χολίνη βοηθά στη διάσπαση των λιπαρών οξέων σε μικρότερα μόρια ενώ μπορεί να συνεισφέρει και στη μεταβολή του λιπιδικού προφίλ. Τα στοιχεία των ερευνητών συνηγορούν στην κατεύθυνση πως η λεκιθίνη παρουσιάζει ιδιαίτερα ευεργετικές επιδράσεις στην προσπάθεια απώλειας βάρους. Ωστόσο, δεν υπάρχουν αρκετά επιστημονικά στοιχεία που να υποστηρίζουν τη χρήση της λεκιθίνης ως συμπληρώματος στην προσπάθεια απώλειας βάρους.

Τέλος, η λευκίνη ως λιποδιαλύτης έχει αποτελέσει αντικείμενο των ερευνητών. Οι Donato et al.¹⁸⁵ από τη μελέτη τους δεν ανέφεραν διαφορά σε επίπεδα σωματικού βάρους μεταξύ των ομάδων που μελετήθηκαν, ωστόσο η πρόσληψη λευκίνης συνέβαλλε στη μείωση του λίπους. Ευρήματα όπως των Cheng et al.¹⁸⁶ οι οποίοι κατέδειξαν την απώλεια βάρους μέσω της έλλειψης λευκίνης στον οργανισμό είναι γενικά περιορισμένα. Στις περισσότερες έρευνες, αποδείχθηκε ότι οι αυξημένες συγκεντρώσεις λευκίνης έχουν τη δυνατότητα να διεγείρουν τη λιπόλυση.

Οι διατροφικές αλλαγές τα τελευταία χρόνια έχουν συμβάλει καθοριστικά στην αύξηση του μέσου σωματικού βάρους στον πληθυσμό. Η όποια προσπάθεια απώλειας βάρους με βάση τα ερευνητικά στοιχεία πολλές φορές συμπεριλαμβάνει και την πρόσληψη λιποδιαλυτών οι οποίοι επιδρούν ανάλογα με την ηλικία του ατόμου, το φύλο, την κατάσταση υγείας, τη λειτουργία του μεταβολισμού, από την ύπαρξη τυχόν ορμονικών διαταραχών αλλά και επιπέδων άσκησης. Η επιλογή των λιποδιαλυτών στην απώλεια βάρους βασίζεται στην ένταξή τους στο καθημερινό διαιτολόγιο μέσω των τροφίμων που τους περιέχουν όσο και μέσω συμπληρωμάτων. Άλλωστε, οι λιποδιαλύτες σε συνδυασμό με ισορροπημένη διατροφή μπορούν να δημιουργήσουν έναν ισχυρό μηχανισμό δράσης στην απώλεια βάρους.

Στην προσπάθεια απώλεια βάρους σύμφωνα με τα όσα αναφέρονται σε επίπεδο έρευνας και βιβλιογραφίας, χρησιμοποιούνται ευρέως λιποδιαλύτες όπως η L - καρνιτίνη, η φορσκολίνη, η φουκοξανθίνη, το χρώμιο, το λινολεϊκό οξύ, η ταυρίνη, η χολίνη, η λεκιθίνη, η λευκίνη και η καψαϊκίνη. Η δράση κάθε λιποδιαλύτη έγκειται στο συνδυασμό

παραγόντων όπως η ηλικία, το φύλο, η ύπαρξη τυχόν παθήσεων, τα επίπεδα παχυσαρκίας ενώ στην προσπάθεια απώλειας βάρους επιτελούν έναν πολλαπλό ρόλο ο οποίος βασίζεται στην αύξηση του μεταβολισμού των λιπιδίων, στη αύξηση της καταναλισκόμενης ενέργειας του οργανισμού, στη μείωση των αναρροφούμενων λιπών μέσω αύξησης της οξειδωσής τους και αλλαγής του μεταβολισμού τους.

Τα ερευνητικά στοιχεία που μελέτησαν την επίδραση των λιποδιαλυτών στην προσπάθεια απώλειας βάρους κινούνται γενικά προς μια θετική κατεύθυνση. Ο κάθε λιποδιαλύτης ωστόσο επιδρά διαφορετικά επιφέροντας διαφορετικά αποτελέσματα. Ειδικότερα, η καφεΐνη συμβάλλει στην αύξηση του μεταβολισμού ηρεμίας και στην ενεργειακή δαπάνη, η L – καρνιτίνη και το πράσινο τσάι συμβάλλει στην αύξηση της οξειδωσης των λιπαρών οξέων, η φορσκολίνη αυξάνει τη συσσώρευση cAMP και ως εκ τούτου διεγείρει την λιπόλυση, το λινολεϊκό οξύ και το χρώμιο μπορούν να αυξήσουν το μεταβολισμό των λιπών, η ταυρίνη βοηθά στον περιορισμό της συσσώρευσης λιπιδίων ενώ η χολίνη, η λεκιθίνη και η λευκίνη μπορούν να συνεισφέρουν σημαντικά στη μεταβολή του λιπιδικού προφίλ.

Τα στοιχεία από τις μελέτες σε ενήλικες ανθρώπους δείχνουν ότι η κατανάλωση λιποδιαλυτών μπορεί να βοηθήσει στη μείωση του σωματικού βάρους. Βασικός ωστόσο παράγοντας επιτυχούς δράσης των λιποδιαλυτών αποτελεί η προηγούμενη αξιολόγηση της κατάστασης υγείας, της λήψη τυχόν φαρμάκων και του διατροφικού διαιτολογίου. Σε κάθε περίπτωση, η πρόσληψη λιποδιαλυτών δεν αποτελεί πανάκεια στην προσπάθεια απώλειας βάρους στις περιπτώσεις μάλιστα όπου καταστάσεις όπως η παχυσαρκία προϋποθέτουν προηγούμενα αυστηρό ιατρικό έλεγχο. Η τυχόν λανθασμένη πρόσληψη λιποδιαλυτών μπορεί να ενέχει σημαντικούς κινδύνους για την υγεία. Χαρακτηριστικά, η λανθασμένη επιλογή και πρόσληψη λιποδιαλυτή βάρους μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στη λειτουργία του οργανισμού, είναι δυνατόν να οδηγήσει στην εμφάνιση δυσάρεστων παρενεργειών (άλγος, ναυτία, αυξημένη απώλεια υγρών κλπ) ενώ στις περιπτώσεις που λαμβάνονται φάρμακα, εγκυμονούνται κίνδυνοι για τα ζωτικά όργανα, αυξάνονται οι πιθανότητες πρόκλησης διαταραχών στο μεταβολισμό κλπ.

