

Η Επίδραση της Αεροβικής Άσκησης και της Πεζοπορίας στη Δομή και Λειτουργία του Ιπποκάμπου και στη Μνήμη

Αναστασία Στεργιώτη,¹ Μαρία Καλαφάτη²

The Effects of Aerobic Exercise and Walking on the Structure and Function of the Hippocampus and Memory

Abstract at the end of the article

¹Νοσηλεύτρια ΠΕ, Τμήματος Νοσηλευτικής, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών,
²Νοσηλεύτρια ΠΕ, MSc, PhD, ΕΔΙΠ Τμήματος Νοσηλευτικής, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Υποβλήθηκε: 30/12/2020
Επανυποβλήθηκε: 19/05/2021
Εγκρίθηκε: 10/09/2021

Υπεύθυνος αλληλογραφίας:
Αναστασία Στεργιώτη, Ελευθερίου Βενιζέλου 9, 151 22 Μαρούσι
Τηλ: (+30) 6983 855 314
e-mail: st.anastasia@yahoo.gr

Εισαγωγή: Ο ιππόκαμπος είναι εν τω βάθει δομή του κροταφικού λοβού των εγκεφαλικών ημισφαιρίων και διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην αποθήκευση πληροφοριών και στη λειτουργία της μνήμης. **Σκοπός:** Διερεύνηση της επίδρασης της αεροβικής άσκησης και της πεζοπορίας στη δομή και τη λειτουργία του ιπποκάμπου, καθώς και στην αξιολόγηση των αλλαγών που σημειώνονται σε γνωστικό και μνημονικό επίπεδο σε υγιείς ενήλικους με οριοθετημένη ανασκόπηση (scoring review). **Υλικό και Μέθοδος:** Πραγματοποιήθηκε συστηματική βιβλιογραφική αναζήτηση επιστημονικών μελετών από το 2010–2019 στις ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων PubMed και Scopus, με τη χρήση των όρων: “healthy-adults”, “aerobic-exercise”, “walking”, “hippocampus” και “memory”, ανεξάρτητα καθώς σε συνδυασμό αυτών. Τα κριτήρια ένταξης των άρθρων στην οριοθετημένη ανασκόπηση ήταν: (α) οι ενήλικοι υγιείς ηλικίας 19 ετών και άνω που εφαρμόζουν αεροβική άσκηση/και πεζοπορία, (β) οι τυχαίοποιημένες και μη κλινικές δοκιμές ως τύποι της μελέτης, (γ) 2010 έως 2019 ως χρονολογίες δημοσίευσης, (δ) τα Αγγλικά ως γλώσσα δημοσίευσης, (ε) μόνο πρωτογενείς μελέτες, (στ) άρθρα με πλήρες κείμενο. **Αποτελέσματα:** Το σύνολο των άρθρων που βρέθηκαν αρχικά ήταν 87. Με την εφαρμογή του PICOS ο αριθμός των άρθρων που εντάχθηκαν στη μελέτη ήταν 22. Από την ανάλυση των μελετών βρέθηκε ότι η άσκηση είναι αποτελεσματική στην αναστροφή της απώλειας όγκου του ιπποκάμπου ακόμα και σε προχωρημένη ηλικία. Η αεροβική άσκηση θεωρείται νευροπροστατευτική και λειτουργεί ενισχυτικά τόσο στη γνώση όσο και στην αύξηση του εγκεφαλικού όγκου. Επίσης η σωματική δραστηριότητα που δεν απαιτεί φυσική άσκηση, όπως είναι η πεζοπορία μπορεί επίσης να συσχετιστεί με γνωστικά οφέλη για την υγεία. **Συμπεράσματα:** Η αεροβική άσκηση αλλά και η πεζοπορία μπορεί να έχουν θετικά αποτελέσματα στη σωστή

Λειτουργία του ιπποκάμπου και της μνήμης αλλά και στη συνολική εγκεφαλική λειτουργία σε οποιαδήποτε ηλικία. Οι επαγγελματίες υγείας πρέπει να ωθούν τον πληθυσμό σε έναρξη οποιασδήποτε σωματικής άσκησης λαμβάνοντας υπόψη την κατάσταση της υγείας του.

Λέξεις-ευρετηρίου: Υγιείς ενήλικες, αεροβική άσκηση, πεζοπορία, ιππόκαμπος, μνήμη.

Εισαγωγή

Ο ιππόκαμπος είναι εν τω βάθει δομή του κροταφικού λοβού των εγκεφαλικών ημισφαιρίων και διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην αποθήκευση πληροφοριών και κατ' επέκταση στη μνήμη.¹ Αποτελεί τμήμα του συνολικού ιπποκάμπειου σχηματισμού (hippocampal formation) και συγκροτείται από την οδοντωτή έλικα (dentate gyrus), το υπόθεμα (subiculum) ή υπέρεισμα του ιπποκάμπου, την έλικα του φαιού ταινιδίου (gyrus fasciolaris), τα τμήματα του αγκίστρου (uncus), το φαιό ένδυμα του μεσολοβίου (indusium griseum) και την παραϊπποκάμπεια έλικα (gyrus parahippocampalis). Σε στεφανιαία διατομή εμφανίζει 4 ζώνες, που είναι η CA1, η CA2, η CA3 και η CA4.² Πιο αναλυτικά, ο ιππόκαμπος αποτελεί μια χαρακτηριστική περιοχή σύγκλισης μεταξύ οργανικού υποστρώματος και περιβαλλοντικής επίδρασης. Ο βασικότερος ρόλος του είναι η λειτουργία της επεισοδιακής-αυτοβιογραφικής μνήμης, γεγονός που τον φέρνει σε άμεση επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον. Παράλληλα ο ιππόκαμπος εμπλέκεται και στη λειτουργία του συναισθήματος, μέσω της στενής αλληλεπίδρασής του με την αμυγδαλή. Στον ιππόκαμπο επιτελείται η ταχεία εγγραφή των συμβάντων και έπεται η σταδιακή μεταφορά τους στον φλοιό, όπου πραγματοποιείται η αναγνώριση και η ταξινόμηση των πληροφοριών.² Ο ρόλος του στη γνωστική ευελιξία είναι καθοριστικός, καθώς είναι η πιο επιρρεπής περιοχή στις συμπεριφορικές παρεμβάσεις. Συνεπακόλουθα, η ογκομετρική μάζα του ιπποκάμπου παρουσιάζει αλλαγές και η μείωσή της μπορεί να οφείλεται σε θάνατο νευρώνων ή νευρογλοιακών κυττάρων, σε μειωμένη νευρογένεση ή γλοιογένεση από την οδοντωτή έλικα, σε μείωση του βαθμού διακλάδωσης του δενδριτικού δικτύου, σε ελάττωση του όγκου των κυττάρων ή σε μείωση του όγκου της εξωκυττάριας ουσίας.²

Αναφορικά με τη μνήμη, αυτή χωρίζεται σε δύο μορφές, την έκδηλη και την άδηλη. Η έκδηλη ή δηλωτική μνήμη σχετίζεται με τη συνείδηση και εξαρτάται από

τον ιππόκαμπο και άλλα τμήματα της έσω μοίρας του κροταφικού λοβού. Η άδηλη ή μη δηλωτική μνήμη δεν εξαρτάται από την επίγνωση και για τη συγκράτηση των πληροφοριών δεν απαιτείται επεξεργασία στον ιππόκαμπο. Η έκδηλη μνήμη που αρχικά είναι απαραίτητη για την εκτέλεση διαφόρων δραστηριοτήτων, μπορεί να μετατραπεί σε άδηλη, όταν αποκτηθεί η ικανότητα εκτέλεσης της δραστηριότητας.¹

Έχει βρεθεί ότι η σωματική δραστηριότητα δρα νευροπροστατευτικά, ενώ παράλληλα αναφέρεται ότι η αεροβική άσκηση τόνώνει την καρδιαγγειακή λειτουργία, αυξάνοντας αρχικά την αιματική ροή στον εγκέφαλο και εν συνεχεία τα επίπεδα των ορμονών ανάπτυξης του εγκεφάλου. Πιο συγκεκριμένα οι νευροτροφικοί παράγοντες, όπως για παράδειγμα ο BDNF (νευροτροφικός παράγοντας προερχόμενος από τον εγκέφαλο), δρουν σε ορισμένους νευρώνες του κεντρικού και περιφερικού νευρικού συστήματος, συμβάλλοντας στη διατήρηση και επιβίωση των ήδη υπαρχόντων νευρώνων και ενισχύοντας την ανάπτυξη και τη διαφοροποίηση νέων νευρώνων και νευρωνικών συνάψεων. Παράλληλα, η νευρωνική πλαστικότητα, που περιγράφεται ως ένας μηχανισμός διά του οποίου προστίθενται νέες μνημονικές εγγραφές, με αποτέλεσμα να επέρχονται αλλαγές σε νευρωνικά δίκτυα, και κατ' επέκταση να διαμορφώνονται νέα συμπεριφορικά μοτίβα, τροποποιώντας τη λειτουργία νευρωνικών δικτύων μέσω της ενίσχυσης ή αποδυνάμωσης ήδη υπαρχουσών συνάψεων, της αλλαγής στον αριθμό των συνάψεων και της ρύθμισης της διεγερσιμότητας μεμονωμένων νευρώνων, μπορεί να συνεισφέρει στη βελτίωση της μνήμης μετά από αεροβική άσκηση.² Εντούτοις, μέχρι τώρα δεν αναφέρεται σε καμία μελέτη να έχει βρεθεί ο ακριβής μηχανισμός δράσης, καθώς και η διάρκεια, η ένταση και το είδος της άσκησης που απαιτείται ώστε να παρατηρηθεί αύξηση του όγκου του ιπποκάμπου και των νευροτροφικών παραγόντων που θα οδηγήσουν σε βελτίωση των μνημονικών διεργασιών.

Σκοπός

Σκοπός της παρούσας οριοθετημένης ανασκόπησης είναι η διερεύνηση της επίδρασης της αεροβικής άσκησης και της πεζοπορίας στη δομή και τη λειτουργία του ιπποκάμπου, καθώς και η αξιολόγηση των αλλαγών που σημειώνονται σε γνωστικό και μνημονικό επίπεδο, σε υγιείς ενήλικους.

Υλικό και Μέθοδος

Σχεδιασμός της μελέτης

Χρησιμοποιήθηκε η οριοθετημένη ανασκόπηση για την κάλυψη του σκοπού της συγκεκριμένης μελέτης γιατί αποτελεί μια μορφή σύνθεσης γνώσης που εξετάζει ένα ερευνητικό ερώτημα στοχεύοντας στη χαρτογράφηση βασικών εννοιών, τύπων αποδεικτικών στοιχείων και κενών στην έρευνα. Επίσης σχετίζεται με μια καθορισμένη περιοχή ή τομέα συστηματικής αναζήτησης, επιλογής και σύνθεσης υφισταμένων γνώσεων.³ Η συγκεκριμένη οριοθετημένη ανασκόπηση (scoring review) πραγματοποιήθηκε με τη χρησιμοποίηση των 6 βημάτων όπως περιγράφονται από τους Arksey & O'Malley.⁴

Στάδιο 1. Αναγνώριση της ερευνητικής ερώτησης

Στο στάδιο αυτό ανέκυψαν 4 ερευνητικές ερωτήσεις προερχόμενες από τον σκοπό της μελέτης, με βάσει τις οποίες πραγματοποιήθηκε η επιλεξιμότητα των άρθρων και οι οποίες οδήγησαν σε αποδοτικότερη ανασκόπηση της βιβλιογραφίας (5):

1. Η επίδραση της αεροβικής άσκησης και της πεζοπορίας στη δομή και τη λειτουργία του ιπποκάμπου
2. Η αξιολόγηση των αλλαγών που σημειώνονται σε γνωστικό και μνημονικό επίπεδο σε υγιείς ενήλικους με την επίδραση της αεροβικής άσκησης
3. Το χρονικό πλαίσιο δράσης της αεροβικής άσκησης
4. Το είδος άσκησης και η επίδραση αυτής στον ιπποκάμπο και τη μνήμη.

Στάδιο 2. Αναγνώριση των σχετικών μελετών

Πραγματοποιήθηκε συστηματική βιβλιογραφική αναζήτηση επιστημονικών μελετών τον Νοέμβριο του 2019

στις ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων PubMed και Scopus, μόνο στην αγγλική γλώσσα. Η αναζήτηση έγινε με χρονικό περιορισμό δεκαετίας (2010–2019). Πριν την κατάθεση της μελέτης προς δημοσίευση πραγματοποιήθηκε νέα αναζήτηση με τις ίδιες λέξεις-κλειδιά για επικαιροποίηση. Η στρατηγική αναζήτησης ήταν κοινή και για τις δύο ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων και βασίστηκε στη χρήση των ακόλουθων όρων (λέξεις-κλειδιά): «healthy-adults», «memory», «aerobic-exercise», «walking» και «hippocampus» καθώς και σε συνδυασμούς αυτών.

Στάδιο 3. Επιλογή μελετών

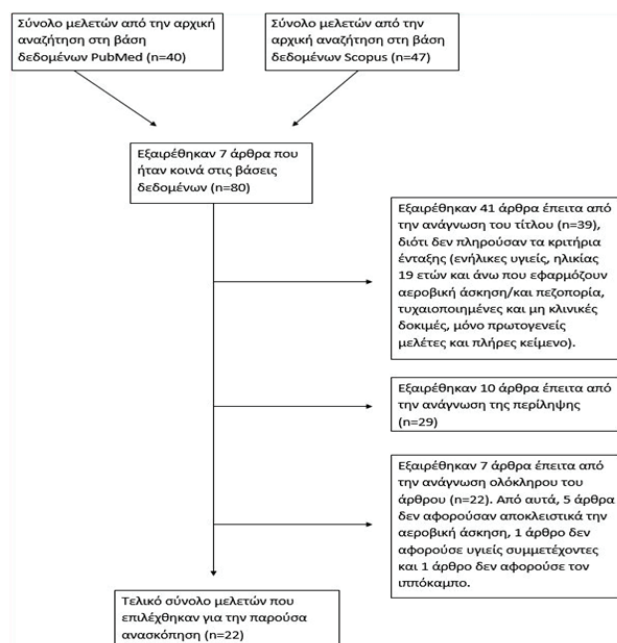
Το σύνολο των άρθρων που προέκυψαν από την αρχική αναζήτηση και στις δύο βάσεις ήταν 87. Οι δύο ανεξάρτητοι ερευνητές που πραγματοποίησαν τη βιβλιογραφική αναζήτηση έθεσαν τα κριτήρια ένταξης και αποκλεισμού των μελετών βασιζόμενοι στα ερευνητικά ερωτήματα και στις λέξεις ευρετηριασμού. Τα τελικά κριτήρια ένταξης των ερευνών που εφαρμόστηκαν ήταν: (α) οι ενήλικοι υγιείς ηλικίας 19 ετών και άνω που εφαρμόζουν αεροβική άσκηση/και πεζοπορία, (β) οι τυχαιοποιημένες και μη κλινικές δοκιμές ως τύποι της μελέτης, (γ) 2010 έως 2019 ως χρονολογίες δημοσίευσης, (δ) τα Αγγλικά ως γλώσσα δημοσίευσης, ε. μόνο πρωτογενείς μελέτες, (στ) άρθρα με πλήρες κείμενο. Στον πίνακα 1 φαίνεται η κάλυψη των κριτηρίων ένταξης με τη χρησιμοποίηση του PICOS.

Οι δύο ερευνητές ανασκόπησαν τους τίτλους και τις περιλήψεις ξεχωριστά ο καθένας με στόχο τον αποκλεισμό εκείνων που δεν εμφάνιζαν καμία συσχέτιση με το ερευνητικό ερώτημα που είχε τεθεί. Αρχικά, 7 άρθρα απορρίφθηκαν από τη μία ηλεκτρονική βάση δεδομένων, λόγω παρουσίας τους και στις δύο. Στη συνέχεια απορρίφθηκαν 41 άρθρα, καθώς δεν περιελάμβαναν στον τίτλο τους τις λέξεις-κλειδιά που είχαν οριστεί με τη χρήση του PICOS (Population, Intervention, Comparison, Outcome, Study), 10 άρθρα ύστερα από την ανάγνωση της περίληψης και 7 άρθρα ύστερα από την ανάγνωση ολόκληρου του άρθρου. Στη συνέχεια, ακολούθησε ανάγνωση ολόκληρων των κειμένων των μελετών και από τους δύο ερευνητές, και αφού ελέγχθηκε ότι πληρούσαν τα κριτήρια ένταξης

Πίνακας 1. Αναζήτηση βιβλιογραφίας με χρησιμοποίηση του PICOS.

Πληθυσμός (Population)	Παρέμβαση (Intervention)	Σύγκριση (Comparison)	Αποτελέσματα (Outcome)	Μελέτη (Study)
Υγιείς ενήλικες	Αεροβική άσκηση και πεζοπορία	Χρήση ή μη αεροβικής άσκησης και πεζοπορίας	Πόσο επηρεάζεται η μορφολογία του ιπποκάμπου και η μνήμη	Τυχαιοποιημένες και μη κλινικές δοκιμές

Εικόνα 1. Διάγραμμα ροής της ανασκόπησης.



στην οριοθετημένη μελέτη, κατέληξαν σε συμφωνία για την εισαγωγή 22 μελετών στην ανασκόπηση (εικόνα 1). Ορισμένα άρθρα χρειάστηκε να αποκλειστούν ύστερα από την ανάγνωση ολόκληρης της μελέτης. Στην παρούσα μελέτη δε συμπεριελήφθηκαν άρθρα στα οποία δεν υπήρχε σαφής ανάδειξη της συσχέτισης ανάμεσα στην αερόβια άσκηση και τον ιππόκαμπο σε υγιείς ενήλικους.