Τα ερευνητικά και βιβλιογραφικά στοιχεία καταδεικνύουν ότι οι λιποδιαλύτες μπορούν να ενισχύουν σημαντικά την προσπάθεια απώλειας βάρους. Η χρήση τους στην απώλεια βάρους εστιάζει κυρίως στην επίδρασή τους στο μεταβολισμό του λίπους, στις ενεργειακές δαπάνες αλλά και την οξειδωση των λιπών. Οι επιδράσεις των λιποδιαλυτών στην απώλεια βάρους εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του κάθε ατόμου, την κατάσταση υγείας, την

τήρηση ισορροπημένου προτύπου διατροφής όπως η μεσογειακή αλλά και από επιπλέον παράγοντες όπως η ηλικία, το φύλο κλπ. Ολοκληρώνοντας, αξίζει να τονιστεί ότι αν και πλέον είναι επιστημονικά τεκμηριωμένο ότι οι λιποδιαλύτες έχουν ενεργό ρόλο στην απώλεια βάρους, θα πρέπει προηγούμενα να συνεκτιμώνται όχι μόνο οι θετικές τους επιδράσεις αλλά και τυχόν προβλήματα που μπορεί να δημιουργήσουν λόγω λανθασμένης πρόσληψης, ύπαρξης ασθενειών κλπ.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Melvin, W., (2003). Διατροφή: Υγεία, ευρωστία & αθλητική απόδοση. Αθήνα: Πασχαλίδης.
2. World Obesity Federation (2016). Obesity prevalence worldwide. Available at: <http://www.worldobesity.org/resources/world-map-obesity/> [day access 15.04.2016].
3. Maughan, R., (2006). Αθλητική διατροφή. Αθήνα: Πασχαλίδης.
4. Gibney, M., Macdonald, I., Roche, H., Ζαμπέλας, Α., Καψοκεφάλου, Μ., (2008). Διατροφή και μεταβολισμός. Αθήνα: Παρισσιανός.
5. Παπανικολάου, Γ., (2005). Σύγχρονη διατροφή και διαιτολογία :βασικοί κανόνες διατροφής και δίαιτας για όλες τις ηλικίες. Δίαιτες για όλες τις παθήσεις. Αθήνα: Θυμάρι.
6. Gibney, M., Vorster, H., Kok, F., (2007). Εισαγωγή στη διατροφή του ανθρώπου. Αθήνα: Παρισσιανού.
7. Westerterp – Plantenga, M., Lejeune, M., Kovacs, E. Body weight loss and weight maintenance in relation to habitual caffeine intake and green tea supplementation. *Obes. Res.* 2005, 13(7):1195-1204.
8. Murase, T., Haramizu, S., Shimotoyodome, A., Nagasawa, A., Tokimitsu, I. Green tea extract improves endurance capacity and increases muscle lipid oxidation in mice. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 2005, 288(3): 708-715.
9. Jeukendrup, A., Randell, R. Fat burners: nutrition supplements that increase fat metabolism. *Obesity Reviews*, 2011, 12(10):841–851.
10. Wutzke, K., Lorenz, H. The effect of l - carnitine on fat oxidation, protein turnover, and body, composition in slightly overweight subjects. *Metabolism* 2004, 53(8):1002-1006.
11. Karlic, H., Lohninger, A. Supplementation of l - carnitine in athletes: Does it make sense? *Nutrition* 2004, 20(7-8):709 -715.
12. Auvichayapat, P., Prapochanung, M., Tunkamnerdthai, O. et al. Effectiveness of green tea on weight reduction in obese Thais: A randomized, controlled trial, *Physiology & Behavior* 2008, 93(3):486-491.
13. Chacko, S., Thambi1, P., Kuttan, R., Nishigaki, I. Beneficial effects of green tea: A literature review. *Chinese Medicine* 2010, 5(1):13.
14. Dulloo, A., Duret, C., Rohrer, D. et al. Efficacy of a green tea extract rich in catechin polyphenols and caffeine in increasing 24-h energy expenditure and fat oxidation in humans. *Am. J. Clin. Nutr.* 1999, 70(6):1040-1045.
15. Watras, A., Buchholz, A., Close, R., Zhang, Z., Schoeller, D. The role of conjugated linoleic acid in reducing body fat and preventing holiday weight gain. *International Journal of Obesity* 2007, 31(3):481-487.
16. Gaullier, J., Halse, J., Høye, K., Kristiansen, K. et al. Conjugated linoleic acid supplementation for 1 y reduces body fat mass in healthy overweight humans. *J. Clin. Nutr.* 2004, 79(6):1118-1125.
17. Kennedy J, Wang CC, Wu CH. Patient disclosure about herb and supplement use among adults in the US. *Evid. Based Complement Alternat. Med.* 2008, 5(4):451–456.
18. Bailey, R., Gahche, J., Miller, P. et al. Why US adults use dietary supplements. *JAMA Intern. Med.* 2013, 173(5):355-361.
19. Reinert, A., Rohrmann, S., Becker, N. et al. Lifestyle and diet in people using dietary supplements: a German cohort study. *Eur. J. Nutr.* 2007, 46(3):165–173.
20. Henderson, L., Irving, K., Gregory, J., Bates, C., Prentice, A., Perks, J., Swan, G., Farron, M. The national diet and nutrition survey: Adults aged 19 to 64 years. Vol. 3:

- Vitamin and mineral intake and urinary analytes. London: The Stationery Office, 2003.
21. Bray, G. What is the ideal body weight? *J. Nutr. Biochem.* 1998, 9(9):489–492.
 22. Grier, T., Canham -Chervak, M., Sharp, M., Jones, B. Does body mass index misclassify physically active young men. *Preventive Medicine Reports* 2015, 2(1):483–487.
 23. Biesalski, H., Grimm, P. (2008). *Εγχειρίδιο διατροφής*. Αθήνα: Πασχαλίδης.
 24. Gibney M., Hester, V., Frans, K. (2007). *Εισαγωγή στη διατροφή του ανθρώπου*. Αθήνα: Παρισιάνου.
 25. Κοντοπόδης, Π. (2002). *Διατροφή και αθλητική απόδοση*. Αθήνα: Παρισιάνου.
 26. Flegal, K., Kit, B., Orpana, H., Graubard, B. Association of all - cause mortality with overweight and obesity using standard body mass index categories: a systematic review and meta - analysis. *JAMA* 2012, 309(1):71-82.
 27. Wacharasint, P., Boyd, J., Russell, J., Walley, K. One size does not fit all in severe infection: obesity alters outcome, susceptibility, treatment, and inflammatory response. *Crit. Care.* 2013 17(3):122.
 28. Kassi, E., Pervanidou, P., Kaltsas, G., Chrousos, G. Metabolic syndrome: definitions and controversies. *BMC Med.*, 2011, 9(1):48.
 29. Peluso, I., Palmery, M. The relationship between body weight and inflammation: Lesson from anti -TNF - α antibody therapy. *Hum Immunol.* 2016, 77(1):47-53.
 30. Γαλανός, Δ. (2001). *Η διατροφή μας σήμερα*. Αθήνα: Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
 31. Williams, M. (2003). *Διατροφή: υγεία, ευρωστία & αθλητική απόδοση*. Αθήνα: Πασχαλίδης.
 32. Κωστάκης, Α. (2005). *Σύγχρονη χειρουργική. Διαγνωστική και θεραπευτική*. 2^{ος} Τόμος. Αθήνα: Πασχαλίδης.
 33. Καπάνταης, Ε. (2004). *Η παχυσαρκία στην κλινική πράξη*. Αθήνα: Βήτα.
 34. Ξένος, Κ. (2006). Η καινούρια διατροφική πυραμίδα του USDA: Τα υπέρ και τα κατά. Διαθέσιμο στο: <http://www.iatronet.gr/diatrofi/swsti-diatrofi/article/935/h-kainoyria-diatrofiki-pyramida-toy-usda-ta-yper-kai-ta-kata.html/> [ημερ. πρόσβασης 06.09.2016].
 35. Assmann, G., De Backer, G., Bagnara, S., Betteridge, J., Crepaldi, G., Fernandez - Cruz A. et al., International consensus statement on olive oil and the Mediterranean diet: implications for health in Europe, *Eur. J. Cancer. Prev.*, 1997, 6(5):418-421.
 36. Schröder, H., Marrugat, J., Vila, J., Covas, M., Elosua, R., Adherence to the traditional Mediterranean diet is inversely associated with body mass index and obesity in a Spanish population, *J. Nutr.*, 2004, 134(12):3355-3361.
 37. Panagiotakos, D., Pitsavos, C., Stefanadis, C., Dietary patterns: A Mediterranean diet score and its relation to clinical and biological markers of cardiovascular disease risk, *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases*, 2006, 16(8):559-568.
 38. Βασιλούδης, Γ. (2014) Η πυραμίδα της μεσογειακής διατροφής. Διαθέσιμο στο: <http://users.sch.gr/yvassiloudis/med.jpg> [ημερ. πρόσβασης 11.09.2016].
 39. Mendez, M., Popkin, B., Jakszyn, P. et al. Adherence to a Mediterranean diet is associated with reduced 3 - year incidence of obesity, *J. Nutr.*, 2006, 136(11):2934-2938.
 40. Lovett, R. (2015). Coffee: The demon drink?. *New Scientist* Available at: <https://www.newscientist.com/article/mg18725181-700-coffee-the-demon-drink/> [day access 03.09.2016].
 41. Βαλαβανίδης, Θ., Ευσταθίου, Κ. (2009). Η χημική ένωση του μήνα. Διαθέσιμο στο: http://www.chem.uoa.gr/chemicals/chem_caffeine.htm, [ημερ. πρόσβασης 14.09.2016].

42. Glade, M. Caffeine not just a stimulant. *Nutrition* 2010, 26(10):932-938.
43. Weinberg, A., Bealer, B. (2001). *The world of caffeine: The science and culture of the world's most popular drug*. London: Routledge.
44. Shirley, D., Walter, S., Noormohamed, F. Natriuretic effect of caffeine: assessment of segmental sodium reabsorption in humans. *Clinical Science* 2002, 103(5):461-466.
45. Kalpana, R., Aruna, D. Effects of L - carnitine (neutraceutical) in weight management among overweight and obese adults of age between 20 – 45yrs. A comparative study. in Chennai and Tirupathi. *International Journal of Scientific and Research Publications* 2012, 2(9): 1-5.
46. Evolutionary (2015). Acetyl – L - carnitine. Available at: <http://www.evolutionary.org/acetyl-l-carnitine/> [day access 15.09.2016].
47. Novakova, K., Kummer, O., Bouitbir, J., Stoffel, S., Hoerler – Koerner, U., Bodmer, M., Roberts, P., Urwyler, A., Ehrensam, R., Krähenbühl S. Effect of L-carnitine supplementation on the body carnitine pool, skeletal muscle energy metabolism and physical performance in male vegetarians. *Eur J Nutr.* 2016, 55(1):207-217.
48. Steiber, A., Kerner, J., Hoppel, C. Carnitine: a nutritional, biosynthetic, and functional perspective. *Mol. Aspects Med.* 2004, 25(5-6):455-473.
49. Gilissen, J., Geubelle, P., Dupuis, N., Laschet, C., Pirote, B., Hanson, J. Forskolin - free cAMP assay for Gi - coupled receptors. *Biochem Pharmacol.* 2015, 98(3):381-391.
50. Selleckchem (2013). Forskolin. Available at: <http://www.selleckchem.com/products/forskolin.html> [day access 11.09.2016].
51. Burlando, B., Verotta, L., Cornara, L., Bottini - Massa, E. (2010). *Herbal principles in cosmetics: Properties and mechanisms of action*. New York: CRS Press Taylor & Francis Group.
52. Kavitha, C., Rajamani, K., Vadive, E. *Coleus forskohlii*: A comprehensive review on morphology, phytochemistry and pharmacological aspects. *Journal of Medicinal Plants Research* 2010, 4(4):278-285.
53. Godard, M., Johnson, B., Richmond, S. Body composition and hormonal adaptations associated with forskolin consumption in overweight and obese men. *Obes. Res.* 2005, 13(8): 1335-1343.
54. Kuipers, R., De Graaf, J., Luxwolda, M., Muskiet, M., Dijck – Brouwer, D., Muskiet F. Saturated fat, carbohydrates and cardiovascular disease. *Neth. J. Med.* 2011, 69(9):372-378.
55. Kim, S., Jung, Y., Kwon, O., Cha, K., Um, B., Chung, D., Pan, C. A potential commercial source of fucoxanthin extracted from the microalga *Phaeodactylum tricornutum*. *Appl Biochem Biotechnol.* 2012, 166(7):1843-1855.
56. Englert, G., Bjørnland, T., Liaaen - Jensen, S. 1D and 2D NMR study of some allenic carotenoids of the fucoxanthin series. *Magnetic Resonance in Chemistry* 1990, 28(6):519-528.
57. Miyashita, K. Function of marine carotenoids. *Forum Nutr.* 2009; 61(1):136-146.
58. Hosokawa, M., Okada, T., Mikami, M., Konishi, I., Miyashita, K. Bio - functions of marine carotenoids. *Food Science and Biotechnology* 2009, 18(1): 1-11.
59. Gammone, M., D' Orazio, N. Anti - obesity activity of the marine carotenoid fucoxanthin. *Mar Drugs.* 2015, 13(4):2196-2214.
60. Hu, X., Li, Y., Li, C., Fu, Y., Cai, F., Chen, Q., Li, D. Combination of fucoxanthin and conjugated linoleic acid attenuates body weight gain and improves lipid metabolism in high - fat diet - induced obese rats. *Arch. Biochem. Biophys.* 2012, 519(1):59-65