Στάδιο 4. Καταγραφή και διάταξη των μελετών

Τα 22 άρθρα απαντούσαν στα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν από την αρχή για να ικανοποιήσουν τον σκοπό της μελέτης. Οι δύο ερευνητές διάβασαν τις τελικές συμπεριλαμβανόμενες μελέτες ξεχωριστά και παρουσίασαν τα δεδομένα σε πίνακες αναφέροντας, τον συγγραφέα της κάθε μελέτης, το έτος δημοσίευσής της, το είδος της μελέτης, τη χώρα διεξαγωγής της, το μελετώμενο δείγμα, τον σκοπό της μελέτης, το είδος της παρέμβασης, τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα της κάθε μελέτης. Προέκυψε ο πίνακας 2 μετά από συμφωνία των δύο ερευνητών.

Στάδιο 5. Συγκέντρωση, σύνοψη και αναφορά των αποτελεσμάτων

Σε αυτό το στάδιο παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα της ανασκόπησης όπως έχουν προκύψει μετά από τη θεματική ανάλυση των δεδομένων που έγινε από τους δύο ερευνητές. Η θεματική επιλογή έγινε βασιζόμενη στα ερευνητικά ερωτήματα που αποδόθηκαν με βάση τον σκοπό της μελέτης.

Αποτελέσματα

Οι μελέτες που ανασκοπήθηκαν στο σύνολό τους ήταν 22. Οι 11 μελέτες αφορούσαν σε άτομα μεταξύ των ηλικιών 18 και 35 ετών και οι 7 μελέτες αφορούσαν άτομα άνω των 60 ετών. Από τις 22 μελέτες, οι 10 διεξήχθησαν στην Αμερική και συγκεκριμένα στις ΗΠΑ ή στον Καναδά,^{6,8,10,11,15,17,18,24,26,27} 3 στην Ιαπωνία,^{19,21,23} 1 στη Σουηδία,²² και 7 στη Γερμανία.^{7,9,12,13,14,16,20,25} Από τις ανασκοπηθείσες μελέτες, 20 εκτίμησαν τη δράση που ασκεί η αερόβια άσκηση στο ιππόκαμπο και 4 μελέτησαν την επίδραση της ημερήσιας φυσικής δραστηριότητας στον ιππόκαμπο.

1. Σχέση ηλικίας και φύλου με τη μορφολογία του ιπποκάμπου

Στη μελέτη των Wagner G et al (ηλικία 22–28 ετών) παρατηρήθηκε μείωση του όγκου του ιπποκάμπου σε συγκεκριμένα υποπεδία και πτώση των επιπέδων BDNF (νευροτροφικός παράγοντας προερχόμενος από τον εγκέφαλο) στην ομάδα παρέμβασης μετά την αερόβια άσκηση. Υποστηρίζεται πως η νεαρή ηλικία χαρακτηρίζεται από σχετικά σταθερή δομή εγκεφάλου, όπου όμως μπορεί να τροποποιηθεί μετά από έντονη άσκηση οδηγώντας σε απότομη απώλεια όγκου του ιπποκάμπου.¹⁴ Στη μελέτη των Erickson KI et al όπου οι συμμετέχοντες ήταν άνω των 55 ετών, σημειώθηκε αύξηση των επιπέδων BDNF και αύξηση του όγκου του ιπποκάμπου, υποδηλώνοντας πως ακόμα και σε μεγαλύτερες ηλικίες η νευρωνική πλαστικότητα ορισμένων περιοχών του εγκεφάλου δεν χάνεται. Αντίθετα ο ιππόκαμπος επιδέχεται τροποποιήσεις ύστερα από την επίδραση εξωτερικών παραγόντων, όπως είναι η σωματική άσκηση.⁸ Τα ίδια αποτελέσματα βρέθηκαν και στη μελέτη των Thomas AG et al, όπου επιβεβαιώθηκε πως η φυσική άσκηση επιφέρει θετική επίδραση και στον εγκέφαλο νεαρών ατόμων.¹⁵ Επιπλέον, στη μελέτη των Frodl T et al. οι συμμετέχοντες άνω των 40 ετών στην ομάδα ελέγχου κατέδειξαν σημαντικές μειώσεις στα υποπεδία CA4-DG κατά τη διάρκεια της μελέτης, ενώ οι συμμετέχοντες άνω των 40 ετών στην ομάδα άσκησης δεν εμφάνισαν μείωση όγκου.²⁵ Οι Maass A et al. στη μελέτη που πραγματοποίησαν μεταξύ ηλικιωμένων ατόμων, βρήκαν ότι η ικανότητα για αγγειακή πλαστικότητα του ιπποκάμπου εξαρτάται από την ηλικία.¹²

Οι Varma VR et al παρατήρησαν στη μελέτη τους διαφορετικά αποτελέσματα στα δύο φύλα. Στις γυναίκες η πεζοπορία συσχετίστηκε σημαντικά με ένα μεγαλύτερο όγκο ιπποκάμπου, σε αντίθεση με τους άνδρες που

Πίνακας 2. Χαρακτηριστικά κλινικών δοκιμών που συμπεριλήφθηκαν στην οριοθετημένη ανασκόπηση.

Συγγραφείς/έτος δημοσίευσης	Είδος μελέτης	Χώρα διεξαγωγής	Μελετώμενο δείγμα	Σκοπός μελέτης	Παρεμβάσεις μελέτης	Αποτελέσματα	Συμπεράσματα
Burdette J et al 2010 ⁶	Τυχασιοποιημένη κλινική δοκιμή Διάρκεια 4 μήνες.	ΗΠΑ	80 ενήλικοι Ηλικίας 70-85 ετών 4 ομάδες θεραπείας: εκπαίδευση άσκησης (ΕΤ), γνωστική εκπαίδευση (CT), συνδυασμένη θεραπεία με ET και CT, και ομάδα υγιούς εκπαιδευτικού ελέγχου γήρανσης (HAC)	Εντοπισμός νευροφυσιολογικών συνειπειών των μεταβολών που προκαλούνται από την άσκηση στον ιππόκαμπο ηλικιωμένων ενηλίκων.	Οι συμμετέχοντες έλαβαν μέρος σε ομάδες προπόνησης και σε ομάδα που αφορούσε στην αγωγή για την υγιή γήρανση, όπου μετά από 4 μήνες παρέμβασης, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις μαγνητικής τομογραφίας του εγκεφάλου σε κατάσταση ηρεμίας και μετρήσεις συνδεσιμότητας.	Η εγκεφαλική αιματική ροή του ιππόκαμπου της ομάδας άσκησης (54 ml/100 g/min) ήταν στατιστικά υψηλότερη (p<0.0002) από ό,τι της ομάδας ελέγχου (38 ml/100 g/min). Η ανάλυση δικτύου έδειξε: Α. μεγαλύτερη συνδεσιμότητα στον ιππόκαμπο στην ομάδα άσκησης απ' ό,τι στην ομάδα ελέγχου και μεγαλύτερη συνδεσιμότητα στον ιππόκαμπο και το ACC της ομάδας άσκησης. Β. Ο ιππόκαμπος εντοπιστηκε σταθερά στην ίδια γειτονιά δικτύου με το ACC, μόνο στην ομάδα άσκησης. Ο ιππόκαμπος και το ACC ήταν πολύ διασυνδεδεμένοι μεταξύ τους και με τον υπόλοιπο εγκέφαλο.	Η μελέτη δείχνει μια σύνδεση μεταξύ των λειτουργιών του νευρικού δικτύου και της εγκεφαλικής αιματικής ροής, όπου είναι πιθανό αυτή η αλλαγή στα λειτουργικά δίκτυα εγκεφάλου να οδηγεί στη βελτίωση της γνωστικής λειτουργίας μεταξύ των ηλικιωμένων ενηλίκων μετά από σωματική άσκηση.
Holzschneider K et al 2011 ⁷	Τυχασιοποιημένη κλινική δοκιμή, Διάρκεια 6 μήνες.	Γερμανία	33 ενήλικοι, ηλικίας 40-55 ετών 4 ομάδες: Ομάδα ποδηλασίας/χωρικής εκπαίδευσης (n=8) Ομάδα ποδηλασίας/αντληπτικής εκπαίδευσης (n=8) Ομάδα διατάσεων/χωρικής εκπαίδευσης (n=9) Ομάδα διατάσεων/αντληπτικής εκπαίδευσης (n=8)	Διερεύνηση της σχέσης μεταξύ της καρδιαγγειακής ικανότητας (αερωβική άσκηση), της χωρικής μάθησης (με τη χρήση εικονικού λαβυρίνθου) και των σχετικών προτύπων ενεργοποίησης του εγκεφάλου.	Οι χωρικές μαθησιακές ικανότητες πριν και μετά τις παρεμβάσεις μετρήθηκαν με μια εργασία εικονικού λαβυρίνθου. Κατά τη διάρκεια αυτής της εργασίας, οι συμμετέχοντες μετακινούνταν επανειλημμένα σε μια εικονική πόλη και είχαν οδηγίες να συμπεράνουν τη χωρική διάταξη του περιβάλλοντος. Οι συμμετέχοντες ανατέθηκαν τυχαία είτε σε αερόβια προπόνηση αντοχής (ποδηλασία) είτε σε μη αντοχή (τέντωμα και συντονισμός). Και οι 2 ομάδες ασκούνταν 2 φορές την εβδομάδα για 6 μήνες. Κάθε προπόνηση είχε διάρκεια 60 λεπτών. Για να διερευνηθούν πιθανές αλληλεπιδράσεις φυσικής και γνωστικής παρέμβασης, οι μισοί από τους συμμετέχοντες κάθε ομάδας άσκησης έλαβαν χωρική εκπαίδευση και το άλλο μισό συμμετείχε σε μια οπτική αντιληπτική εκπαίδευση. Όλοι οι συμμετέχοντες συμμετείχαν σε ένα τεστ καρδιαγγειακής φυσικής κατάστασης και μια εξέταση fMRI.	Α. Η ομάδα ποδηλασίας βελτίωσε σημαντικά το VO2peak κατά 17,71%, ενώ η ομάδα stretching όχι. Β. Δεν υπήρξαν αλληλεπιδράσεις μεταξύ της σωματικής και της νοητικής εκπαίδευσης στην ενεργοποίηση του VO2peak. Μόνο η ομάδα χωρικής εκπαίδευσης έδειξε αξιόπιστη χωρική μάθηση, ενώ στην ομάδα αντιληπτικής εκπαίδευσης το ποσοστό των σωστών απαντήσεων παρέμεινε σε επίπεδο τυχαίου. Γ. Υπήρξε μια τάση για τους άνδρες συμμετέχοντες να ξεπεράσουν τις γυναίκες και να βελτιώσουν περισσότερο τις επιδόσεις τους στο τεστ λαβυρίνθου. Δ. Θετικές συσχετίσεις μεταξύ της ενεργοποίησης του εγκεφάλου κατά τη διάρκεια της χωρικής εκμάθησης και του ατομικού επιπέδου καρδιαγγειακής ικανότητας για τους συμμετέχοντες του προγράμματος χωρικής εκπαίδευσης. Στο fMRI οι υψηλότερες ενεργοποιήσεις στον ιππόκαμπο και σε άλλες περιοχές συσχετίστηκαν με ένα υψηλότερο ατομικό επίπεδο φυσικής κατάστασης μετά την εξέταση. Ε. Στην ομάδα αντιληπτικής εκπαίδευσης δεν βρέθηκαν συσχετίσεις μεταξύ ενεργοποίησης του εγκεφάλου και ατομικού επιπέδου καρδιαγγειακής ικανότητας.	Η καρδιαγγειακή ικανότητα έχει αντίκτυπο στις περιοχές του εγκεφάλου που σχετίζονται με τη χωρική εκμάθηση στον άνθρωπο και ως εκ τούτου θα μπορούσε να είναι μια ισχυρή παρέμβαση για την πρόληψη της σχετιζόμενης με την ηλικία γνωστικής παρακμής. Τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι ο συνδυασμός σωματικής άσκησης με γνωστικές προπονήσεις μπορεί να είναι μια πολλά υποσχόμενη προσέγγιση για την ενίσχυση της νευρογενετικής λειτουργίας.

Συνεχίζεται

Πίνακας 2. Συνέχεια.

Συγγραφείς/έτος δημοσίευσης	Είδος μελέτης	Χώρα διεξαγωγής	Μελετώμενο δείγμα	Σκοπός μελέτης	Παρεμβάσεις μελέτης	Αποτελέσματα	Συμπεράσματα
Erickson K et al 2011 ⁸	Τυχαιοποιημένη κλινική δοκιμή Διάρκεια 1 έτος.	ΗΠΑ	120 υγιείς ενήλικοι ηλικίας 55 με 80 ετών 2 ομάδες: Ομάδα αερόβιας άσκησης (n=60) Ομάδα διάτασης (n=60)	Σκοπός της μελέτης είναι να αξιολογηθεί αν η αερόβια άσκηση αυξάνει το μέγεθος του ιπποκάμπου και βελτιώνει τη χωρική μνήμη.	Οι ενήλικοι εντάχθηκαν τυχαία σε δύο ομάδες. Στην 1η ομάδα (ομάδα παρέμβασης) εκτελούσαν αερόβια άσκηση μέτριας έντασης για 3 ημέρες την εβδομάδα και στη 2η ομάδα (ομάδα ελέγχου) εκτελούσαν ασκήσεις τεχνιάματος και τένις. Αξιολογήθηκαν οι παράμετροι: το VO2max, ο BDNF και οι όγκοι του εγκεφάλου.	A. Η ομάδα αερόβιας άσκησης κατέδειξε αύξηση του όγκου του αριστερού και του δεξιού ιπποκάμπου κατά 2,12% και 1,97%, ενώ η ομάδα ελέγχου παρουσίασε πτώση 1,40% και 1,43% αντιστοίχα. B. Η αερόβια άσκηση αύξησε επιλεκτικά τον όγκο του εμπρόσθιου ιπποκάμπου που περιελάμβανε την οδοντωτή έλικα, καθώς και τα υπο-πεδία των subiculum και CA1, αλλά είχε ελάχιστη επίδραση στον όγκο του οπίσθιου τμήματος. Γ. Η ομάδα αερόβιας άσκησης παρουσίασε βελτίωση κατά 7,78% στη VO2 max μετά την παρέμβαση, ενώ η ομάδα ελέγχου έδειξε βελτίωση 1,11%. Δ. Οι μεγαλύτερες μεταβολές του BDNF στον ορό συσχετίστηκαν με μεγαλύτερες αυξήσεις όγκου ιπποκάμπου. Αυτά τα αποτελέσματα ήταν επιλεκτικά για τον αριστερό (r=0,30, P<0,03) και τον δεξιό πρόσθιο ιπποκάμπο (r=0,27, P<0,04) και μόνο οριακά για τον αριστερό (r=0,25, P<0,06) και το δεξιά (r=0,22, P<0,08) οπίσθιο ιπποκάμπο. Ε. Και οι δύο ομάδες παρουσίασαν σημαντικές αυξήσεις στην ακρίβεια στη μνήμη (για την ομάδα αερόβιας άσκησης [t (2,51)=2,08, P<0,001]). Τα υψηλότερα επίπεδα αερόβιας ικανότητας κατά την έναρξη (r=0,31, P<0,001) και μετά την παρέμβαση (r=0,28, P<0,004) συσχετίστηκαν με καλύτερη απόδοση μνήμης στην άσκηση χωρικής μνήμης. ΣΤ. Οι αλλαγές στο BDNF δεν συσχετίστηκαν με βελτιώσεις στη λειτουργία μνήμης για οποιαδήποτε ομάδα (r<0,15, P>0,20). Η συσχέτιση μεταξύ της βελτίωσης της μνήμης και του όγκου του ιπποκάμπου ήταν σημαντική για τα ημισφαίρια αριστερά (r=0,23, P<0,05) και δεξιά (r=0,29, P<0,02).	Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν ότι το μέγεθος του ιπποκάμπου μπορεί να τροποποιηθεί ακόμα και σε προχωρημένη ηλικία και ότι η αερόβια άσκηση μέτριας έντασης διατημάτος 1 χρόνο είναι αποτελεσματική στην αναστροφή της απώλειας όγκου, που συνοδεύεται από βελτιωμένη λειτουργία μνήμης. Η άσκηση αυξάνει τον όγκο του ιπποκάμπου κατά 2%, αντιστρέφοντας κατά 1 έως 2 ετη, την απώλεια όγκου που σχετίζεται με την ηλικία. Η άσκηση δεν επηρεάζει ομοιόμορφα όλες τις περιοχές του εγκεφάλου, καθώς αύξησε τον όγκο του πρόσθιου ιπποκάμπου αλλά είχε μικρή επίδραση στον οπίσθιο ιπποκάμπο. Αυτή η επιλεκτικότητα υποδηλώνει ότι υπάρχουν περιφερειακά εξαρτώμενες μοριακές οδοί που επηρεάζονται από την άσκηση, όπως είναι τα επίπεδα του BDNF, τα οποία σχετίζονται επιλεκτικά με τις αλλαγές στον πρόσθιο όγκο του ιπποκάμπου. Στην ομάδα αερόβιας άσκησης, ο αυξημένος όγκος του ιπποκάμπου σχετίζεται άμεσα με βελτιώσεις στην απόδοση της μνήμης. Οι βελτιώσεις στο VO2max συσχετίστηκαν με αυξήσεις τόσο στις εμπρόσθιες όσο και στις οπίσθιες περιοχές του ιπποκάμπου, γεγονός που δείχνει ότι όσο μεγαλύτερες είναι οι αλλαγές στην ένταση της αερόβιας άσκησης τόσο μεγαλύτερη είναι η επίδραση στον όγκο του ιπποκάμπου.
Hötting K et al 2012 ⁹	Τυχαιοποιημένη κλινική δοκιμή Διάρκεια 6 μήνες.	Γερμανία	86 ενήλικοι ηλικίας 40 με 56 ετών 3 ομάδες: Ομάδα ποδηλασίας (n=36) Ομάδα διάτασης (n=32) Ομάδα ελέγχου (n=18)	Σκοπός της μελέτης είναι να δοκιμασθεί εάν η σωματική άσκηση βελτιώνει τις γνωστικές λειτουργίες (προσοχή, λεκτική μνήμη, εκτελεστικές λειτουργίες, αντλητική ταχύτητα και χωρική λογική) σε καθιστικούς, υγιείς μεσήλικους.	Η ομάδα ποδηλασίας και η ομάδα διάτασης ασκήθηκαν 2 φορές την εβδομάδα για 6 μήνες. Μια επιπλέον ομάδα ελέγχου προστέθηκε στη μελέτη, με σκοπό να αξιολογηθεί το retest effect. Κατά την έναρξη και μετά από 6 μήνες, η επεισοδιακή μνήμη, η αντλητική ταχύτητα, οι εκτελεστικές λειτουργίες και η χωρική λογική, αξιολογήθηκαν με τυποποιημένες ψυχομετρικές εξετάσεις και όλοι οι συμμετέχοντες υποβλήθηκαν σε τεστ καρδιαγγειακής ικανότητας.	A. Οι συμμετέχοντες στην ποδηλασία βελτίωσαν την καρδιαγγειακή τους ικανότητα κατά 15% κατά μέσον όρο, ενώ δεν παρατηρήθηκε καμία σημαντική αλλαγή ούτε στην ομάδα stretching ούτε στην ομάδα ελέγχου. B. Οι συμμετέχοντες της ομάδας stretching βελτιώθηκαν περισσότερο στα τεστ προσοχής από την ομάδα ποδηλασίας. Γ. Και οι δύο ομάδες παρουσίασαν έδειξαν υψηλότερη βαθμολογία στη δοκιμασία επεισοδιακής μνήμης από την ομάδα ελέγχου. Δ. Η ομάδα ποδηλασίας βελτιώθηκε περισσότερο στην επεισοδιακή μνήμη από ό, τι η ομάδα stretching και η ομάδα ελέγχου. Ε. Για τις υπόλοιπες γνωστικές μεταβλητές δεν παρατηρήσαμε σημαντική αύξηση της απόδοσης σε καμία από τις 3 ομάδες.	Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι η βελτίωση της καρδιαγγειακής ευέλικτης έχει ευεργετικά αποτελέσματα ακόμη και στους μεσήλικους, αλλά τα οφέλη αυτά περιορίζονται σε λειτουργίες που αφορούν στη μνήμη και όχι σε ευρύτερο φάσμα γνωστικών λειτουργιών.