61. Beppu, F., Hosokawa, M., Niwano, Y., Miyashita, K. Effects of dietary fucoxanthin on cholesterol metabolism in diabetic/obese KK - A(y) mice. *Lipids Health Dis.* 2012, 11(1):112.
62. Aster J., Kumar, V., Robbins, S., Abbas, A., Fausto, N., Cotran, R. (2010). Robbins and Cotran pathologic basis of disease. Philadelphia: Saunders/Elsevier.
63. Kang, S., Ko, H., Shin, H., Kim, H., Hong, Y., Lee, N., Kim, S. Fucoxanthin exerts differing effects on 3T3 - L1 cells according to differentiation stage and inhibits glucose uptake in mature adipocytes. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 2011, 409(4):769–777.
64. Maeda, H., Hosokawa, M., Sashima, T., Funayama, K., Miyashita, K.. Fucoxanthin from edible seaweed, *Undaria pinnatifida*, shows antiobesity effect through UCP1 expression in white adipose tissues. *Biochem. Biophys. Res. Commun* 2005, 332: 392–397.
65. Chen, D., Wang, C., Lambert, J., Ai, N., Welsh, W., Yang, C. Inhibition of human liver catechol - O methyltransferase by tea catechins and their metabolites: structure - activity relationship and molecular-modeling studies. *Biochem Pharmacol.* 2005, 69(10):1523-1531.
66. Weisburger, J. Approaches for chronic disease prevention based on current understanding of underlying mechanisms. *Am. J. Clin. Nutr.* 2000, 71(6):1710-1714.
67. Reto, M., Figueira, M., Filipe, H. et al. Chemical composition of green tea (*Camellia sinensis*) infusions commercialized in Portugal. *Plant. Foods Hum. Nutr.* 2007, 62(4):139-144.
68. Vinson, J. Black and green tea and heart disease: a review. *Biofactors* 2000, 13(1-4):127-132.
69. Khokhar, S., Magnusdottir, S. Total phenol, catechin, and caffeine contents of teas commonly consumed in the United Kingdom. *J. Agric. Food Chem* 2002, 50(3):565-570.
70. Hursel, R., Viechtbauer, W., Dulloo, A., Tremblay, A., Tappy, L., Rumpler, W., Westerterp – Plantenga, M. The effects of catechin rich teas and caffeine on energy expenditure and fat oxidation: a meta-analysis. *Obes. Rev.* 2011, 12(7):573–581.
71. Hodgson, A., Randell, R., Jeukendrup, A. The effect of green tea extract on fat oxidation at rest and during exercise: evidence of efficacy and proposed mechanisms. *Adv. Nutr.* 2013, 4(2):129-140.
72. Roberts, J., Roberts, M., Tarpey, M. et al. The effect of a decaffeinated green tea extract formula on fat oxidation, body composition and exercise performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 2015, 12(1):1-4.
73. Hursel, R., Westerterp - Plantenga, M. Green tea catechin plus caffeine supplementation to a high-protein diet has no additional effect on body weight maintenance after weight loss1–3. *Am. J. Clin. Nutr.* 2009, 89(3):822–830.
74. NAOsIo (2005). Dietary reference intakes: Recommended intakes for individuals medicine. Washington, D.C.: The National Academies Press.
75. Stephen, D. (2015). Nutrition 21 announces settlement of patent infringement lawsuit over chromium picolinate. Available at: <http://www.nutraingredients-usa.com/Suppliers2/Nutrition-21-announces-settlement-of-patent-infringement-lawsuit-over-Chromium-Picolinate> [day access 24.08.2016].
76. Evans, G. The effect of chromium picolinate on insulin controlled parameters in humans. *Int. J. Biosoc. Med. Res.* 1989, 11(1):163-180.
77. Lukaski, H., Siders, W., Penland, J. Chromium picolinate supplementation in women: effects on body weight, composition, and iron status. *Nutrition* 2007, 23(3):187-195.

78. Pittler, M., Stevinson, C., Ernst, E. Chromium picolinate for reducing body weight: meta-analysis of randomized trials. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.* 2003, 27(4):522-529.
79. Pariza, M., Ashoor, S., Chu, F., Lund, D. Effects of temperature and time on mutagen formation in pan-fried hamburger. *Cancer Lett.* 1979, 7(2-3):63-69.
80. Akahoshi, A., Goto, Y., Murao K, et al. Conjugated linoleic acid reduces body fats and cytokine levels of mice. *Biosci. Biotech. Biochem.* 2002, 66(4):916-920.
81. Dugan, M., Aalhus, J., Schaefer, A., Kramer, J. The effects of conjugated linoleic acid on fat to lean repartitioning and feed conversion in pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 1997, 77(1):723-725.
82. Suppversity (2011). CLA for weight loss: Safe, but ineffective. conjugated linolic acid fails to improve body composition or lipid profile in 8-week human study .Available at: <http://suppversity.blogspot.gr/2011/05/cla-for-weight-loss-safe-but.html> [day access 29.08.2016].
83. Egras, A., Hamilton, W., Lenz, T., Monaghan, M. An evidence - based review of fat modifying supplemental weight loss products. *J. Obes.* 2011, 2011(1):1
84. Martins, S., Madeira, A., Lopes, P., Pires, V., Alfaia, C., Prates, J. et al. Adipocyte membrane glycerol permeability is involved in the anti-adipogenic effect of conjugated linoleic acid. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 2015, 458(1):356-361.
85. Reardon, M., Gobern, S., Martinez, K., Shen, W., Reid, T., McIntosh, M. Oleic acid attenuates trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid-mediated inflammatory gene expression in human adipocytes. *Lipids* 2012, 47(11):1043-1051.
86. Tavares, V., Hirata, M., Hirata, R. Peroxisome proliferator - activated receptor gamma (PPARgamma): molecular study in glucose homeostasis, lipid metabolism and therapeutic approach. *Arch. Endocrinol. Metabol.* 2007, 51(4):526-533.
87. Boschini, R., Garcia, J. UCP2 and UCP3 genic expression: regulation by food restriction, fasting and physical exercise. *Braz. J. Nutr.* 2005, 18(6):753-764.
88. Botelho, A., Santos – Zago, L., Reis, S., Oliveira, A. Conjugated linoleic acid supplementation decreased the body fat in Wistar rats. *Braz. J. Nutr.* 2005, 18(4):561-565.
89. Yamashita, A., Lira, F., Lima, W., Carnevali, L., Gonçalves, D., Tavares, F. et al. Influence of aerobic physical training in the mitochondrial transport of long chain fatty acids in the skeletal muscle: role of the carnitine palmitoil transferase. *Brazilian Journal of Sports Medicine* 2008, 14(2):150-154.
90. You, J., Park, J., Zhao, X., Jeong, J., Choi, M., Chang, K. Relationship among serum taurine, serum adipokines, and body composition during 8-week human body weight control program. *Adv Exp Med Biol.* 2013, 776(2):113-120.
91. Bouckennooghe, T., Remacle, C., Reusens, B. Is taurine a functional nutrient? *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care* 2006, 9(6):728-733.
92. Piña – Zentella, G., De la Rosa – Cuevas, G., Vázquez – Meza, H., Piña, E., De Piña, M. Taurine in adipocytes prevents insulin-mediated H₂O₂ generation and activates Pka and lipolysis. *Amino Acids.* 2012, 42(5):1927-1935.
93. Kim, S., Gupta, R., Lee, H. Taurine – diabetes interaction: from involvement to protection. *Curr. Diabetes Rev.* 2007, 3(3):165-175.
94. Murakami, S., Kondo, Y., Nagate, T. Effects of long - term treatment with taurine in mice fed a high-fat diet: improvement in cholesterol metabolism and vascular lipid accumulation by taurine. *Adv. Exp. Med. Biol.* 2000, 483(1):177-186.
95. Nakaya, Y., Minami, A., Harada, N., Sakamoto, S., Niwa, Y., Ohnaka, M. Taurine improves insulin sensitivity in the Otsuka Long - Evans Tokushima fatty rat, a model of spontaneous type 2 diabetes. *Am. J. Clin. Nutr.* 2010, 71(1):54-58.

96. Ludy, M., Moore, G., Mattes, R. The effects of capsaicin and capsiate on energy balance: critical review and meta-analyses of studies in humans. *Chem. Senses* 2012, 37(2):103–121.
97. Saito, M., Yoneshiro, T. Capsinoids and related food ingredients activating brown fat thermogenesis and reducing body fat in humans. *Curr. Opin. Lipidol.* 2013, 24(1):71-77.
98. Ludy, M., Moore, G., Mattes, R. The effects of capsaicin and capsiate on energy balance: Critical review and meta - analyses of studies in humans. *Chemical Senses* 2012, 37(2):103-121.
99. Joo, J., Kim, D., Choi, J., Yun, J. Proteomic analysis for antiobesity potential of capsaicin on white adipose tissue in rats fed with a high fat diet. *J. Proteome Res.* 2010, 9(6):2977-2987.
100. Βαλαβανίδης, Θ., Ευσταθίου, Κ. (2006). Η χημική ένωση του μήνα: Καψαϊκίνη. Διαθέσιμο στο: http://195.134.76.37/chemicals/chem_capsaicin.htm [ημερ. ανάκτηση 16.10.2016].
101. National Institute of Health (1998). Food and nutrition board, institute of medicine. Dietary reference intakes: Thiamin, riboflavin, niacin, vitamin b-6, vitamin b012, pantothenic acid, biotin, and choline. Washington, D.C.: National Academy of Sciences.
102. Penry, J., Manore, M. Choline: an important micronutrient for maximal endurance-exercise performance? *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2008, 18(2):191-203.
103. Shaw, G., Carmichael, S., Yang, W., Selvin, S., Schaffer, D. Periconceptional dietary intake of choline and betaine and neural tube defects in offspring. *Am. J. Epidemiol.* 2004, 160(2):102-109.
104. Jacobs, R., Zhao, Y., Koonen, D. et al. Impaired de novo choline synthesis explains why phosphatidylethanolamine N –methyltransferase - deficient mice are protected from diet-induced obesity. *Journal of Biological Chemistry* 2010, 285(29):22403–22413.
105. Fischer, L., Da Costa, K., Kwock, L., Stewart, P., Lu, T., Stabler, S., Allen, R., Zeisel, S. Sex and menopausal status influence human dietary requirements for the nutrient choline. *Am. J. Clin. Nutr.* 2007, 85(5):1275-1285.
106. Li, Z., Vance, D. Phosphatidylcholine and choline homeostasis. *J. Lipid. Res.*, 2008, 49(6):1187-1194.
107. Zeisel, S., Da Costa, K. Choline: An essential nutrient for public health. *Nutr. Rev.* 2009, 67(11): 615-623.
108. Anonymus (2015). Lewy Body Dementia. Available at: <http://www.artesantias-minerales.com/author/deakpsyco/> [day access 20.10.2016].
109. Zhang, Y., Huang, C., Sheng, X., Gong, Z., Zang, Y. Lecithin promotes adipocyte differentiation and hepatic lipid accumulation. *International Journal Of Molecular Medicine* 2009, 23(4): 449-454.
110. Leermakers, E., Moreira, E., Kiefte - de Jong, J., Darweesh, S., Visser, T., Voortman, T., Bautista, P., Chowdhury, R., Gorman, D., Bramer, W., Felix, J., Franco, O. Effects of choline on health across the life course: a systematic review. *Nutr Rev.* 2015, 73(8): 500–522.
111. Health Canada (2016). Chemical substance – Lecithin. Available at: <http://webprod.hc-sc.gc.ca/nhp/nd-bdipns/ingredReq.do?id=246&lang=eng> [day access 11.10.2016].
112. Rosen, E., Walkey, C., Puigserver, P., Spiegelman, B. Transcriptional regulation of adipogenesis. *Genes Dev.* 2001, 14(11): 1293-1307.