Συνεχίζεται



Πίνακας 2. Συνέχεια.

Συγγραφείς/έτος δημοσίευσης	Είδος μελέτης	Χώρα διεξαγωγής	Μελετώμενο δείγμα	Σκοπός μελέτης	Παρεμβάσεις μελέτης	Αποτελέσματα	Συμπεράσματα
Varna VR, et al 2014 ¹⁰	Τυχαιοποιημένη κλινική δοκιμή	ΗΠΑ	92 ηλικιωμένοι άνω των 60 ετών	Συσχέτιση αντικειμενικά μετρούμενης ημερήσιας δραστηριότητας με πορίαις και όγκου υποκάμπτου σε ηλικιωμένο πληθυσμό. Αναλογικά με τον βαθμό έντασης μετρήθηκε η ποσότητα (steps per day και minutes per day) και η συχνότητα (bouts per day) της δραστηριότητας.	Η τριμταποίηση των όγκων του υποκάμπτου πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας fMRI και η καθημερινή δραστηριότητα περιπατήματος εκτιμήθηκε χρησιμοποιώντας ένα όργανο παρακολούθησης βημάτων. Οι συμμετέχοντες έλαβαν οδηγίες να φορούν τον μετρητή για 3-7 ημέρες διατηρώντας παρ'όλην ένα ημερολόγιο με σκοπό να προσδιοριστεί η συμμόρφωσή τους στο πρόγραμμα. Ταξινόμηθηκαν οι συμμετέχοντες σε αυτούς που πληρούσαν το όριο των 10.000 βημάτων/ημέρας και στους συμμετέχοντες που πληρούσαν το όριο των 3 περιόδων (bouts)/ημέρας κατά τη διάρκεια όλης της μελέτης ως ενεργούς.	Α. Σε όλα τα μοντέλα στους άνδρες, οι μεταρσεις καθημερινής πεζοπορίας δεν συσχετίστηκαν σημαντικά με τον όγκο του υποκάμπτου ή του θαλάμου. Β. Στις γυναίκες: 1. Επιπλέον 1.000 βήματα/ημέρα συσχετίστηκαν σημαντικά με έναν μεγαλύτερο όγκο υποκάμπτου 0,10cm ³ 2. Επιπλέον 10 λεπτά/ημέρα ολικής δραστηριότητας πεζοπορίας συσχετίστηκαν σημαντικά με έναν μεγαλύτερο όγκο υποκάμπτου 0,02 cm ³ και 3. Ένα πρόσθετο διάστημα 10 λεπτών συνολικής δραστηριότητας περιπάτου συσχετίστηκαν σημαντικά με μεγαλύτερο όγκο υποκάμπτου 0,04 cm ³ . Γ. Στις γυναίκες, η μεγαλύτερη ηλικία συσχετίστηκε σημαντικά με τις μικρότερες περιοχές του εγκέφαλου (υποκάμπος και θάλαμος) σε όλα τα μοντέλα. Δ. Η περισσότερο άσκηση στις γυναίκες συσχετίστηκε σημαντικά με τον μεγαλύτερο όγκο του υποκάμπτου στο Μοντέλο 2. Ε. Διερευνήθηκε η σχέση μεταξύ καθημερινής δραστηριότητας πεζοπορίας και λειτουργίας μνήμης και δεν βρέθηκαν σημαντικές συσχέτισεις	Μετά τον έλεγχο της ηλικίας, της εκπαίδευσης, του BMI, των παραγόντων κινδύνου καρδιαγγειακών παθήσεων και της Mini Mental State Exam διαπιστώθηκε ότι μεγαλύτερη ποσότητα, διάρκεια και συχνότητα συνολικής καθημερινής δραστηριότητας πεζοπορίας συνδέονταν με μεγαλύτερο όγκο υποκάμπτου στις ηλικιωμένες γυναίκες, αλλά όχι μεταξύ των ανδρών. Αυτές οι σχέσεις παρέμειναν σημαντικές ακόμα και για δραστηριότητα πεζοπορίας χαμηλής έντασης.
Baym CL et al 2014 ¹¹	Κλινική δοκιμή	ΗΠΑ	66 ενήλικοι, ηλικίας 18-34 ετών	Αξιολογήθηκε η μνήμη συσχέτισης που εξαρτάται από τον υποκάμπτου και η μνήμη αντικειμένων που δεν εξαρτάται από τον υποκάμπτου σε νεαρούς ενήλικους σε ένα φύσμα αερόβιων επιπέδων ικανότητας, που μετρήθηκε τόσο συμπεριφορικά όσο και με τη χρήση των κινήσεων των ματιών.	Οι συμμετέχοντες της ομάδας παρεμβάσης πραγματοποιούσαν αερόβια άσκηση σε διάδρομο, όπου λαμβάνονταν τακτικά δείγματα μέγιστης και μέσης κατανάλωσης οξυγόνου, αναπνευστικής ανταλλαγής και καρδιακού ρυθμού. Αρκέτες ημέρες μετά τη δοκιμή φυσικής κατάστασης, οι συμμετέχοντες ολοκλήρωσαν μια εργασία μνήμης σχεδιασμένη για τη μέτρηση της μνήμης συσχέτισης και της μνήμης αντικειμένων που περιελάμβαναν μέτρα συμπεριφοράς και κίνησης των ματιών. Αυτή η εργασία χωρίστηκε σε 4 μέρη μελέτης-δοκιμής, το καθένα σχεδιασμένο για τη μέτρηση είτε μνήμης συσχέτισης είτε μνήμης αντικειμένου. Στη σχεδιακή κατάσταση (Relational Condition) οι συμμετέχοντες έπρεπε να κωδικοποιήσουν τις σχέσεις μεταξύ μοναδικών ζευγών πλάσματος-σκηνής. Στην κατάσταση αντικειμένου (Item Condition), οι συμμετέχοντες μελέτησαν ζευγάρια πλάσματος-σκηνής με μοναδικά πλάσματα που το καθένα ήταν σε ζεύγος με την ίδια σκηνή.	Α. Οι συσχέτισεις μεταξύ της φυσικής ικανότητας και της απόδοσης της μνήμης ανά φύλο αποκάλυψαν μια σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ της συμπεριφορικής ακρίβειας και της VO2max στη Relational condition μεταξύ των γυναικών (r=0,43, p<0,009) αλλά όχι των ανδρών (r=0,26, p<0,16). Β. Δεν υπήρξαν σημαντικοί συσχετισμοί στην Item condition ούτε για τις γυναίκες (r=0,03, p<0,86) ούτε για τους άνδρες (r=0,10, p<0,61). Γ. Η συσχέτιση μεταξύ του VO2max και του μέγιστου του PDV πριν από την απόκριση έδωσε μια θετική σχέση στη Relational condition (r=0,27, p<0,03), αλλά όχι στην Item condition (r=0,16, p<0,19).	Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αεροβική άσκηση συσχετίζεται θετικά με την απόδοση της μνήμης συσχέτισης, αλλά όχι με την απόδοση της μνήμης αντικειμένων, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι ευεργετικές επιδράσεις της αεροβικής άσκησης επηρεάζουν επιλεκτικά τη λειτουργία του υποκάμπτου και όχι του περιβάλλοντος φλοιού του κροταφικού λοβού.

Συνεχίζεται

Πίνακας 2. Συνέχεια.

Συγγραφείς/έτος δημοσίευσης	Είδος μελέτης	Χώρα διεξαγωγής	Μελετώμενο δείγμα	Σκοπός μελέτης	Παρεμβάσεις μελέτης	Αποτελέσματα	Συμπεράσματα
Maass A et al 2014 ¹²	Τυχαιοποιημένη κλινική δοκιμή Διάρκεια 3 μήνες	Γερμανία	40 ενήλικοι, ηλικίας 60-77 ετών 2 ομάδες: Ομάδα αεροβικής άσκησης (n=21) Ομάδα χαλάρωσης/διάτασης (n=19)	Η αερόβια άσκηση σε ηλικιωμένους μπορεί να προκαλέσει αγγειακή πλαστικότητα στον ιπποκάμπο, μια κρίσιμη περιοχή για τη μνήμη ανάκλησης και αναγνώρισης.	Η αερόβια εκπαίδευση ανταχίς πραγματοποιήθηκε σε διαδρομικούς συμμετέχοντες στην ομάδα παρέμβασης έλαβαν ατομικά προπόνηση διαστήματος 30 λεπτών, 3 φορές την εβδομάδα για 12 εβδομάδες, συν προθέρμανση 5 λεπτών και τέντωμα 5 λεπτών στο τέλος κάθε προπόνησης. Οι συμμετέχοντες στην ομάδα ελέγχου ήρθαν 2 φορές την εβδομάδα και έλαβαν 45 λεπτά προοδευτικής προπόνησης χαλάρωσης/διατάσεων μυών. Η συνολική διάρκεια της προπόνησης ανά εβδομάδα (90 λεπτά) μεταξύ των δυο ομάδων ήταν η ίδια.	Α. Οι μεταβολές στα επίπεδα αερόβιας φυσικής κατάστασης και οι αλλαγές στη μνήμη πρόσφατης ανάκλησης και αναγνώρισης στο testCF συνδέθηκαν θετικά με τις αλλαγές στην έγκαιρη ανάκληση για σύνθετα χωρικά αντικείμενα. Αυτά τα ευρήματα δείχνουν μια διατηρημένη ικανότητα του γιγάρσκοντος ανθρωπίνου ιπποκάμπου για λειτουργικά σχετική αγγειακή πλαστικότητα, η οποία μειώνεται στις επιδράσεις αυτής της πλαστικότητας ήταν σχετικά συγκεκριμένες, η έκτασή της στον ιπποκάμπο δεν ήταν συγκεκριμένη και περιελάμβανε διάφορα υποπεδία του ιπποκάμπου σύματος. Τα δεδομένα υποδηλώνουν ότι οι διακυμάνσεις της κορτιζόλης στον ορό που δεν σχετίζονται με την επίδραση της άσκησης μπορεί να έχουν σημαντικό αντίκτυπο στη λεκτική μνήμη και ο αντίκτυπος αυτός μπορεί να αποκρύψει τις επιδράσεις μιας βραχείας διάρκειας παρέμβασης άσκησης σε ηλικιωμένους ενήλικους.	Οι μεταβολές στη φυσική κατάσταση, η διάχυση και ο όγκος του ιπποκάμπου σχετίζονταν θετικά με τις αλλαγές στη μνήμη αναγνώρισης και την έγκαιρη ανάκληση για σύνθετα χωρικά αντικείμενα. Αυτά τα ευρήματα δείχνουν μια διατηρημένη ικανότητα του γιγάρσκοντος ανθρωπίνου ιπποκάμπου για λειτουργικά σχετική αγγειακή πλαστικότητα, η οποία μειώνεται στις επιδράσεις αυτής της πλαστικότητας ήταν σχετικά συγκεκριμένες, η έκτασή της στον ιπποκάμπο δεν ήταν συγκεκριμένη και περιελάμβανε διάφορα υποπεδία του ιπποκάμπου σύματος. Τα δεδομένα υποδηλώνουν ότι οι διακυμάνσεις της κορτιζόλης στον ορό που δεν σχετίζονται με την επίδραση της άσκησης μπορεί να έχουν σημαντικό αντίκτυπο στη λεκτική μνήμη και ο αντίκτυπος αυτός μπορεί να αποκρύψει τις επιδράσεις μιας βραχείας διάρκειας παρέμβασης άσκησης σε ηλικιωμένους ενήλικους.
Maass A et al 2016 ¹³	Ελεγχόμενη κλινική δοκιμή Διάρκεια 3 μήνες.	Γερμανία	40 υγιείς ενήλικοι, ηλικίας 60-77 ετών 2 ομάδες: Ομάδα αεροβικής άσκησης σε διάδρομο (n=21) Ομάδα χαλάρωσης/διάτασης (n=19)	Αλλαγές στα περιφερικά επίπεδα των νευροτροφικών και αγγειογενετικών παραγόντων (BDNF, IGF-I, VEGF ή PDGF-C) σχετίζονται με αλλαγές στην αγγειακή και δομική πλαστικότητα του ιπποκάμπου και στη μνήμη μετά από άσκηση σε ηλεκτρικό διάδρομο.	Η αερόβια εκπαίδευση ανταχίς πραγματοποιήθηκε σε διαδρομικούς συμμετέχοντες στην ομάδα παρέμβασης έλαβαν ατομικά προπόνηση διαστήματος 30 λεπτών, 3 φορές την εβδομάδα για 12 εβδομάδες, συν προθέρμανση 5 λεπτών και τέντωμα 5 λεπτών στο τέλος κάθε προπόνησης. Οι συμμετέχοντες στην ομάδα ελέγχου ήρθαν 2 φορές την εβδομάδα και έλαβαν 45 λεπτά προοδευτικής προπόνησης χαλάρωσης/διατάσεων μυών.	Α. Οι αναλύσεις δεν απέδωσαν καμία σημαντική σχέση μεταξύ αλλαγών σε VEGF, PDGF, IGF/IGF-BPs ή BDNF και τις μεταβολές στην αιμάτωση. Β. Οι μεταβολές στον όγκο του ιπποκάμπου, βρέθηκε να συσχετίζονται θετικά με τις αλλαγές στον IGF-I, αλλά χωρίς κανένα άλλο αυξητικό παράγοντα. Αυτή η συσχέτιση ήταν ισχυρή στην ομάδα ελέγχου, αλλά δεν ήταν σημαντική στην ομάδα εκπαίδευσης και επομένως πιθανόν να είναι ανεξάρτητη από την άσκηση. Γ. Δεν υπήρξε σημαντική θετική σχέση για κανέναν από τους άλλους νευροτροφικούς ή αγγειογενετικούς παράγοντες με μεταβολές του όγκου.	Α. Οι αναλύσεις δεν απέδωσαν καμία σημαντική σχέση μεταξύ αλλαγών σε VEGF, PDGF, IGF/IGF-BPs ή BDNF και τις μεταβολές στην αιμάτωση. Β. Οι μεταβολές στον όγκο του ιπποκάμπου, βρέθηκε να συσχετίζονται θετικά με τις αλλαγές στον IGF-I, αλλά χωρίς κανένα άλλο αυξητικό παράγοντα. Αυτή η συσχέτιση ήταν ισχυρή στην ομάδα ελέγχου, αλλά δεν ήταν σημαντική στην ομάδα εκπαίδευσης και επομένως πιθανόν να είναι ανεξάρτητη από την άσκηση. Γ. Δεν υπήρξε σημαντική θετική σχέση για κανέναν από τους άλλους νευροτροφικούς ή αγγειογενετικούς παράγοντες με μεταβολές του όγκου.