113. Balage, M., Dardevet, D. Long - term effects of leucine supplementation on body composition. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care*, 2010, 13(3):265-270.
114. Vianna, D., Resende, G., Torres – Leal, F., Pantaleão, L., Donato, J., Tirapegui, J. Long-term leucine supplementation reduces fat mass gain without changing body protein status of aging rats. *Nutrition* 2012, 28(2):182–189.
115. Stimson, R., Johnstone, A., Homer, N., Wake, D., Morton, N., Andrew, R., Lobley, G., Walker, B. Dietary macronutrient content alters cortisol metabolism independently of body weight changes in obese men. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 2007, 92(11):4480-4484.
116. Guo, F., Cavener, D. The GCN2 eIF2alpha kinase regulates fatty - acid homeostasis in the liver during deprivation of an essential amino acid. *Cell Metab.* 2007, 5(2):103–114.
117. Jobgen, W., Meininger, C., Jobgen, S., Li, P., Lee, M., Smith, S., Spencer, T., Fried, S., Wu, G. Dietary L - arginine supplementation reduces white fat gain and enhances skeletal muscle and brown fat masses in diet-induced obese rats. *J. Nutr.* 2009, 139(2):230-237.
118. Fu, W., Haynes, T., Kohli, R., Hu, J., Shi, W., Spencer, T., Carroll, R., Meininger, C., Wu, G. Dietary L - arginine supplementation reduces fat mass in Zucker diabetic fatty rats. *J. Nutr.* 2005, 135(1):714-721.
119. Zhang, Y., Guo, K., LeBlanc, R., Loh, D., Schwartz, G., Yu, Y. Increasing dietary leucine intake reduces diet-induced obesity and improves glucose and cholesterol metabolism in mice via multimechanisms. *Diabetes* 2007, 56(6):1647-1654.
120. Nairizi, A., She, P., Vary, T., Lynch, C. Leucine supplementation of drinking water does not alter susceptibility to diet - induced obesity in mice. *J. Nutr.* 2009, 139(4):715-719.
121. Wikimedia Commons (2016). L - Leucin – L - Leucine.svg. Available at: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:L-Leucin_-_L-Leucine.svg [day access 13.10.2016].
122. Costill, D., Dalsky, G., Fink, W. Effects of caffeine ingestion on metabolism and exercise performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2008, 10(3):155–158.
123. Lopez – Garcia, E., Van Dam, R., Rajpathak, S., Willett, W., Manson, J., Hu, F. Changes in caffeine intake and long-term weight change in men and women. *Am. J. Clin. Nutr.* 2006, 83(3):674-680.
124. Acheson, K., Zahorska – Markiewicz, B., Pittet, P., Anantharaman, K., Jequier, E. Caffeine and coffee: their influence on metabolic rate and substrate utilization in normal weight and obese individuals. *Am. J. Clin. Nutr.* 2010, 33(5):989–997.
125. Diepvens, K., Klaas, R., Westerterp, S. Obesity and thermogenesis related to the consumption of caffeine, ephedrine, capsaicin, and green tea. *American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 2007, 292(1):77-85.
126. Dulloo, A., Geissler, C., Horton, T., Collins, A., Miller, D. Normal caffeine consumption: influence on thermogenesis and daily energy expenditure in lean and postobese human volunteers. *Am. J. Clin. Nutr.* 2009, 49(1):44-50.
127. Belza, A., Toubro, S., Astrup, A. The effect of caffeine, green tea and tyrosine on thermogenesis and energy intake. *Eur. J. Clin. Nutr.* 2009, 63(1):57-64.
128. Acheson, K., Gremaud, G., Meirim, I., Montigon, F., Krebs, Y., Fay, L., Gay, L., Schneiter, P., Schindler, C., Tappy, L. Metabolic effects of caffeine in humans: lipid oxidation or futile cycling? *Am. J. Clin. Nutr.* 2004, 79(1):40-46.
129. Swithers, S., Martin, A., Clark, K., Laboy, A., Davidson, T. Body weight gain in rats consuming sweetened liquids. Effects of caffeine and diet composition. *Appetite* 2010, 55(3):528 – 533.

130. Tae - Wook K., Young, S., Jeong, L. Effect of caffeine on the metabolic responses of lipolysis and activated sweat gland density in human during physical activity. *Food Science and Biotechnology* 2010, 19(4):1077–1081.
131. Graham, T., Battram, D., Dela, F., El – Sohemy, A., Thong, F. Does caffeine alter muscle carbohydrate and fat metabolism during exercise? *Applied physiology, nutrition, and metabolism. Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 2008, 33(6):1311–1318.
132. Wikispaces (206). Caffeine Lipolysis Wiki. Available at: <https://caffeinelipolysis.wikispaces.com/> [day access 02.10.2016].
133. Cha, Y. Effects of L-carnitine on obesity, diabetes, and as an ergogenic aid. *Asia Pac. J. Clin. Nutr.* 2008, 17(1):306-308.
134. Wu, T., Guo, A., Shu, Q., Qi, Y., Kong, Y., Sun, Z., Sun, S., Fu, Z. L-Carnitine intake prevents irregular feeding-induced obesity and lipid metabolism disorder. *Gene* 2015, 554(2):148-154.
135. Muller, D., Seim, H., Kiess, W. et al. Effects of oral L - carnitine supplementation on in vivo long chain fatty acid oxidation in healthy adults. *Metabolism* 2012, 51(11):1389-1391.
136. Villani, R., Gannon, J., Self, M., Rich, P. L - carnitine supplementation combined with aerobic training does not promote weight loss in moderately obese women. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2000, 10(2):199-207.
137. Obici, S., Feng, Z., Arduini, A., Conti, R., Rossetti, L. Inhibition of hypothalamic carnitine palmitoyltransferase - 1 decreases food intake and glucose production. *Nat. Med.* 2003, 9(1):756-761.
138. Alesci, S., De Martino, M., Mirani, M. et al. L - carnitine: a nutritional modulator of glucocorticoid receptor functions. *FASEB J.* 2003, 17(11):1553-1555.
139. Lee, M., Lee, H., Lee, H., Kim, Y. L - carnitine stimulates lipolysis via induction of the lipolytic gene expression and suppression of the adipogenic gene expression in 3T3 - L1 adipocytes. *J. Med. Food.* 2006, 9(4):468-473.
140. Wutzke, K., Lorenz, H. The effect of L - carnitine on fat oxidation, protein turnover, and body composition in slightly overweight subjects. *Metabolism* 2004, 53(8):1002–1006.
141. Henderson, S, Magu, B., Rasmussen, C. et al. Effects of coleus forskohlii supplementation on body composition and hematological profiles in mildly overweight women. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 2015, 2(2): 54–62.
142. Okuda, H., Morimoto, C., Tsujita, T. Relationship between cyclic AMP production and lipolysis induced by forskolin in rat fat cells. *J. Lipid. Res.* 1992, 33(2):225-231.
143. Litosch, I., Hudson, T., Mills, I., Li, S., Fain, J. Forskolin as an activator of cyclic AMP accumulation and lipolysis in rat adipocytes. *Molecular Pharmacology* July 1982, 22(1):109-115.
144. Abidov, M., Ramazanov, Z., Seifulla, R., Grachev, S. The effects of Xanthigen in the weight management of obese premenopausal women with non - alcoholic fatty liver disease and normal liver fat. *Diabetes Obes. Metab.* 2010, 12(1): 72–81.
145. Jeon, S., Kim, H., Woo, M., Lee, M., Shin, Y., Park, Y., Choi, M. 1. Fucoxanthin - rich seaweed extract suppresses body weight gain and improves lipid metabolism in high-fat-fed C57BL/6J mice. *Biotechnol J.* 2010, 5(9):961-969.
146. Zhang, H., Tang, Y., Zhang, Y., Zhang, S., Qu, J., Wang, X., Kong, R., Chunchao, H., Liu, Z., Fucoxanthin: A promising medicinal and nutritional ingredient. Hindawi Publishing Corporation Evidence - Based Complementary and Alternative Medicine.
147. Peng, J., Jian – Ping, Y., Chou – Fei, W., Jiang – Hai, W. Fucoxanthin, a marine carotenoid present in brown seaweeds and diatoms: Metabolism and bioactivities relevant to human health. *Mar. Drugs* 2011, 9(10):1806-1828.

148. Rumpler, W., Seale, J., Clevidence, B., Judd, J., Wiley, E., Yamamoto, S., Komatsu, T., Sawaki, T., Ishikura, Y., Hosoda, K. Oolong tea increases metabolic rate and fat oxidation in men. *J. Nutr.* 2001, 131(11):2848–2852.
149. Gregersen, N., Bitz, C., Krog – Mikkelsen, I. et al. Effect of moderate intakes of different tea catechins and caffeine on acute measures of energy metabolism under sedentary conditions. *Br. J. Nutr.* 2009, 102(8):1187–1194.
150. Rudelle, S., Ferruzzi, M., Cristiani, I., Moulin, J., Mace, K., Acheson, K., Tappy, L. Effect of a thermogenic beverage on 24-hour energy metabolism in humans. *Obesity* 2007, 15(2):349–355.
151. National Institute of Health (2005). Dietary reference intakes: Recommended intakes for individuals medicine. Washington, D.C.: The National Academies Press.
152. Anderson, R., Kozlovsky, A. Chromium intake, absorption and excretion of subjects consuming self-selected diets. *Am. J. Clin. Nutr.* 1985, 41(6): 1177–1183.
153. Evans, G. The effect of chromium picolinate on insulin controlled parameters in humans. *Int. J. Biosoc. Med. Res.* 2009, 11(1):163–180.
154. Lukaski, H., Bolonchuk, W., Siders, W., Milne, D. Chromium supplementation and resistance training: effects on body. *Am. J. Clin. Nutr.* 1996, 63(6): 954–965.
155. Yazaki, Y., Faridi, Z., Ma, Y., Ali, A., Northrup, V., Njike, V., Liberti, L., Katz, D. A pilot study of chromium picolinate for weight loss. *J. Altern. Complement. Med.* 2010, 16(3):291–299.
156. Bennett, R., Adams, B., French, A., Neggers, Y., Vincent, J. High-dose chromium (III) supplementation has no effects on body mass and composition while altering plasma hormone and triglycerides concentrations. *Biol. Trace Elem. Res.* 2006, 113(1): 53–66.
157. Park, Y., Albright, K., Liu, W., Storkson, J., Cook, M., Pariza, M. Effect of conjugated linoleic acid on body composition in mice. *Lipids*, 2007, 32(8): 853–858.
158. Rahman, S., Wang, Y., Yotsumoto, H., Cha, J., Han, S., Inoue, S. et al. Effects of conjugated linoleic acid on serum leptin concentration, body-fat accumulation, and beta-oxidation of fatty acid in OLETF rats. *Nutrition* 2001, 17(5): 385–390.
159. Malpuech – Brugère, C., Verboeket, W., Mensink, R., Arnal, M., Morio, B., Brandolini, M. et al. Effects of two conjugated linoleic acid isomers on body fat mass in overweight humans. *Obes. Res.* 2004, 12(4): 591–598.
160. Whigham, L., Watras, A., Schoeller, D.A. Efficacy of conjugated linoleic acid for reducing fat mass: a meta-analysis in humans. *Am. J. Clin. Nutr.* 2007, 85(5): 1203–1211.
161. Blankson, H., Stakkestad, J., Fagertun, H., Thom, E., Wadstein, J., Gudmundsen, O. Conjugated linoleic acid reduces body fat mass in overweight and obese humans. *Journal of Nutrition*. 2000, 130(12):2943–2948.
162. Berven, G., Bye, A., Hals, O. et al. Safety of conjugated linoleic acid (CLA) in overweight or obese human volunteers. *Eur. J. Lipid. Sci. Technol.* 2000, 102(7):455–462.
163. Basu, S., Riserus, U., Turpeinen, A., Vessby, B. Conjugated linoleic acid induces lipid peroxidation in men with abdominal obesity. *Clin. Sc. (Lond)* 2010, 99(6):511–516.
164. Riserus, U., Arner, P., Brismar, K., Vessby, B. Treatment with dietary trans10cis12 conjugated linoleic acid causes isomer-specific insulin resistance in obese men with the metabolic syndrome. *Diabetes Care* 2002, 25(9):1516–1521.
165. Terpstra, A. Effect of conjugated linoleic acid on body composition and plasma lipids in humans: an overview of the literature. *Am. J. Clin. Nutr.* 2004, 79(3):352–361.