Συνεχίζεται



Πίνακας 2. Συνέχεια.

Συγγραφείς/έτος δημοσίευσης	Είδος μελέτης	Χώρα διεξαγωγής	Μελετώμενο δείγμα	Σκοπός μελέτης	Παρεμβάσεις μελέτης	Αποτελέσματα	Συμπεράσματα
Wagner G et al 2015 ¹⁴	Ελεγχόμενη κλινική δοκιμή 8 εβδομάδες	Γερμανία	34 υγιείς άνδρες φοιτητές, ηλικίας 22-28 ετών 2 ομάδες: Ομάδα παρέμβασης (n=17) Ομάδα ελέγχου (n=17)	Επίδραση της έντονης αεροβικής άσκησης στη δομή, τον μεταβολισμό και τη φλεγμονώδη αντίδραση του υποκάμπτου.	Η ομάδα παρέμβασης δέχτηκε ένα πρόγραμμα άσκησης με εργομετρικό ποδηλάτο 3 ημέρες την εβδομάδα, για 6 εβδομάδες. Κάθε προπόνηση διάρκειας 60 λεπτών, συμπεριλαμβανομένων των 5 λεπτών προθέρμανσης στην αρχή και 5 λεπτών χαλάρωσης στο τέλος της άσκησης. Μετά από 3 εβδομάδες προπόνησης, η ένταση προ-αρμίστη και πάλι στη φυσική ικανότητα των συμμετεχόντων. Ο καρδιακός ρυθμός των μελών και των δύο ομάδων εκτιμήθηκε κατά την πρώτη και την τελευταία προπόνηση.	Η ομάδα παρέμβασης παρουσίασε σημαντική διαφορά στις δύο ομάδες πριν από τη συμμετρική άσκηση (αμφότερα στα ημισφαίρια). Ωστόσο, κατά τη σύγκριση των υποπεριών του υποκάμπτου, παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στα υποπεριόδια CA2/3 [F=5.0, P=0.032] και το subiculum [F=4.8, P=0.032]. B. Μια τάση σημαντικής διαφοράς ανιχνεύθηκε επίσης στο δέξι DG/CA4 [F=3.3, P=0.078]. Παρατηρήθηκε απροσδόκητα μια μέση μείωση του όγκου περίπου 2%, η οποία περιοριζόταν στα υποπεριόδια CA2/3, subiculum και οδοντωτή έλικα και τα οποία συσχετίστηκαν αρνητικά με τη βελτίωση της φυσικής κατάστασης. Γ. Ενώ τα αποτελέσματα της φασματοσκοπίας δεν υποδεικνύουν αττώλεια νευρώνων, παρατηρήθηκαν μειωμένα επίπεδα γλουταμικού-γλουταμίνης στον δέξι πρόσθιο υποκάμψιο μόνο στην ομάδα παρέμβασης.	Τα αποτελέσματα της μελέτης αποκάλυψαν μειωμένο όγκο υποκάμπτου μετά την άσκηση και δείχνουν ότι φλεγμονώδης αντίδραση μετά από φυσική άσκηση παίζει σημαντικό ρόλο στις αλλαγές της δομής του υποκάμπτου. Η παρατηρούμενη μείωση του όγκου στην ομάδα παρέμβασης είναι απίθανο να οφείλεται σε αττώλεια νευρώνων ή μεταβολικών στογειακό σύστημα. Τα παρόντα ευρήματα προέρχονται πιθανότατα από μεταβολές στον αριθμό της νευρογλοίας και τη μορφολογία της (που επηρεάζουν επίσης τον κύκλο γλουταμικού/γλουταμίνης), από αλλαγές στη δονδρική διακλάδωση και συναπτογένεση ή αλλαγές στην οργάνωση των ινών. Έχει επίσης προταθεί ότι το εγκεφαλικό γλυκογόνο των αστεροκυττάρων μειώνεται με παρατεταμένη εξαντλητική άσκηση που προκαλεί υπογλυκαιμία. Τα χαρακτηριστικά του ατόμου θα μπορούσαν να επηρεάσουν τη σχέση μεταξύ φυσικής κατάστασης και όγκου του υποκάμπτου.
Thomas A et al 2016 ¹⁵	Κλινική μελέτη Διάρκεια 6 εβδομάδες	ΗΠΑ & Βρετανία	62 ενήλικες μέσο όρο ηλικίας 33,7 έτη, 35 γυναίκες και 27 άνδρες	A. Να εξεταστεί η αλλαγή του όγκου του υποκάμπτου με αυξημένη αερόβια άσκηση σε νεαρότερο πληθυσμό και σε μικρότερη χρονική κλίμακα. B. Να προσδιοριστούν οι αλλαγές όγκου δια-τηρείται σε απουσία συνεχούς αεροβικής άσκησης. Γ. Να χρησιμοποιηθεί multi-modal MRI για να διερευνηθεί τι μπορεί να οδηγήσει στην αλλαγή του όγκου του υποκάμπτου και συγκεκριμένα στο αγγειακό σύστημα και στη μείλωση.	Οι συμμετέχοντες παρακολούθησαν προπόνησης 5 ημέρες την εβδομάδα, για 6 συνεχόμενες εβδομάδες. Η προπόνηση συνίστατο σε 30 λεπτά συνεχούς ποδηλασίας με ρυθμό 60-70 RPM, σε όριο ποδηλάτο γυμναστικής, και με καρδιακό ρυθμό μεταξύ 55% και 85% του μέγιστου καρδιακού ρυθμού τους. Οι συμμετέχοντες πέρασαν και μια σειρά γνωστικών δοκιμών.	A. Η παρέμβαση μέσω της άσκησης άλλαξε σημαντικά τον όγκο του πρόσθιου υποκάμπτου. B. Η παρατήρηση της χρονικής πορείας της αλλαγής του όγκου του υποκάμπτου, αποκάλυψε ότι ο όγκος αυξάνεται αμέσως μετά την προπόνηση. Έξι εβδομάδες μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος άσκησης, ο προηγούμενος όγκος του υποκάμπτου δεν ήταν στατιστικά διαφορετικός από την αρχική τιμή. Γ. Παρόμοιο πρότυπο παρατηρήθηκε για ολόκληρο τον υποκάμψιο, ωστόσο το αποτέλεσμα δεν ήταν σημαντικό. Παρόμοιας παρά την αύξηση του όγκου, δεν βρέθηκαν στοιχεία αγγειακής αλλαγής. Αντίθετα, το πρότυπο των αλλαγών εξήγηθηκε καλύτερα από την αύξηση της μείλωσης. Δε σημειώθηκαν γνωσιακές αλλαγές.	Η αύξηση του όγκου του υποκάμπτου είναι προσωρινή, επιστρέφοντας στην αρχική γραμμή μετά από έξι επιπλέον εβδομάδες χωρίς αερόβια άσκηση. Αυτή είναι η πρώτη απόδειξη της αλλαγής του όγκου του υποκάμπτου στην πρώιμη έως τη μεσοά ενήλικη ζωή, γεγονός που υποδηλώνει ότι ο όγκος του υποκάμπτου ρυθμίζεται από την αερόβια άσκηση καθόλη τη διάρκεια ζωής, παρά την παρούσα απουσία που σχετίζεται με την ηλικία. Είναι επίσης η πρώτη απόδειξη της μεταβολής του όγκου του υποκάμπτου σε μια περίοδο μόνο έξι εβδομάδων, υποδηλώνοντας ότι η πλαστικότητα του υποκάμπτου εμφανίζεται ταχύτερα από ό, τι είχε προηγουμένως θεωρηθεί.

Συνεχίζεται

Πίνακας 2. Συνέχεια.

Συγγραφείς/έτος δημοσίευσης	Είδος μελέτης	Χώρα διεξαγωγής	Μελετώμενο δείγμα	Σκοπός μελέτης	Παρεμβάσεις μελέτης	Αποτελέσματα	Συμπεράσματα
Kleimeyer M et al 2016 ¹⁶	Τυχαιοποιημένη κλινική δοκιμή Διάρκεια 6 μήνες.	Γερμανία	62 ενήλικοι, ηλικίας 59–74 ετών 3 ομάδες: Ομάδα παρέμβασης 1 (n=27) Ομάδα παρέμβασης 2 (n=27) Ομάδα ελέγχου (n=8)	Διερεύνηση της επίδρασης των αλλαγών της φυσικής κατάστασης στη μέση διάχυση, στη μικροδομή και τον όγκο του ιπποκάμπου.	Στην ομάδα παρέμβασης 1 οι συμμετέχοντες υποβλήθηκαν με την παρακάτω σειρά σε: scan – άσκηση – scan – χαλάρωση – scan. Στην ομάδα παρέμβασης 2 οι συμμετέχοντες υποβλήθηκαν με την παρακάτω σειρά σε: scan – χαλάρωση – scan – άσκηση – scan Στην ομάδα ελέγχου έκαναν μόνο scan.	Α. Παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση της φυσικής κατάστασης ($\beta=0.413$, $SE=0.183$, $p=0.024$) και στις δύο ομάδες (ομάδα υψηλής και χαμηλής έντασης), οι οποίες δεν διέφεραν στο μέσο επίπεδο μεταβολής της φυσικής κατάστασης ($\beta=0.402$, $SE=0.298$, $p=0.178$). Οι μεταβολές στη φυσική κατάσταση οδήγησαν σε αλλαγές στη μέση διάχυση ($\beta=-0.330$, $SE=0.173$, $p=0.028$) και οι μεταβολές στη μέση διάχυση οδήγησαν σε αλλαγές στον όγκο ($\beta=-0.488$, $SE=0.212$, $p=0.011$). Β. Η συσχέτιση μεταξύ των μεταβολών στη φυσική κατάσταση και των μεταβολών του όγκου δεν ήταν στατιστικά αξιόπιστη ($p=0.108$, $SE=0.241$, $p=0.655$). Ξεί μίνες μετά την παύση της ελεγχόμενης παρέμβασης τα επίπεδα φυσικής κατάστασης μειώθηκαν σημαντικά ($\beta=-0.480$, $SE=0.172$, $p=0.005$). Οι μεταβολές στη μέση διάχυση δεν διέφεραν αξιόπιστα από το μηδέν ($\beta=-0.012$, $SE=0.173$, $p=0.946$), ούτε και οι μεταβολές στον όγκο του ιπποκάμπου ($\beta=0.159$, $SE=0.208$, $p=0.445$).	Οι ογκομετρικές αλλαγές που παρατηρήθηκαν σε αυτήν τη μελέτη δεν συνδέονταν άμεσα με αλλαγές στη φυσική κατάσταση. Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι οι αυξήσεις στον όγκο του ιπποκάμπου μπορεί εν μέρει να έχουν προκληθεί από την αύξηση των κυτταρικών μεμβρανών που λειτουργούν ως φράγματα διάχυσης.
Basso J et al 2015 ¹⁷	Τυχαιοποιημένη κλινική δοκιμή	ΗΠΑ	85 ενήλικοι ηλικίας 18–35 ετών 2 ομάδες: Ομάδα αερόβιας άσκησης (n=42) Ομάδα ελέγχου – παρακολούθηση βίντεο (n=43)	Χρησιμοποίηση νευροψυχολογικών τεστ για να προσδιοριστεί εάν η οξεία αερόβια άσκηση (διάρκειας 60 λεπτών) ήταν ικανή να βελτιώσει τη γνωστική λειτουργία του προμετωπιαίου φλοιού ή του ιπποκάμπου.	Τα άτομα ανατέθηκαν τυχαία σε μια ομάδα παρακολούθησης βίντεο ή μια ομάδα αερόβιας άσκησης και τυχαία ανατέθηκε να διεξάγουν γνωστικές δοκιμές 30, 60, 90 ή 120 λεπτά μετά την παρακολούθηση βίντεο ή την άσκηση.	Α. Όσον αφορά στην εξαρτώμενη από τον ιπποκάμπο γνωστική διάκριση, δεν υπήρξε στατιστική σημαντική τριδιάστατη αλληλεπίδραση μεταξύ χρόνου, περιόδου καθυστέρησης και τύπου παρέμβασης, $F(3,77)=0.186$, $p=0.906$, μερική $\eta^2=0.007$. Β. Η κύρια επίδραση του χρόνου έδειξε μια στατιστικά σημαντική διαφορά στη λειτουργία του ιπποκάμπου, $F(1,77)=11.197$, $p=0.001$, $\eta^2=0.127$, με τα αποτελέσματα αμέσως μετά την παρέμβαση να είναι σημαντικά χαμηλότερα από τα αποτελέσματα πριν από την επέμβαση. Γ. Η ομάδα παρακολούθησης βίντεο ($F(1,41)=12.716$, $p=0.001$, μερική $\eta^2=0.237$) αλλά όχι η ομάδα άσκησης ($F(1,42)=1.313$, $p=0.258$, μερική $\eta^2=0.030$) έδειξε βλάβη στη λειτουργία του ιπποκάμπου με την πάροδο του χρόνου.	Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι η οξεία άσκηση δεν βελτιώνει τη γνωστική λειτουργία που εξαρτάται από τον ιπποκάμπο. Για οποιαδήποτε κατηγορία γνωστικών τεστ, η χρονική στιγμή που πραγματοποιήθηκαν τα τεστ μετά την άσκηση δεν επηρέασε την παρατηρούμενη γνωστική βελτίωση.

Συνεχίζεται

Πίνακας 2. Συνέχεια.

Συγγραφείς/έτος δημοσίευσης	Είδος μελέτης	Χώρα διεξαγωγής	Μελετώμενο δείγμα	Σκοπός μελέτης	Παρεμβάσεις μελέτης	Αποτελέσματα	Συμπεράσματα
Varma V et al 2016 ¹⁸	Τυχαίοποιημένη κλινική δοκιμή	ΗΠΑ	90 ενήλικοι, ηλικίας 60 ετών και άνω	Εξερευνήθηκαν οι συσχετίσεις μεταξύ της καθημερινής δραστηριότητας, περιπάτου και της άσκησης και της μορφής των υποπεριφερειών του διμερούς ιπποκάμπου.	Η τμηματοποίηση των όγκων του ιπποκάμπου πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας fMRI και η καθημερινή δραστηριότητα περιπατήματος εκτιμήθηκε χρησιμοποιώντας ένα όργανο παρακολούθησης βημάτων. Οι συμμετέχοντες έλαβαν οδηγίες να φορούν τον μετρητή για 3-7 ημέρες διατηρώντας παράλληλα ένα ημερολόγιο με σκοπό να προσδιοριστεί η συμμόρφωσή τους στο πρόγραμμα.	Α. Για τις γυναίκες βρέθηκαν σημαντικοί θετικοί συσχετισμοί μεταξύ της ολικής δραστηριότητας βάδισης και του σχήματος του ιπποκάμπου σε επιλεγμένες κορυφές που ανήκουν κυρίως στο κατώτερο ραμφοειδές υποδέντρο του ιπποκάμπου (inferior rostral subiculum) και δευτερευόντως στο ανώτερο ραμφοειδές (superior rostral CA2) του ορίστερου ιπποκάμπου (συνολική επιφάνεια: 13,47 mm ²) και στο ουριαίο υποδέντρο του ιπποκάμπου (caudal subiculum) (κατώτερο του δεξιού ιπποκάμπου (συνολική επιφάνεια: 15,38 mm ²). Β. Δεν εντοπίστηκαν σημαντικοί συσχετισμοί μεταξύ της αυταναφερόμενης άσκησης και του διμερούς σχήματος του ιπποκάμπου. Γ. Σημαντικές θετικές συσχετίσεις βρέθηκαν μεταξύ της χαμηλής έντασης δραστηριότητας πεζοπορίας μετά την εξάλειψη της επίδρασης της αυταναφερόμενης άσκησης και του ορίστερου ιπποκάμπου. Σημαντικές κορυφές (συνολική επιφάνεια 39,96 mm ²) περιελάμβαναν μέρος του κατώτερου και του ανώτερου τμήματος του ραμφοειδούς υποδέντρου του ιπποκάμπου CA1. Δ. Για τους άνδρες δεν υπήρχαν σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ της συνολικής δραστηριότητας περιπάτου και της αυταναφερόμενης άσκησης καθώς και του αμφίπλευρου σχήματος του ιπποκάμπου.	Βρέθηκε στις γυναίκες και όχι στους άνδρες ότι η αντικειμενικά μετρηθείσα δραστηριότητα πεζοπορίας συσχετίστηκε με κυρίως με μεγαλύτερες επιφάνειες του υποδέντρου (subiculum) στον ιπποκάμπου. Αυτό υποδηλώνει ότι η σωματοκινητική δραστηριότητα που δεν φθάνει στο επίπεδο της άσκησης μέτρησης έντασης μπορεί να σχετίζεται με συγκεκριμένες υποπεριφέρειες του ιπποκάμπου οι οποίες δεν συνδέονται τυπικά με την αερόβια άσκηση.
Soga K et al 2017 ¹⁹	Κλινική δοκιμή	Ιαπωνία	18 ενήλικοι μέσης ηλικίας 22,3 ετών	Διερευνήθηκαν τα αποτελέσματα της οξείας αεροβικής άσκησης κατά τη διάρκεια της κωδικοποίησης, στη λειτούργεια της μνήμης εξαρτώμενης από τον ιπποκάμπο, χρησιμοποιώντας μια εργασία μνήμης.	Οι συμμετέχοντες στην ομάδα παρέμβασης πραγματοποιήσαν τη φάση κωδικοποίησης κατά τη διάρκεια αερόβιας άσκησης σε εργομετρικό ποδήλατο και κατά τη διάρκεια καθιστής ανάπαυσης, σε δύο ξεχωριστές ημέρες.	Α. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ακρίβεια της πηγής ήταν χαμηλότερη για την κωδικοποίηση με την αεροβική άσκηση σε σχέση με την κωδικοποίηση στην κατάσταση ηρεμίας. Β. Η αερόβια άσκηση κατά τη διάρκεια της κωδικοποίησης μείωσε τη διαδικασία ανάμνησης ενώ η διαδικασία οικειότητας παρέμεινε ανεπηρέαστη. Οι κυματομορφές ERP έδειξαν ότι οι επιδράσεις της οξείας αερόβιας άσκησης παρατηρήθηκαν επιλεκτικά για το βρεγματικό παλαιό/νέο φαινόμενο, αλλά όχι για το FN400 παλαιό/νέο φαινόμενο. Το βρεγματικό παλαιό/νέο φαινόμενο βρέθηκε στην κατάσταση άσκησης αλλά απουσιάζει στην κατάσταση ηρεμίας.	Τα ευρήματα υποδεικνύουν ότι η αερόβια άσκηση κατά τη διάρκεια της κωδικοποίησης υποβαθμίζει την εξαρτώμενη από τον ιπποκάμπο μνήμη, το οποίο μπορεί να αποδοθεί στην αναποτελεσματική πηγή κωδικοποίησης κατά τη διάρκεια της αερόβιας άσκησης. Τα αποτελέσματα της οξείας αερόβιας άσκησης μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με τη φύση της εργασίας μνήμης.

Συνεχίζεται

Πίνακας 2. Συνέχεια.

Συγγραφείς/έτος δημοσίευσης	Είδος μελέτης	Χώρα διεξαγωγής	Μελετώμενο δείγμα	Σκοπός μελέτης	Παρεμβάσεις μελέτης	Αποτελέσματα	Συμπεράσματα
Bar K et al 2016 ²⁰	Κλινική δοκιμή Διάρκεια 8 εβδομάδες	Γερμανία	34 άνδρες ενήλικες ηλικίας 21,7--28,3 ετών	Σκοπός της μελέτης είναι να διεκρινιστεί εάν λειτουργικές και δομικές αλλαγές στον δεξιό πρόσθιο υποκαμπίο μπορεί να σχετίζονται με αυξημένη κολπική διαμόρφωση του καρδιαγγειακού συστήματος μετά τη σωματική άσκηση.	Διατέθηκαν 17 άτομα στην ομάδα φυσικής άσκησης με εργομετρικό ποδήλατο, όπου πέρασαν μια ελεγχόμενη εκπαιδευτική 6 εβδομάδων, συμπεριλαμβανομένης μιας εβδομάδας πριν και μιας μετά την προπόνηση, για τον έλεγχο των αποτελεσμάτων σχετικά με τη φυσική άσκηση, διατέθηκαν και 17 άτομα στην ομάδα ελέγχου (χωρίς πρόσθετη ειδική εκπαίδευση).	Α. Συγκρίνοντας τις τιμές βάσης και μετά την άσκηση της παρασυμπαθητικής διαμόρφωσης της ομάδας άσκησης, παρατηρήθηκε μια τάση για μείωση του καρδιακού ρυθμού ($p<0,06$) και μια σημαντική αύξηση της κολπικής διαμόρφωσης του καρδιαγγειακού συστήματος όπως υποδεικνύεται από το RMSSD (Root Mean Square of the Successive Differences) ($p<0,026$) κατά την κατάσταση ηρεμίας. Β. Σε ολοκληρωτή την ανάλυση του εγκεφάλου, διαπιστώθηκε ότι το μοτίβο συνδεσιμότητας του δεξιού πρόσθιου υποκαμπίου (aHC) τροποποιήθηκε ειδικά στον εμπρόσθιο φλοιό του νευρικού συστήματος, στο ραχιαίο ραβδωτό σώμα και στο νωτιαίο κοιλιακό σύμπλεγμα (DVC) στο εγκεφαλικό στέλεχος. Γ. Επιπλέον, παρατηρήθηκε μια εξαιρετικά σημαντική αρνητική συσχέτιση μεταξύ της αυξημένης RMSSD μετά την άσκηση και της μειωμένης λειτουργικής συνδεσιμότητας από το δεξιό aHC μέχρι το DVC ($r=-0,69$, $p=0,003$).	Τα ευρήματα υποδεικνύουν ότι οι αλλαγές που σχετίζονται με την άσκηση στη λειτουργία του πρόσθιου υποκαμπίου μπορεί να εμπλέκονται στην αυξημένη κολπική διαμόρφωση του καρδιαγγειακού συστήματος. Η αυξημένη αγγειακή διαμόρφωση σχετίζεται με τη λειτουργική συνδεσιμότητα μεταξύ aHC και DVC.
Suwabe K et al 2017 ²¹	Κλινική δοκιμή	Ιαπωνία	74 ενήλικες, ηλικίας 18–24 ετών	Σκοπός της μελέτης ήταν να διεκρινιστεί εάν η αερόβια δραστηριότητα συνδέεται με τις επιδόσεις στη διακριτική ικανότητα, ειδικά όταν τα επίπεδα μνημονικών παρεμβάσεων είναι μέτρια.	Οι συμμετέχοντες επισκέφθηκαν δύο φορές το εργαστήριο. Την 1η ημέρα, ολοκλήρωσαν ερωτηματολόγια υγείας/δημογραφικά στοιχεία και πραγματοποιήσαν μια βαθμολογημένη δοκιμή άσκησης για να αξιολογήσουν το μέγιστο επίπεδο αερόβιας φυσικής κατάστασης. Την 2η ημέρα, τουλάχιστον 48 ώρες μετά την αξιολόγηση της φυσικής κατάστασης, όλοι οι συμμετέχοντες υποβλήθηκαν σε μνημονική εργασία διάρκειας 15 λεπτών. Οι δοκιμασίες τους ζητήθηκαν να απέχουν από την άσκηση και την κατανάλωση αλκοόλ και καφεΐνης για τουλάχιστον 24 ώρες πριν από το πείραμα, ώστε να ελεγχθούν για εξωτερικούς παράγοντες που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την καρδιαγγειακή και γνωστική λειτουργία.	Α. Οι τιμές VO2peak και η συνολική σωματική δραστηριότητα ήταν σημαντικά υψηλότερες στην ομάδα High-Fit ($t(72) >6,85$, $p<0,01$; $t(72) >3,54$, $p<0,01$). Β. Η ομάδα High-Fit διακρίνει περαιότερα δολώματα (lures) ως "παρόμοια" δηλαδή προέβη σε σωστές απαντήσεις. Γ. Η ομάδα High-Fit ξεπέρασε σημαντικά την ομάδα Low-Fit στο σκορ διακριτικής ικανότητας για αντικείμενα με Μέσα Ομοιότητα ($F(1, 288)=5,82$, $p=0,02$).	Υποδεικνύεται ότι η σχέση μεταξύ της φυσικής δραστηριότητας και της διακριτικής ικανότητας οφείλεται σε αλλαγές στα επίπεδα αερόβιας ικανότητας. Η καλύτερη επίδοση διακρίσεων από την ομάδα High-Fit σε σχέση με την ομάδα Low-Fit είναι συγκεκριμένη σε δοκιμές με μέτριας μνημονικής παρεμβάσεις.

Συνεχίζεται

Πίνακας 2. Συνέχεια.

Συγγραφείς/έτος δημοσίευσης	Είδος μελέτης	Χώρα διεξαγωγής	Μελετώμενο δείγμα	Σκοπός μελέτης	Παρεμβάσεις μελέτης	Αποτελέσματα	Συμπεράσματα
Jonasson L et al 2017 ²²	Τυχαιοποιημένη κλινική δοκιμή Διάρκεια 6 μήνες.	Σουηδία	58 ενήλικοι, ηλικίας 64-78 ετών 2 ομάδες: Ομάδα αεροβικής άσκησης (n=29) Ομάδα διάτασης (n=29)	Σκοπός της μελέτης ήταν η διερεύνηση της επίδρασης της αεροβικής άσκησης στις γνωστικές επιδόσεις και τις δομές του εγκεφάλου σε υγιείς ενήλικους με καθιστικό τρόπο ζωής.	Στην ομάδα αεροβικής άσκησης, οι συμμετέχοντες εκπαιδεύτηκαν για να αυξήσουν το VO2 τους περπατώντας ή κάνοντας τζόκινγκ σε αθλητική εσωτερική πισίνα, κάνοντας ποδηλασία σε στάση ποταμού ή χρησιμοποιώντας cross-trainers. Οι καρδιακοί ρυθμοί τους παρακολούθησαν ενώ ασκούσαν 3 ημέρες την εβδομάδα για 6 μήνες (30-60 λεπτά ανά συνεδρία). Καθώς συνεχίστηκε η προπόνηση, το φορτίο καρδιακού ρυθμού κάθε συνεδρίας αυξήθηκε σταδιακά, από 40 σε 80% του εκτιμώμενου μέγιστου καρδιακού ρυθμού. Στην ομάδα διάτασης (ελέγχου), οι συμμετέχοντες πραγματοποιήσαν κυκλική προπόνηση με διάφορες σωματικές ασκήσεις με στόχο τη βελτίωση της μυϊκής δύναμης της ευελιξίας και της ισορροπίας χωρίς να επηρεάσουν σε μεγάλο βαθμό το VO2. Έκαναν μεταξύ 6 και 10 επαναλήψεων ανά άσκηση και κάθε άσκηση είχε διάφορα επίπεδα δυσκολίας.	A. Η ομάδα αεροβικής άσκησης είχε βελτιώσεις σε διάφορες γνωστικές δομές, όπως οι PS (ταχύτητα επεξεργασίας), UPD (ενημέρωση), EF (εκτελεστική λειτουργία) και SRS (οπτική ικανότητα), με τάση και για την EM (επισοδιακή μνήμη). Η ομάδα ελέγχου βελτιώθηκε στις ικανότητες PS και EF, αν και σε μικρότερο βαθμό, και όχι στις άλλες γνωστικές δομές. B. Η επισοδιακή μνήμη δεν σχετίζεται με μεταβολές στον όγκο του ιπποκάμπτου.	Η ομάδα αεροβικής άσκησης παρουσίασε μια ευρεία βελτίωση στη γνωστική απόδοση σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου. Όσον αφορά τις δομές του εγκεφάλου, τα αποτελέσματα ήταν αμφιλεγόμενα χωρίς άμεση επίδραση της άσκησης. Ακόμη και ασκήσεις χαμηλής έντασης που στοχεύουν στην προώθηση δύναμης, ισορροπίας και ευελιξίας μπορεί να έχουν θετικές επιδράσεις στη γνωστική λειτουργία. Η αεροβική άσκηση σε αντίθεση με το stretching βελτιώνει γενικά τη γνώση σε αρκετά επίπεδα και όχι μόνο σε συγκεκριμένες συνιστώσες.
Suwabe K et al 2017 ²³	Κλινική δοκιμή	Ιαπωνία	21 ενήλικοι, μέσης ηλικίας 20,5 ετών	Διερεύνηση των επιδράσεων της μέτριας άσκησης διάρκειας 10 λεπτών (50% VO2 peak), που θεωρείται η συνιστώμενη ένταση για προαγωγή της υγείας σε μνημονικές διακρίσεις (δείκτης συμπεριφοράς του δι-αχωρισμού προτύπων) σε νέους ενήλικους.	Η ομάδα ελέγχου διατήρησε τις συνήθειές της όσον αφορά στην άσκηση. Η ομάδα άσκησης κλήθηκε να συμμετάσχει σε συνολικά 66 συνεδρίες με αεροβικές ασκήσεις, διάδρομο και ποδήλατο. Οι 31 ήταν επιπαιτούμενες, 2 φορές την εβδομάδα για 16 εβδομάδες από φυσικοθεραπευτή και οι 35 ήταν συνεδρίες στο σπίτι κρατώντας ημερολόγιο άσκησης και έχοντας συσκευή παρακολούθησης του καρδιακού ρυθμού.	A. Μια ταχεία μέτριας έντασης άσκηση βελτίωσε την απόδοση των μνημονικών διακρίσεων σε δελτασμούς (ψεύτικα δολώματα) (lures) υψηλής ομοιότητας. Η ύπαρξη των lures που αναγνωρίστηκαν ως «παλίσια» ήταν σημαντικά χαμηλότερη στην ομάδα άσκησης (t (20)=2,75, p=0,012), ενώ η εμφάνιση των lures που προσδιορίστηκαν ως «παρόμοια» ήταν σημαντικά υψηλότερη στην ομάδα άσκησης (t (20)=2,72, p=0,013). B. Δεν υπήρχε διαφορά μεταξύ των ομάδων άσκησης και ελέγχου για την εμφάνιση lures που αναγνωρίστηκαν ως «νέο» (t (20)=0,53, p=0,80).	Τα αποτελέσματα υποστηρίζουν ότι ταχεία μέτριας έντασης άσκηση βελτιώνει τον διαχωρισμό προτύπων με τη μεσολήβηση του DG στους ανθρώπους προτείνοντας ένα χρήσιμο μοντέλο οξείας άσκησης για την ανάλυση του νευρικού υποστρώματος όπου υποκρύπτεται η επισοδιακή μνήμη που ενισχύεται από την οξεία και τακτική άσκηση, βασισμένη στον ιππόκαμπο.

Συνεχίζεται

Πίνακας 2. Συνέχεια.