166. Risérus, U., Smedman, A., Basu, S., Vessby, B. Metabolic effects of conjugated linoleic acid in humans: the Swedish experience. *Am. J. Clin. Nutr.* 2004, 79(6): 1146-1148.
167. Churruga, I., Fernandez – Quintela, A., Portillo, M. Conjugated linoleic acid isomers: differences in metabolism and biological effects. *Biofactors.* 2009, 35(1):105–111.
168. Rutherford, J., Spriet, L., Stellingwerff, T. The effect of acute taurine ingestion on endurance performance and metabolism in well-trained cyclists. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2010, 20(4): 322-329.
169. Galloway, S., Talanian, J., Shoveller, A., Heigenhauser, G., Spriet, L. Seven days of oral taurine supplementation does not increase muscle taurine content or alter substrate metabolism during prolonged exercise in humans. *J. Appl. Physiol* 2008, 105(2): 643-651.
170. Rosa, F., Freitas, E., Deminice, R., Jordão, A., Marchini, J. Oxidative stress and inflammation in obesity after taurine supplementation: a double-blind, placebo-controlled study. *Eur. J. Nutr.* 2014, 53(3):823-830.
171. Tsuboyama – Kasaoka, N., Shozawa, C., Sano, K., Kamei, Y., Kasaoka, S., Hosokawa, Y., Ezaki, O. Taurine (2-aminoethanesulfonic acid) deficiency creates a vicious circle promoting obesity. *Endocrinology* 2006, 147(7):3276–3284.
172. Yoshioka, M., St – Pierre, S., Suzuki, M., Tremblay, A. Effects of red pepper added to high - fat and high - carbohydrate meals on energy metabolism and substrate utilization in Japanese women. *Br. J. Nutr.* 1998, 80(6):503–510.
173. Josse, A., Sherriffs, S., Holwerda, A. et al. Effects of capsinoids ingestion on energy expenditure and lipid oxidation at rest and during exercise. *Nutr. Metab.* 2010, 7(1):65.
174. Smeets, A., Westerterp – Plantenga, M. The acute effects of a lunch containing capsaicin on energy and substrate utilisation, hormones, and satiety. *Eur. J. Nutr.* 2009, 48(4):229–234.
175. Lejeune, M., Kovacs, E., Westerterp – Plantenga, M. Effect of capsaicin on substrate oxidation and weight maintenance after modest body-weight loss in human subjects. *Br. J. Nutr.* 2003, 90(3):651–659.
176. Snitker, S., Fujishima, Y., Shen, H. et al. Effects of novel capsinoid treatment on fatness and energy metabolism in humans: possible pharmacogenetics implications. *Am. J. Clin. Nutr.* 2009, 89(1):45–50.
177. Hwang, J., Park, I., Shin, J. et al. Genistein, EGCG, and capsaicin inhibit adipocyte differentiation process via activating AMP-activated protein kinase. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 2005, 338(2): 694–699.
178. Hsu, C., Yen, G. Effects of capsaicin on induction of apoptosis and inhibition of adipogenesis in 3T3-L1 cells. *J. Agric. Food Chem.* 2007, 55(5): 1730–1736.
179. Lee, M., Kim, C., Kim, I., Kim, Y. Effects of capsaicin on lipid catabolism in 3T3-L1 adipocytes. *Phytother. Res.* 2011, 25(6):935-939.
180. Elsayy, G., Abdelrahman, O., Hamza, A. Effect of choline supplementation on rapid weight loss and biochemical variables among female taekwondo and judo athletes. *Journal of Human Kinetics* 2014, 40(1):77-82.
181. Eureka Alert (2007). Eggs promote weight loss and help close nutrient consumption gap. Available at: http://www.eurekaalert.org/pub_releases/2007-05/epr-epw042707.php [day access 14.10.2016].
182. Gengshu, W., Liyan, Z., Tete, L., Lopaschuk, G., Vance, D., Jacobs, R. Choline deficiency attenuates bodyweight gain and improves glucose tolerance in ob/ob mice. *Journal of Obesity* Volume 2012, 1(1):1-5.

- 183.Schenkel, L., Sivanesan, S., Zhang, J., Wuyts, B., Taylor, A., Verbrugghe, A., Bakovic, M. Choline supplementation restores substrate balance and alleviates complications of Pcyt2 deficiency. *J. Nutr Biochem.* 2015, 26(11):1221-1234.
- 184.Zhu,J., Wu, Y., Tang, Q., Leng, Y., Cai1, W. 1. The effects of choline on hepatic lipid metabolism, mitochondrial function and antioxidative status in human hepatic c3a cells exposed to excessive energy substrates. *Nutrients* 2014, 6(7): 2552–2571.
- 185.Donato, J., Pedrosa, R., Cruzat, V., Pires, I., Tirapegui, J. Effects of leucine supplementation on the body composition and protein status of rats submitted to food restriction. *Nutrition* 2006, 22(5):520-527.
- 186.Cheng, Y., Meng, Q., Wang, C. et al. Leucine deprivation decreases fat mass by stimulation of lipolysis in white adipose tissue and upregulation of Uncoupling Protein 1 (UCP1) in brown adipose tissue. *Diabetes* 2010, 59(1):17-25.
- 187.Klingenspor, M. Cold - induced recruitment of brown adipose tissue thermogenesis. *Exp. Physiol.* 2003, 88(1):141–148.
- 188.Layman, D. The role of leucine in weight loss diets and glucose homeostasis. *J. Nutr.* 2003, 133(1):261-267.
- 189.Tong, X., Li, W., Xu, J., Han, S., Qin, L. Effects of whey protein and leucine supplementation on insulin resistance in non-obese insulin-resistant model rats. *Nutrition* 2014, 30(9):1076–1080.
- 190.Ricoult, S., Manning, B. The multifaceted role of mTORC1 in the control of lipid metabolism. *EMBO Rep.* 2013, 14(3): 242–251.