Συγγραφείς/έτος δημοσίευσης	Είδος μελέτης	Χώρα διεξαγωγής	Μελετώμενο δείγμα	Σκοπός μελέτης	Παρεμβάσεις μελέτης	Αποτελέσματα	Συμπεράσματα
Schwarb H et al 2017 ²⁴	Κλινική δοκιμή	ΗΠΑ	51 ενήλικοι ηλικίας 18-35 ετών (25 άνδρες και 26 γυναίκες)	Διερευνήθηκε η σχέση μεταξύ υποκαμψικής ιξωδοελαστικότητας και καρδιαγγειακής υγείας και η αμοιβαιότητα τους στη επίδραση τους στη σχεσιακή μνήμη σε μια ομάδα υγιών νεαρών ενήλικων, με τη χρήση ελαστογραφίας μαγνητικού συντονισμού (MRE), μέσω των δύο παραμέτρων του, μ (δείκτης διαμητρικής ακαμψίας) και ξ (δείκτης τόσο της ελαστικής όσο και της ιξωδούς συμπεριφοράς του ιστού).	Χρησιμοποιήθηκε μια βαθμολογημένη δοκιμασία άσκησης σχεδιασμένη για τη μέτρηση της μέγιστης κατανάλωσης οξυγόνου (VO2max) για την αξιολόγηση της αερόβιας ικανότητας. Το τεστ περιλάμβανε περίοδο προθέρμανσης κατά την οποία οι συμμετέχοντες περπατούσαν σε μηχανοκίνητο δρόμο ενώ η ταχύτητα αυξήθηκε σταδιακά. Συλλέχθηκαν δεδομένα MRE και MRE (Μέτρα Ελαστογραφίας Μαγνητικού Συντονισμού). Αξιολόγηση απόδοσης μνήμης: Η απόδοση της μνήμης συσχέτισης δοκιμάστηκε χρησιμοποιώντας μια εργασία ηχογραφημένης χωρικής ανασυνγκρότησης (SR).	Α. Το υποκαμψικό ξ συσχετίστηκε σημαντικά με τα μέτρα αερόβιας ικανότητας ($r=0,32$, $p=0,026$), ενώ ο όγκος του υποκάμψου όχι ($r=-0,02$, $p=0,871$). Β. Η υποκαμψική ιξωδοελαστικότητα και ο όγκος ήταν στατιστικά άσχετοι μεταξύ τους (0,11, $p=0,43$, BS 95% CI: -1,61/4,59) και όταν μετρήθηκε ο όγκος, η ξ μεσολάρβους σημαντικά στην επίδραση της φυσικής κατάστασης στη σχεσιακή μνήμη ($p=0,02$). Γ. Οι άνδρες επέδειξαν μεγαλύτερη αερόβια ικανότητα από τις γυναίκες ($-0,66$, $p<0,001$, BS 95% CI: -1,3/1,3/-7,54). Αυτό ισχυριζόταν εν μέρει με τη μεγαλύτερη υποκαμψική ιξωδοελαστικότητα των αρσενικών εγκέφαλων ($-0,31$, $p<0,001$, BS 95% CI: $-0,03/-0,01$) και άρα με τη μεγαλύτερη απόδοση στη δοκιμασία χωρικής ανασυνγκρότησης ($-0,11$, $p=0,03$, BS 95% CI: $-0,24/-0,05$). Δ. Η σχέση μεταξύ αερόβιας ικανότητας και υποκάμψου μ ($r=0,09$, $p=0,549$) δεν ήταν σημαντική. Ε. Δεν βρέθηκε σημαντική σχέση μεταξύ της απόδοσης της SR και του δείκτη μ.	Η MRE είναι μια αναδυόμενη μη επεμβατική τεχνική απεικόνισης για τη μέτρηση των ιδιοτήτων ιξωδοελαστικού ιστού και παρέχει ποσοτικά μέτρα για την ακεραιότητα του ιστού. Τα δεδομένα υποδηλώνουν ότι η υποκαμψική ιξωδοελαστικότητα μπορεί να παρέχει ένα πιο ευαίσθητο μέτρο στην οργάνωση των μικροδομικών ιστών και τις συνέπειές τους στη γνωστική λειτουργία μεταξύ υγιών νεαρών ενήλικων. Η υψηλότερη αερόβια δραστηριότητα συνδέθηκε με την καλύτερη υποκαμψική ιξωδοελαστικότητα, η οποία με τη σειρά της προέβλεπε καλύτερη ανάκληση σχετικής μνήμης. Ο καλύτερη υποκαμψική ιξωδοελαστικότητα της αερόβιας ικανότητας από τον ακαθάριστο όγκο.
Frodl T et al 2020 ²⁵	Τυχασιοποιημένη κλινική δοκιμή Διάρκεια 16 εβδομάδες.	Γερμανία	39 ενήλικοι ηλικίας 18-65 ετών 2 ομάδες: Ομάδα παρέμβας (n=20) Ομάδα ελέγχου (n=19)	Στόχος της μελέτης ήταν να εξεταστεί κατά πόσο η αερόβια άσκηση και η απουσία αυτής επδρούν στον όγκο του υποκάμψου και συγκεκριμένα των υποπεριοχών DG και CA και αν θα προκαλούνται τυχόν αλλαγές που σχετίζονται με την ηλικία.	Η ομάδα άσκησης κλήθηκε να συμμετάσχει σε συνολικά 66 συνεδρίες με αερόβιας άσκησης διάδρομο και ποδήλατο. Οι 31 ήταν επιπλέον άσχετες 2 φορές την εβδομάδα για 16 εβδομάδες από φυσικοθεραπευτή και οι 35 ήταν συνεδρίες στο σπίτι κρατώντας ημερολόγιο άσκησης και έχοντας συσκευή παρακολούθησης του καρδιακού ρυθμού). Η ομάδα ελέγχου διατήρησε τις συνήθειες της όσον αφορά στην άσκηση.	Α. Χρησιμοποιώντας την ηλικιακή ομάδα ως παράγοντα ενδιάμεσου εντοπίστηκε σημαντική μείωση των όγκων του αριστερού και του δεξιού CA4_DG στην ομάδα ελέγχου για συμμετέχοντες άνω των 40 ετών. Παρατηρήθηκε σημαντική αμείωση του αριστερού όγκου της CA4_DG στην ομάδα άσκησης. Β. Δεν βρέθηκαν σημαντικές επιδράσεις από τους παραγόντες ομάδα, χρόνος, ημισφαίριο, ηλικία φύλο στον όγκο των περιοχών CA2_3. Βρέθηκε μια σημαντική επίδραση του χρόνου στους όγκους CA1. Δεν βρέθηκαν σημαντικές επιδράσεις σε σχέση με τον χρόνο και την ομάδα για τις περιοχές subiculum και presubiculum. Γ. Η αύξηση της καλής διάθεσης και η μείωση της κατάθλιψης που αξιολογήθηκε χρησιμοποιώντας το POMS συσχετίστηκε με μείωση του όγκου στην περιοχή CA1 στην ομάδα άσκησης. Παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση της διάθεσης (vigour) στην ομάδα άσκησης και πτώση στην ομάδα ελέγχου. Οι αυξήσεις των CA2_3 και CA4_DG κατά τη διάρκεια της άσκησης δεν συσχετίστηκαν με αλλαγές στις βαθμολογίες διάθεσης.	Τα συμπεράσματα δείχνουν ότι η μείωση του όγκου του υποκάμψου που σχετίζεται με την ηλικία μπορεί να προληφθεί σε αυτά τα υποπεδία με αερόβια άσκηση. Η άσκηση αποδείχθηκε επίσης ότι έχει πολλά υποσχόμενη επίδραση στην καλή διάθεση και την ευημερία των ασκουμένων. Είναι σημαντικό ότι παρατηρήθηκαν αυξήσεις στον όγκο του υποπεδίου CA4_DG, που θεωρείται κεντρικό σημείο στη λειτουργία του υποκάμψου. Δεν υπήρχαν συσχετισμοί μεταξύ των αλλαγών στις βαθμολογίες της διάθεσης και των αλλαγών στους όγκους των υποπεριοχών του υποκάμψου.

Συνεχίζεται



Πίνακας 2. Συνέχεια.

Συγγραφείς/έτος δημοσίευσης	Είδος μελέτης	Χώρα διεξαγωγής	Μελετώμενο δείγμα	Σκοπός μελέτης	Παρεμβάσεις μελέτης	Αποτελέσματα	Συμπεράσματα
Nauer R et al 2020 ²⁶	Τυχαιοποιημένη κλινική δοκιμή Διάρκεια 12 εβδομάδες.	ΗΠΑ	38 ενήλικοι ηλικίας 18-35 ετών 2 ομάδες: Ομάδα παρέμβασης (n=17) Ομάδα ελέγχου (n=21)	Νεαροί ενήλικοι με καθιστικό τρόπο ζωής συμμετείχαν σε πρόγραμμα με άσκηση μέτριας έντασης με σκοπό τη διερεύνηση της σχέσης μεταξύ της μεταβολής της καρδια-αναπνευστικής ικανότητας CRF), την υποκαμπικά εξαρτώμενη μνημονική διάκριση και την αλλαγή στον όγκο των υποπεδίων του ιπποκάμπου.	Όλοι οι συμμετέχοντες, πριν την αρχή της μελέτης υποβλήθηκαν σε τεστ φυσικής κατάστασης, MRI τεστ και γνωστικό τεστ. Οι συμμετέχοντες της ομάδας παρέμβασης ολοκλήρωσαν 12 εβδομάδες εκπαίδευσης σε 3 προοδευτικές φάσεις των 4 εβδομάδων η καθεμία, όπου σταδιακά αυξανόταν η διάρκεια του περπατήματος πάνω σε διάδρομο. Οι συμμετέχοντες στην ομάδα ελέγχου ασκήθηκαν 3 ημέρες την εβδομάδα για 12 εβδομάδες με προοδευτικές αυξήσεις στον αριθμό και το φορτίο των βαρών που σήκωναν. Όλοι οι συμμετέχοντες μετά τη λήξη της μελέτης υποβλήθηκαν σε τεστ φυσικής κατάστασης, MRI τεστ και γνωστικό τεστ.	A. Και οι δύο ομάδες (ΕΤ και RT) αύξησαν την CRF, λόγω του ότι η ομάδα ελέγχου ήταν ενεργή. Βρέθηκε μια σημαντική θετική σχέση μεταξύ του εκτιμώμενου VO2max και του όγκου μόνο για την κεφαλή της καρδιακής DG/CA3. Δεν διαπιστώθηκε καμία σχέση μεταξύ των αλλαγών στην CRF και την αλλαγή όγκου στο σώμα της DG/CA3, στην κεφαλή ή το σώμα του CA1, στο σώμα του υποθλάτος ή στην ουρά του ιπποκάμπου. Συγκεκριμένα η αλλαγή στο CRF συσχετίζεται αρνητικά με τον όγκο της κεφαλή του υποθλάτος. B. Συμπεριφορικά διαπιστώσαμε ότι άτομα που αρχικά ήταν lower-fit και βελτιώσαν την CRF τους μετά από το πρόγραμμα άσκησης παρουσίασαν σημαντικά βελτιωμένη συμπεριφορική απόδοση στο test μνημονικών διακρίσεων όταν οι απαιτήσεις εργασίας για λεπτή διάκριση ήταν υψηλές.	Η μελέτη παρέχει στοιχεία για τη νευροπλαστικότητα που συμβαίνει εξαιτίας της άσκησης, και συγκεκριμένα στη νευρογενή ζώνη του ανθρώπινου ιπποκάμπου. Η σχέση που παρατηρήθηκε στα lower-fit άτομα υποδηλώνει ότι άτομα που εμφανίζουν μεγαλύτερη βελτίωση στην CRF τους, μπορεί να λάβουν μεγαλύτερο γνωστικό όφελος.
Dilley E et al 2019 ²⁷	Τυχαιοποιημένη κλινική δοκιμή	ΗΠΑ	60 ενήλικοι ηλικίας 18-35 ετών 3 ομάδες: Ομάδα άσκησης μέτριας έντασης (n=20) Ομάδα άσκησης υψηλής έντασης (n=20) Ομάδα ελέγχου (n=20)	Σκοπός της μελέτης είναι να αξιολογήσει αν υπάρχει συγκεκριμένο αποτέλεσμα, ανάλογα με τον βαθμό έντασης που εφαρμόζεται στην άσκησης υψηλής έντασης, στην επεισοδιακή μνήμη και την ψευδή επεισοδιακή μνήμη.	Οι συμμετέχοντες τυχαιοποιήθηκαν σε μια ομάδα άσκησης μέτριας έντασης, μια ομάδα άσκησης υψηλής έντασης και μια ομάδα ελέγχου. Στην ομάδα ελέγχου οι συμμετέχοντες ήταν καθιστοί και ολοκλήρωσαν μια δοκιμασία σε on line παιχνίδι. Αξιολογήθηκαν η αληθινή επεισοδιακή και η ψευδής επεισοδιακή μνήμη χρησιμοποιώντας 6 λίστες λέξεων από το πρότυπο DRM.	Η ομάδα άσκησης υψηλής έντασης ανακάλεσε σημαντικά (P<0.05) περισσότερες λέξεις από την ομάδα ελέγχου για 3 από τις 6 λίστες. Η ομάδα άσκησης μέτριας έντασης ανακάλεσε σημαντικά περισσότερες λέξεις από ό,τι η ομάδα ελέγχου για 1 από τις 6 λίστες. Όσον αφορά στην ανάκληση εσφαλμένων επεισοδιακών λέξεων, δεν υπήρξε σημαντική κύρια επίδραση για αλληλεπίδραση λίστων, ομάδων ή λιστών κατά ομάδα. Για την ψευδή επεισοδιακή ανάκληση λέξεων, η ομάδα άσκησης υψηλής έντασης συνδέθηκε με ένα μεγαλύτερο ποσοστό ψευδούς επεισοδιακής μνήμης. Τα αποτελέσματα της αναγνώρισης μνήμης έδειξαν ένα σημαντικό κύριο αποτέλεσμα για την ανάκληση και για την αλληλεπίδραση μεταξύ τύπου λέξης και ανάκλησης.	Τα ευρήματα υποδηλώνουν ότι η αξία άσκησης υψηλής έντασης μπορεί να ενισχύσει τις αληθινές επεισοδιακές μνήμες και, ενδεχομένως, να αυξήσει και το ποσοστό ψευδούς επεισοδιακής μνήμης.

δεν παρατηρήθηκε σημαντική συσχέτιση.¹⁰ Όμως στη μελέτη των Schwarb H et al οι άνδρες λόγω της μεγαλύτερης φυσικής ικανότητας που παρουσίασαν, είχαν μεγαλύτερη ιπποκαμπική ιξωδοελαστικότητα και κατά συνέπεια μεγαλύτερη απόδοση στη δοκιμασία χωρικής ανασυγκρότησης.²⁴

2. Μορφολογία ιπποκάμπου μετά από αεροβική άσκηση ή πεζοπορία σε σχέση με:

2.1. Όγκος ιπποκάμπου

Η πλειοψηφία των μελετών κατέληξε στο συμπέρασμα πως η αεροβική άσκηση επιδρά σε συγκεκριμένες περιοχές του ιπποκάμπου και όχι καθολικά. Στη μελέτη των Erickson Kl et al. σημειώθηκε αύξηση του όγκου του εμπροσθίου ιπποκάμπου που περιλαμβάνει την οδοντωτή έλικα, και τα υποπεδία subiculum και CA1, αλλά είχε ελάχιστη επίδραση στον όγκο του οπισθίου τμήματος. Ο όγκος του ιπποκάμπου μειώθηκε στην ομάδα ελέγχου στον πρόσθιο ιπποκάμπο, αλλά τα υψηλότερα επίπεδα εκγύμνασης πριν την παρέμβαση εξασθένησαν εν μέρει την πτώση μόνο στον πρόσθιο ιπποκάμπο, υποδεικνύοντας ότι η φυσική κατάσταση προστατεύει από την απώλεια όγκου.⁸ Επιπροσθέτως, στη μελέτη των Varma VR et al βρέθηκε ότι στους άνδρες δεν υπήρξε καμία αλλαγή στο μέγεθος του ιπποκάμπου, ενώ στις γυναίκες φάνηκε πως όσο αυξάνονταν τα λεπτά και ο αριθμός των βημάτων στην πεζοπορία, τόσο αυξανόταν και το μέγεθος του ιπποκάμπου.

Συμπερασματικά, η φυσική δραστηριότητα μπορεί να είναι περισσότερο ωφέλιμη σε γνωσιακό επίπεδο για τις γυναίκες.¹⁰ Η μελέτη των Kleemeyer MM et al καταδεικνύει τον βαθμό που οι μεταβολές στη μέση διάχυση αντιπροσωπεύουν αλλαγές στην πυκνότητα του φραγμού της φαιάς ουσίας. Τα ευρήματα της μελέτης υποδεικνύουν ότι οι επιδράσεις των μεταβολών της φυσικής κατάστασης στην αιμάτωση και τον όγκο του ιπποκάμπου μπορεί να μην περιορίζονται στη διαστολή της προϋπάρχουσας αγγείωσης, αλλά μπορεί επίσης να προκαλέσουν αγγειογένεση. Η αγγειογένεση μπορεί στη συνέχεια να προκαλέσει νευρογένεση, συναπτογένεση ή αλλαγές στη νευροπύλη, οδηγώντας σε αύξηση του όγκου του ιστού.¹⁶ Επίσης στη μελέτη των Frodl T et al οι συνολικοί όγκοι του αριστερού ιπποκάμπου και του αριστερού CA4-DG αυξήθηκαν σημαντικά στην ομάδα άσκησης ενώ δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές αλλαγές στην ομάδα ελέγχου.²⁵

Ο μηχανισμός αεροβικής δραστηριότητας για τη δομή και τη λειτουργία του ιπποκάμπου είναι πιθανό να οφείλεται σε μικροδομικές αλλαγές, για τις οποίες το MRE είναι πιο συγκεκριμένο μέτρο σε σύγκριση με την ογκομετρία (δεν βρέθηκε σημαντική σχέση μεταξύ της απόδοσης της SR και της δυσκαμψίας του ιπποκάμπου). Στη μελέτη των Schwarb H et al αποδείχθηκε ότι η καλύτερη αεροβική δραστηριότητα, όπως αξιολογείται από το VO₂max, συνδέθηκε με ιπποκαμπική ιξωδοελαστικότητα που καταδεικνύει τα οφέλη της φυσικής δραστηριότητας στη λειτουργία της μνήμης. Στη διαφοροποίηση του όγκου του ιπποκάμπου, ωστόσο, δεν ελήφθησαν υπόψη οι ατομικές διαφορές στη μνήμη.²⁴

Οι Demirakca T et al στη μελέτη τους διαπίστωσαν ότι ο συνολικός όγκος της φαιάς ή της λευκής ουσίας του εγκεφάλου δεν σχετίζεται με την καθημερινή σωματική δραστηριότητα, ωστόσο διαπιστώθηκαν μεταβολές του όγκου της φαιάς ουσίας σε συγκεκριμένες περιοχές, ειδικά στον ιπποκάμπο, ανεξάρτητα από την ηλικία και το φύλο.²⁸ Παρόμοια αποτελέσματα βρέθηκαν και στη μελέτη των Killgore W et al όπου μετά τον έλεγχο της ηλικίας, του φύλου και του συνολικού όγκου του εγκεφάλου, τα συνολικά λεπτά εβδομαδιαίας άσκησης συσχετίστηκαν σημαντικά με τον όγκο του δεξιού ιπποκάμπου, με αποτέλεσμα τα ευρήματα να τονίζουν τη σχέση μεταξύ τακτικής σωματικής άσκησης και δομής του εγκεφάλου κατά την πρώιμη έως μέση ενηλικίωση.²⁹

2.2. Καρδιαγγειακή λειτουργία

Στη μελέτη των Maas A et al διαπιστώθηκε πως δεν υπήρχε αλλαγή στα επίπεδα του BDNF, τα οποία παραδοσιακά οδηγούν σε νευρογένεση, αγγειογένεση και συναπτογένεση. Τα οφέλη που σχετίζονται με τη φυσική άσκηση, στην αιμάτωση και τον όγκο του ιπποκάμπου δεν σχετίζονται με αλλαγές στους αυξητικούς παράγοντες. Ωστόσο λόγω της αύξησης της μέγιστης κατανάλωσης οξυγόνου (VO₂max) και της εγκεφαλικής αιματικής ροής, παρατηρήθηκε καλύτερη νευρική λειτουργία.¹³ Αυτό το συμπέρασμα έρχεται να ενισχύσει και η μελέτη των Erickson Kl et al στην οποία διαπιστώθηκε πως όσο αυξανόταν το VO₂max τόσο αυξανόταν και ο όγκος του ιπποκάμπου.⁸ Στη μελέτη που διενεργήθηκε από τους Hötting K et al βρέθηκε ότι η αύξηση της απόκτησης επεισοδιακής μνήμης συνδέεται με την αύξηση της καρδιαγγειακής ικανότητας, ενώ η αύξηση της προσοχής ήταν πιο έντονη στην ομάδα stretching, αποτέλεσμα που δείχνει την ύπαρξη κάποιας σχέσης μεταξύ συγκεκρι-

κριμένων τύπων άσκησης και γνωστικών λειτουργιών. Θα μπορούσε να υποστηριχθεί ότι η έλλειψη βελτίωσης μετά από ένα πρόγραμμα αερόβιας άσκησης μπορεί να αποδοθεί στο «φαινόμενο οροφής», το οποίο σημαίνει ότι το αποτέλεσμα δεν βελτιώνεται περαιτέρω πάνω από ένα σημείο, παρά την αύξηση της αερόβιας άσκησης.⁹

Στη μελέτη των Holzschneider K et al διαπιστώθηκε ότι μόνο οι συμμετέχοντες που είχαν λάβει «χωρική εκπαίδευση» βελτίωσαν τις «χωρικές» ικανότητες πλοήγησης σε έναν εικονικό λαβύρινθο μετά την ολοκλήρωση της σωματικής άσκησης και της γνωστικής κατάρτισης. Σε αυτήν την υποομάδα διαπιστώθηκε θετική συσχέτιση μεταξύ της καρδιαγγειακής ικανότητας και της ενεργοποίησης του εγκεφάλου κατά τη διάρκεια της χωρικής εκμάθησης. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι ο συνδυασμός της σωματικής άσκησης με τις γνωστικές ασκήσεις μπορεί να είναι μια πολλά υποσχόμενη προσέγγιση για την ενίσχυση της νευρογνωστικής λειτουργίας και έτσι να αποφευχθεί η γνωσιακή έκπτωση που σχετίζεται με την ηλικία.⁷ Σε αντίστοιχη μελέτη των Maass A et al τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι αλλαγές στη μνήμη που σχετίζονται με την άσκηση συνδέονται στενά με αγγειακές μεταβολές στον ιππόκαμπο και την αιμάτωσή του μετά από περίοδο παρέμβασης 3 μηνών,¹² ενώ οι Burdette JH et al στη μελέτη τους διαπίστωσαν ότι η ομάδα άσκησης αύξανε την αιμάτωση στον ιππόκαμπο και παρουσίαζε μεγαλύτερη συνδεσιμότητα εντός του ιπποκάμπου.⁶ Υποθέτοντας ότι το αγγειακό κατώφλι είναι ένας δείκτης της αγγειακής διαμόρφωσης στενά συνδεδεμένος με τη φυσική δραστηριότητα, παρουσιάζονται στοιχεία στη μελέτη των Bar KJ et al για μια αύξηση στην αγγειακή διαμόρφωση κατά τη διάρκεια αεροβικής άσκησης. Πιο αναλυτικά, έδειξαν ότι οι μεταβολές της λειτουργικής συνδεσιμότητας σε κατάσταση ηρεμίας (RSFC) του εμπρόσθιου ιπποκάμπου που προκαλείται από την άσκηση ενδέχεται να εμπλέκονται σε αυξημένη αγγειακή διαμόρφωση.²⁰

2.3. Επίπεδα BDNF

Στη μελέτη των Wagner G et al παρατηρήθηκε πτώση των επιπέδων BDNF στην ομάδα παρέμβασης μετά την αεροβική άσκηση, με συνέπεια να εικάζεται ότι η έντονη και εξαντλητική σωματική άσκηση μπορεί να έχει τα παραπάνω αρνητικά αποτελέσματα. Παράλληλα πιστεύεται πως οι οξείες και οι χρόνιες μεταβολές των συγκεντρώσεων του BDNF εξαρτώνται από την ηλικία, τον τύπο της άσκησης και το ατομικό επίπεδο σωματικής

κατάστασης πριν από την εκπαίδευση που έγινε για τους σκοπούς της μελέτης.¹⁴

3. Χρονικό πλαίσιο δράσης της αεροβικής άσκησης

Στη μελέτη των Thomas AG et al καθορίστηκε πως το κατώτερο χρονικό διάστημα που απαιτείται για να σημειωθεί αύξηση στον όγκο του ιπποκάμπου είναι 6 εβδομάδες αεροβικής δραστηριότητας. Παράλληλα, διαπιστώθηκε πως μετά το πέρας 6 εβδομάδων από τη διακοπή της άσκησης, ο όγκος του ιπποκάμπου επανέρχεται στα αρχικά επίπεδα που ήταν πριν την άσκηση. Ωστόσο δεν παρατηρήθηκε βελτίωση της επίδοσης σε επίπεδο μάθησης και μνήμης, καθώς κανένα εύρημα αλλαγής στη γνωσιακή λειτουργία των συμμετεχόντων δεν ήταν στατιστικά σημαντικό, πιθανώς λόγω του περιορισμένου χρόνου που διήρκεσε η κλινική δοκιμή.¹⁵ Αντίθετα, στη μελέτη των Erickson KI et al ο ένας χρόνος αεροβικής άσκησης ήταν αρκετός ώστε να σημειωθούν αλλαγές όχι μόνο στον όγκο του ιπποκάμπου, αλλά και στη μνήμη και συγκεκριμένα στη χωρική μνήμη και στον χρόνο απόκρισης.⁸ Στη μελέτη των Basso JC et al διαπιστώθηκε ότι μια οξεία περίοδος 50 λεπτών αερόβιας άσκησης έντονης έντασης σε υγιείς ενήλικους βελτιώνει τον προμετωπιαίο φλοιό, αλλά όχι την εξαρτώμενη από τον ιππόκαμπο γνωστικότητα. Διαπιστώθηκε επίσης ότι τα άμεσα γνωστικά οφέλη που προκλήθηκαν από την άσκηση διήρκεσαν μεταξύ 30 λεπτών και 2 ωρών μετά τη διακοπή της άσκησης.¹⁷

4. Είδος άσκησης και επίδραση αυτής στον ιππόκαμπο και τη μνήμη

Στη μελέτη των Varma VR et al αποδεικνύεται πως ακόμα και η προτίμηση της πεζοπορίας και όχι απαραίτητα της αεροβικής άσκησης φαίνεται να αυξάνει τον όγκο του ιπποκάμπου, αλλά δεν έχει καμία επίδραση στη μνήμη. Τα ευρήματα υποδεικνύουν πως η αύξηση όχι της άσκησης, αλλά των δραστηριοτήτων του καθημερινού τρόπου ζωής, όπως είναι η πεζοπορία, μπορεί να παράγει μετρήσιμα γνωστικά οφέλη και να επηρεάσει τον όγκο του ιπποκάμπου μέσω βιολογικών μοριακών μονοπατιών μοναδικών σε εκείνα που σχετίζονται με άσκηση μέτριας έντασης.¹⁰ Ενώ στις μελέτες των Thomas AG et al και Wagner G et al που εφαρμόστηκε πρόγραμμα έντονης αεροβικής άσκησης, διαπιστώθηκε ότι τα επίπεδα BDNF και ο όγκος του ιπποκά-

μπου στην ομάδα παρέμβασης είχαν πτωτική τάση.^{14,15} Αυτά τα ευρήματα υπογραμμίζουν τη σπουδαιότητα της διερεύνησης του κατά πόσο οι μέτριες αυξήσεις, σε επίπεδο χαμηλής έντασης, των δραστηριοτήτων της καθημερινής ζωής, όπως είναι η πεζοπορία, μπορούν να προωθήσουν τη γνωστική υγεία που σχετίζεται με τη μνήμη και να μειώσουν τον κίνδυνο άνοιας. Οι Varma VR et al διαπίστωσαν ότι η παρουσία σωματικής δραστηριότητας στην καθημερινή ζωή και όχι απαραίτητα η αεροβική άσκηση μπορεί να επηρεάσει τη δομική υγεία συγκεκριμένων περιοχών του ιπποκάμπου, όπως είναι η περιοχή του υποθέματος (subiculum).¹⁸ Στη μελέτη των Thomas AG et al δεν σημειώθηκαν γνωσιακές αλλαγές.¹⁵ Στη μελέτη των Varma VR et al, εξερευνήθηκε η σχέση μεταξύ καθημερινής δραστηριότητας πεζοπορίας και λειτουργίας μνήμης και δεν βρέθηκαν σημαντικές συσχετίσεις.¹⁰ Στη μελέτη των Erickson KI et al η συσχέτιση μεταξύ της βελτίωσης της μνήμης και του όγκου του ιπποκάμπου ήταν σημαντική για τα ημισφαίρια αριστερά και δεξιά.⁸ Η μελέτη των Nauer RK et al καταδεικνύει ότι η βελτίωση του CRF (παράγοντας/ορμόνη απελευθέρωσης κορτικοτροπίνης) μέσω του προγράμματος άσκησης ενισχύει ειδικά τον όγκο στο πρόσθιο τμήμα της DG/CA3, της νευρογενούς ζώνης του ιπποκάμπου. Επιδεικνύεται επίσης μια θετική σχέση μεταξύ της αλλαγής του CRF και της διορθωμένης ακρίβειας για δοκιμές που απαιτούν το υψηλότερο επίπεδο διακριτικής μεταχείρισης σε μια υποθετική εργασία διαχωρισμού προτύπων συμπεριφοράς. Αυτή η σχέση παρατηρήθηκε σε άτομα που ήταν lower-fit, γεγονός που υποδηλώνει ότι άτομα που εμφανίζουν μεγαλύτερη βελτίωση στο CRF τους μπορεί να λάβουν μεγαλύτερο γνωστικό όφελος.²⁶ Η μελέτη των Dilley EK et al προτείνει ότι για την επεισοδιακή μνήμη, η άσκηση υψηλής έντασης μπορεί να είναι πιο επωφελής από την άσκηση χαμηλότερης έντασης. Η άσκηση μπορεί να έχει λιγότερο έντονη επίδραση στην ανάκληση εσφαλμένης μνήμης, σε σύγκριση με την πραγματική επεισοδιακή μνήμη.²⁷ Στη μελέτη των Suwabe K et al παρατηρήθηκε βελτίωση των επιδόσεων στη διακριτική ικανότητα, σε νεαρά υγιή άτομα με υψηλότερη αεροβική ικανότητα.²¹

Οι Baym CL et al κατέδειξαν ότι η θετική σχέση μεταξύ της αεροβικής ικανότητας και της λειτουργίας της μνήμης είναι συγκεκριμένη για τη «σχεσιακή μνήμη που εξαρτάται από τον ιππόκαμπο», χωρίς αντίστοιχη επίδραση στη «μνήμη αντικειμένων που δεν εξαρτάται από

τον ιππόκαμπο».¹¹ Στη μελέτη των Soga K et al αν και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η οξεία άσκηση κατά τη διάρκεια της κωδικοποίησης είχε αρνητική επίδραση στις εξαρτώμενες από τον ιππόκαμπο λειτουργίες μνήμης, αυτές οι αρνητικές επιδράσεις μπορεί να εξασθενήσουν ή και να αντιστραφούν εάν οι συμμετέχοντες εξοικειωθούν με την κατάσταση διπλής εργασίας (ταυτόχρονη αεροβική άσκηση και κωδικοποίηση).¹⁹

Οι Jonasson LS et al κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η αερόβια άσκηση σε ηλικιωμένους ενήλικους με καθιστικό τρόπο ζωής έχει ευρεία επίδραση στη γνωστική λειτουργία όπως στην επεισοδιακή μνήμη, την ταχύτητα επεξεργασίας, την ενημέρωση της μνήμης εργασίας και την εκτελεστική λειτουργία. Τα αποτελέσματα αυτά μπορεί να βοηθήσουν στην εξήγηση του γιατί μερικές φορές οι μελέτες που εστιάζουν σε ένα στενότερο φάσμα λειτουργιών αναφέρουν μικτά αποτελέσματα.²²

Η DG είναι γνωστό ότι παίζει ρόλο στον διαχωρισμό προτύπων, που είναι η ικανότητα διάκρισης μεταξύ παρόμοιων εμπειριών, ένα θεμελιώδες στοιχείο της επεισοδιακής μνήμης. Η μελέτη των Suwabe K et al αποκαλύπτει ότι μία και μόνο συνεδρία μέτριας άσκησης βελτιώνει τον διαχωρισμό προτύπων σε νεαρούς ενήλικους και παρέχει τις πρώτες εμπειρικές ενδείξεις για την επίδραση της οξείας άσκησης στη λειτουργία της DG του ιπποκάμπου στους ανθρώπους, υποδηλώνοντας ότι η οξεία μέτρια άσκηση μπορεί να έχει ευεργετικές επιδράσεις στον ιππόκαμπο που εμπλέκεται στη μνήμη και παίζει σημαντικό ρόλο στις γνωστικές λειτουργίες.²³

Συζήτηση

Αν και η παρούσα ανασκόπηση κατέδειξε μεγαλύτερη ευαισθησία του αριστερού ημισφαιρίου και συγκεκριμένα του εμπροσθίου τμήματός του έναντι του δεξιού ημισφαιρίου στη διαδικασία της γήρανσης, οι λόγοι είναι ακόμη υπό διερεύνηση. Είναι γνωστό πως οι νευρώνες στον πρόσθιο ιππόκαμπο συνδέονται επιλεκτικά με την απόκτηση χωρικής μνήμης και παρουσιάζουν αυξημένη ατροφία συναρτώμενη με την ηλικία σε σύγκριση με τον οπίσθιο ιππόκαμπο. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των ερευνών η άσκηση είναι αποτελεσματική στην αναστροφή της απώλειας όγκου του ιπποκάμπου ακόμα και σε προχωρημένη ηλικία. Η αεροβική άσκηση θεωρείται νευροπροστατευτική και η έναρξη συστηματικής άσκησης, έστω και καθυστερημένα, στην καθημερινότητα δεν είναι μάταιη ούτε για

την ενίσχυση της γνώσης ούτε για την αύξηση του εγκεφαλικού όγκου. Ως αποτέλεσμα, ενδέχεται ο όγκος του ιπποκάμπου μελλοντικά να λειτουργήσει ως δείκτης για την εξατομίκευση στρατηγικών παρέμβασης σε ενηλίκους μεγαλύτερης ηλικίας. Μια σημαντική βιβλιογραφική ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε με ζώα και με ανθρώπους έδειξε ότι η μακροχρόνια άσκηση διάρκειας ημερών έως εβδομάδων, μπορεί να βελτιώσει την απόδοση σε μια ποικιλία εξαρτημένων από τον ιππόκαμπο καθηκόντων, όπως η χωρική μνήμη, η κατάσταση συναισθηματικού φόβου, η παθητική μάθηση αποφυγής, η αναγνώριση αφηρημένων αντικειμένων και ο διαχωρισμός προτύπων.¹⁷ Στα ζωικά μοντέλα οι πειραματικές μελέτες έδειξαν πιο σαφή αποτελέσματα, καθώς παρουσιάζουν κοινά στοιχεία για τη σημασία της αύξησης των νευροτροφικών παραγόντων που προκαλείται από την άσκηση, στη διαμόρφωση της νευρωνικής πλαστικότητας του ιπποκάμπου. Ενώ τα μοντέλα ζώων παρέχουν ένα μεγάλο μέρος των μηχανιστικών στοιχείων που υποστηρίζουν ότι η άσκηση μπορεί να αυξήσει την αιματική ροή και την αγγειογένεση και μπορεί επίσης να προάγει τη νευρογένεση μέσω της αύξησης των νευροτροφικών παραγόντων, ορισμένες από τις προαναφερθείσες κλινικές μελέτες της δικής μας βιβλιογραφικής ανασκόπησης παρουσιάζουν ευρήματα αντίθετα με τη γενική αύξηση του όγκου στον ιππόκαμπο ως ευεργετικό αποτέλεσμα της σωματικής άσκησης. Η σωματική άσκηση είναι μια παρέμβαση που εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και που επηρεάζει αμέτρητα βιοχημικά κυκλώματα σε διάφορα μέρη του σώματος. Η ανασκόπησης μας έδειξε ότι οι μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σε εφήβους και ηλικιωμένους ενηλίκους υποδεικνύουν ότι τα άτομα με υψηλότερη σωματική δραστηριότητα και αυξημένα επίπεδα φυσικής ευεξίας παρουσιάζουν καλύτερη γνωσιακή λειτουργία και μειωμένη ατροφία όγκου εγκεφάλου. Σύμφωνα με τις έννοιες του «εγκεφαλικού αποθεματικού» και του «γνωστικού αποθεματικού», η άσκηση στη μεσήλικη ζωή θα μπορούσε να συμβάλει σε αυτό το αποθεματικό και να επιτρέψει στους ενεργούς ανθρώπους να προσαρμοστούν καλύτερα στις μελλοντικές προκλήσεις στη ζωή.⁹

Ένα άλλο στοιχείο που αναδύθηκε μέσα από αυτήν την ανασκόπηση είναι πως η χρήση αντικειμενικών μετρητών φυσικής δραστηριότητας που μπορούν να εκτιμήσουν με ευαισθησία ένα ευρύ φάσμα σωματικών

δραστηριοτήτων στην κοινότητα, υποδηλώνει ότι η σωματική δραστηριότητα που δεν απαιτεί φυσική άσκηση, όπως είναι η πεζοπορία μπορεί επίσης να συσχετιστεί με γνωστικά οφέλη για την υγεία. Θεωρώντας ότι η ατροφία του υποθύματος είναι ένα από τα πρώτα συμπτώματα της παθολογίας Alzheimer στον ιππόκαμπο, τα ευρήματα της μελέτης των Varma et al μας δείχνουν ότι αυτή η συγκεκριμένη υποπεριοχή του ιπποκάμπου μπορεί να ωφεληθεί ακόμη και από μέτριες αυξήσεις στην καθημερινή δραστηριότητα με αποτέλεσμα γνωσιακά οφέλη.¹⁰

Συμπεράσματα

Στην παρούσα ανασκόπηση διαπιστώθηκε ότι οι μέχρι τώρα προσεγγίσεις περιείχαν μεθοδολογικούς και χρονικούς περιορισμούς, με αποτέλεσμα να είναι αναγκαία η διεξαγωγή περισσότερων ανθρώπινων μελετών. Οι μελλοντικές μελέτες θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τη χρονική πορεία της πλαστικότητας του ιπποκάμπου που προκαλείται από την άσκηση, αξιολογώντας μετρήσεις των αυξητικών παραγόντων, της αιμάτωσης, του όγκου και της μνήμης σε βραχυπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη κλίμακα.

Σκοπός της συγκεκριμένης ανασκόπησης ήταν να υποστηριχθεί μια τεκμηριωμένη συμβουλευτική δράση των επαγγελματιών υγείας σε επίπεδο πρόληψης, σε βαθμό στον οποίο μπορεί το ίδιο το άτομο να παρέμβει αυτόνομα, με τη χρήση καθημερινών ασκήσεων και αξιοποιώντας το φυσικό περιβάλλον, επιφέροντας οφέλη στον ιππόκαμπο και τους νευροτροφικούς παράγοντες.

Ωστόσο, πέρα από την αεροβική άσκηση και την πεζοπορία, έχει μελετηθεί και η επίδραση άλλων καθημερινών συνθηκών, οι οποίες θεωρείται πως επιδρούν θετικά στη μνήμη. Σύμφωνα με μελέτες αναγνωρίζεται η σημαντικότητα των υψηλών επιπέδων ECGG και άλλων αντιοξειδωτικών που υπάρχουν στα φύλλα του πράσινου τσαγιού για την αύξηση της μνήμης και της προσοχής. Αντίθετα, διαπιστώθηκε ότι η λήψη L-θεανίνης ξεχωριστά δεν είχε ευεργετική δράση στη μνήμη, αλλά όταν συνδυάστηκε με την καφεΐνη, καταγράφηκε σημαντική βελτίωση στον χρόνο αντίδρασης στον έλεγχο της αριθμητικής εργασιακής μνήμης, στην ακρίβεια της ταχείας επεξεργασίας οπτικών πληροφοριών και στην ακρίβεια της επαλήθευσης των προτάσεων. Παράλληλα, πιστεύεται ότι η L-θεανίνη μπορεί να έχει δευτερογενείς

μακροπρόθεσμες ευεργετικές επιδράσεις.³⁰ Επιπλέον μελέτες καταδεικνύουν ότι η έντονη προσκόλληση στη μεσογειακή διατροφή σχετίζεται με μειωμένο κίνδυνο εμφάνισης άνοιας. Πιο συγκεκριμένα, η υψηλότερη κατανάλωση ακόρεστων λιπαρών οξέων, αντιοξειδωτικών και βιταμινών Β αποτελεί προστατευτικό παράγοντα κατά της άνοιας, ενώ το κάπνισμα και η μεγαλύτερη κατανάλωση αλουμινίου αυξάνουν τον κίνδυνο άνοιας. Επιπλέον τα χαμηλά επίπεδα βιταμίνης D συσχετίστηκαν με μείωση στη γνωστική λειτουργία.³¹

Περιορισμοί μελετών

Στις περισσότερες μελέτες που αναφέρονται στην παρούσα ανασκόπηση υπήρξαν περιορισμοί που επιβάλλουν την πραγματοποίηση κι άλλων μελετών για την ενίσχυση των αποτελεσμάτων. Στη μελέτη των Maass et al υπήρχαν ορισμένοι μεθοδολογικοί περιορισμοί, όπως: οι τεχνικές ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό των επιπέδων των αυξητικών παραγόντων στο αίμα και ο μικρός αριθμός συμμετεχόντων.¹² Στη μελέτη των Wagner G et al δεν ελέγχθηκε η διατροφική κατάσταση των συμμετεχόντων, η οποία μπορεί να επηρεάσει τη φυσική κατάσταση ή τη σχέση μεταξύ φυσικής κατάστασης και όγκου του ιπποκάμπου. Επίσης τα φασματοσκοπικά αποτελέσματα περιορίζονται από τον μικρότερο αριθμό συμμετεχόντων που εξετάστηκαν.¹⁴ Στη μελέτη των Thomas AG et al συνιστάται στο μέλλον να διεξαχθούν περισσότερες μακροπρόθεσμες παρεμβάσεις.¹⁵ Στη μελέτη των Varma VR et al το μοντέλο SAM δεν είχε τη δυνατότητα να διαφοροποιήσει τους τύπους των δραστηριοτήτων, ενώ δεν χρησιμοποιήθηκαν καθημερινά ημερολόγια δραστηριότητας. Οι αντικειμενικές μετρήσεις της δραστηριότητας καθημερινής βάδισης, συμπεριλαμβανομένης της ποσότητας, της διάρκειας και της συχνότητας, μπορεί να είναι σημαντικές για την ακριβή μέτρηση της δραστηριότητας πεζοπορίας σε ένα περιβάλλον της κοινότητας, ιδιαίτερα μεταξύ των ηλικιωμένων με καθιστικό τρόπο ζωής και με υψηλό κίνδυνο για γνωστική και λειτουργική παρακμή.¹⁰

Η μελέτη των Kleemeyer MM et al στερείται μετρήσεων της αιμάτωσης του ιπποκάμπου και της αγγειογραφίας και συνεπώς δεν μπορεί να αποκλείσει τη συμβολή αυτών των παραγόντων στις παρατηρούμενες ογκομετρικές αλλαγές. Το μέγεθος του δείγματος της παρούσας μελέτης παραμένει σχετικά μικρό.¹⁶ Στη με-

λέτη των Hötting K et al οι συμμετέχοντες εντάχθηκαν τυχαία στην ομάδα stretching ή ποδηλασίας, αλλά όχι στην ομάδα ελέγχου. Επίσης, προστέθηκαν επιπλέον συμμετέχοντες μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας επιλογής και ένταξης στις ομάδες. Οι νεοσύστατοι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν ότι συμμετείχαν σε μια μελέτη που εξέταζε τη σταθερότητα των γνωστικών και καρδιαγγειακών παραμέτρων σε διάστημα έξι μηνών. Οι συμμετέχοντες της ομάδας stretching και της ομάδας ποδηλασίας έκαναν κάποιες νέες κοινωνικές επαφές κατά τη διάρκεια της παρέμβασης και ξεκίνησαν ένα νέο είδος δραστηριότητας αναψυχής, κάτι που δεν συνέβη στην ομάδα ελέγχου. Οι κοινωνικοί παράγοντες πέραν της σωματικής δραστηριότητας θεωρούνται σημαντικοί καθώς συμπεριλαμβάνονται στις επιδράσεις ενίσχυσης του περιβάλλοντος που επηρεάζουν την πλαστικότητα του εγκεφάλου.⁹ Στη μελέτη των Holzschneider K et al για να αποκλειστεί πλήρως η επιρροή της απόδοσης στα τεστ και οι πιθανές διαφορές στρατηγικής μεταξύ της χωρικής και της αντιληπτικής ομάδας μάθησης, θα έπρεπε να χρησιμοποιηθεί ένα ευκολότερο τεστ ή να εφαρμοστεί μια trails-to-criterion διαδικασία.⁷

Στη μελέτη των Frodl T et al η χρονική διάρκεια της δοκιμής ήταν σχετικά μικρή. Επίσης με τη διαδικασία της χειρωνακτικής ανίχνευσης αναλύθηκαν μόνο 4 φέτες του ιπποκάμπου σώματος, ενώ ο free surfer υπολογίζει τα υποπεδία από ολόκληρο τον ιπποκάμπο, έτσι αυτό το μικρό μέγεθος δείγματος θα μπορούσε να εξηγήσει τον λόγο για τον οποίο δεν εντοπίστηκαν σημαντικές επιδράσεις στο CA4_DG στον χειροκίνητο εντοπισμό.²⁵

Στη μελέτη των Soga K et al δεδομένου ότι η φάση ανάκτησης διεξήχθη 5 λεπτά μετά τη φάση κωδικοποίησης, προστέθηκε ένα post-acute exercise φαινόμενο στην ομάδα άσκησης, αλλά όχι στην ομάδα ηρεμίας. Οπότε η φάση ανάκτησης θα έπρεπε να διεξάγεται αρκετές ώρες μετά την άσκηση για να αποκλειστεί η επίδραση του post-acute exercise φαινομένου. Επιπλέον, τα αποτελέσματα είναι περιορισμένα επειδή τα δεδομένα ERP κατά τη διάρκεια της φάσης κωδικοποίησης δεν αναλύθηκαν εξαιτίας του υπερβολικού θορύβου, γεγονός που αποτελεί σημαντική αδυναμία αυτής της μελέτης.¹⁹ Στη μελέτη των Jonasson L et al έγιναν μετρήσεις μόνο σε δύο χρονικά σημεία, σε απόσταση 6 μηνών μεταξύ τους.²²

ABSTRACT

The Effects of Aerobic Exercise and Walking on the Structure and Function of the Hippocampus and MemoryAnastasia Stergioti,¹ Maria Kalafati²¹RN Department of Nursing, National and Kapodistrian University of Athens,²RN, MSc, PhD, Researcher and Laboratory Teaching Staff, Department of Nursing, National and Kapodistrian University of Athens, Greece

Introduction: The hippocampus is the deep structure of the temporal lobe of the cerebral hemispheres and plays an important role in information storage and memory function. **Aim:** To investigate through a scoping review, the effects of aerobic exercise and walking on the structure and function of the hippocampus, as well as the evaluation of changes that noted on the cognitive and memorial level in healthy adults. **Material and Method:** A search has been conducted at 2010–2019 in the PubMed and Scopus online database, using the following keywords: “healthy-adults”, “aerobic-exercise”, “walking”, “hippocampus” and “memory”, both individually and in combination. The inclusion criteria of articles in the scoping review were the following: (a) healthy adults aged 19 yrs and over who practice aerobics/and walking, (b) randomized and non-clinical trials, (c) 2010 to 2019 as publication dates, (d) to be published in english, (e) primary researches, and (f) full text articles. **Results:** The total number of articles initially found was 87. Applied PICOS the number of articles included in the study was 22. After the analysis of studies, it was found that exercise is effective in reversing hippocampal tumor loss even in old age. Aerobic exercise is considered neuroprotective and enhances both knowledge and brain tumor growth. Also, physical activity that does not require physical exercise, such as hiking can also be associated with cognitive health benefits. **Conclusion:** Aerobic exercise and hiking can act positively for the proper functioning of the hippocampus and memory but also for overall brain function at any age. Health professionals should encourage the population to start any physical activity taking into account their state of health.

Key-words: Healthy-adults, aerobic exercise, walking, hippocampus, memory.

✉ **Corresponding Author:** Anastasia Stergioti, 9 Eleftheriou Venizelou street, GR-151 22 Marousi, Greece, Tel: (+30) 6983 855 314, e-mail: st.anastasia@yahoo.gr

Βιβλιογραφία

1. Kandel E, Schwartz J, Jessel T. Νευροεπιστήμη και Συμπεριφορά: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 2014
2. Αναστασιάδης Ι, Γαρυφαλλός Γ. Ο ιππόκαμπος, η νευρωνική πλαστικότητα και η έκθεση στο stress: Ανασκόπηση. *Αρχεία Ελληνικής Ιατρικής* 2015, 32:280–294
3. Grant M, Booth A. A typology of reviews: An analysis of 14 review types and associated methodologies. *Health Information and Libraries Journal* 2009, 26:91–108
4. Arksey H, O'Malley L. Scoping studies: towards a methodological framework. *International Journal of Social Research Methodology: Theory & Practice* 2005, 8:19–32
5. Levac D, Colquhoun H, O'Brien K. Scoping studies: Advancing the methodology. *Implementation Science* 2010, 5:1–9
6. Burdette J, Laurienti P, Espeland M, Morgan A, Telesford Q, Vechlekar C, et al. Using network science to evaluate exercise-associated brain changes in older adults. *Frontiers in Aging Neuroscience* 2010, 2:1–10
7. Holzsneider K, Wolbers T, Roder B, Hotting K. Cardiovascular fitness modulates brain activation associated with spatial learning. *Neuro Image* 2011, 59:3003–3014
8. Erickson K, Voss M, Prakash R, Basak C, Szabo A, Chaddock L et al. Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *PNAS* 2011, 108:3017–3022
9. Hötting K, Reich B, Holzschnede K, Kauschk K, Schmidt T, Reer R et al. Differential cognitive effects of cycling versus stretching/coordination training in middle-aged adults. *Health Psychology* 2012, 31:145–155
10. Varma V, Chuang Y, Harris G, Tan E, Carlson M. Low-intensity daily walking activity is associated with hippocampal volume in older adults. *Hippocampus* 2014, 25:605–615
11. Baym C, Khan N, Pence A, Raine L, Hillman C, Cohen N. Aerobic Fitness Predicts Relational Memory but Not Item Memory Performance in Healthy Young Adults. *Journal of Cognitive Neuroscience* 2014, 26:2645–2652

12. Maass A, Duzel S, Goerke M, Becke A, Sobieray U, Neumann K et al. Vascular hippocampal plasticity after aerobic exercise in older adults. *Molecular Psychiatry* 2014, 20:585–593
13. Maass A, Düzel S, Brigadski T, Goerke M, Becke A, Sobieray U et al. Relationships of peripheral IGF-1, VEGF and BDNF levels to exercise-related changes in memory, hippocampal perfusion and volumes in older adults. *Neuro Image* 2016, 1:142–154
14. Wagner G, Herbsleb M, Feliberto dIC, Schumann A, Brünner F, Schachtzabel C et al. Hippocampal structure, metabolism, and inflammatory response after a 6-week intense aerobic exercise in healthy young adults. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism* 2015, 35:1570–1578
15. Thomas A, Dennis A, Rawlings N, Stagg C, Matthews L, Morris M et al. Multi-modal characterization of rapid anterior hippocampal volume increase associated with aerobic exercise. *Neuro Image* 2016, 1:162–170
16. Kleemeyer M, Kühn S, Prindle J, Bodammer N, Brechtel L, Garthe A et al. Changes in fitness are associated with changes in hippocampal microstructure and hippocampal volume among older adults. *Neuro Image* 2016, 1:155–161
17. Basso J, Shang A, Elman M, Karmouta R, Suzuki W. Acute Exercise Improves Prefrontal Cortex but not Hippocampal Function in Healthy Adults. *Journal of the International Neuropsychological Society* 2015, 21:791–801
18. Varma V, Tang X, Carlson M. Hippocampal sub-regional shape and physical activity in older adults. *Hippocampus* 2016, 26:1051–1060
19. Soga K, Kamijo K, Masaki H. Aerobic Exercise During Encoding Impairs Hippocampus-Dependent Memory. *Journal of Sport & Exercise Psychology* 2017, 39:249–260
20. Bar K, Herbsleb M, Schumann A, Cruz Fdl, Gabriel H, Wagner G. Hippocampal-Brainstem Connectivity Associated with Vagal Modulation after an Intense Exercise Intervention in Healthy Men. *Frontiers In Neuroscience* 2016, 10:1–12
21. Suwabe K, Hyodo K, Byun K, Ochi G, Fukuie T, Shimizu T et al. Aerobic fitness associates with mnemonic discrimination as a mediator of physical activity effects: evidence for memory flexibility in young adults. *Scientific Reports* 2017, 7:1–10
22. Jonasson L, Nyberg L, Kramer A, Lundquist A, Riklund K, Boraxbekk C. Aerobic Exercise Intervention, Cognitive Performance and Brain Structure: Results from the Physical Influences on Brain in Aging Study. *Frontiers In Aging Neuroscience* 2017, 8:1–15
23. Suwabe K, Hyodo K, Byun K, Ochi G, Yassa M, Soya H. Acute moderate exercise improves mnemonic discrimination in young adults. *Hippocampus* 2017, 27:229–234
24. Schwarb H, Johnson C, Daugherty A, Hillman C, Kramer A, Cohen N et al. Aerobic fitness, hippocampal viscoelasticity, and relational memory performance. *Neuro Image* 2017, 153:179–188
25. Frodl T, Streh K, Carballedo A, Tozzi L, Doyle M, Amico F et al. Aerobic exercise increases hippocampal subfield volumes in younger adults and prevents volume decline in the elderly. *Brain Imaging and Behavior* 2020, 14:1577–1587
26. Nauer R, Dunne M, Stern C, Storer T, Schon K. Improving fitness increases dentate gyrus/CA3 volume in the hippocampal head and enhances memory in young adults. *Hippocampus* 2020, 30:488–504
27. Dilley E, Zou L, Loprinzi P. The effects of acute exercise intensity on episodic and false memory among young adult college students. *Health Promotion Perspectives* 2019, 9:143–149
28. Demirakca T, Brusniak W, Tunc-Skarka N, Wolf I, Meier S, Matthäus F et al. Does body shaping influence brain shape? Habitual physical activity is linked to brain morphology independent of age. *The World Journal of Biological Psychiatry* 2014, 15:387–396
29. Killgore W, Olson E, Weber M. Physical Exercise Habits Correlate with Gray Matter Volume of the Hippocampus in Healthy Adult Humans. *Scientific Reports* 2013, 3:3457
30. Mancini E, Beglinger C, Drewe J, Zanchi D, Lang U, Borgwardt S. Green tea effects on cognition, mood and human brain function: A systematic review. *Phytomedicine* 2017, 15:26–37
31. Cao L, Tan L, Wang H, Jiang T, Zhu X, Lu H et al. Dietary Patterns and Risk of Dementia: A Systematic Review and Meta-Analysis of Cohort Studies. *Molecular Neurobiology* 2016, 53:6144–6154