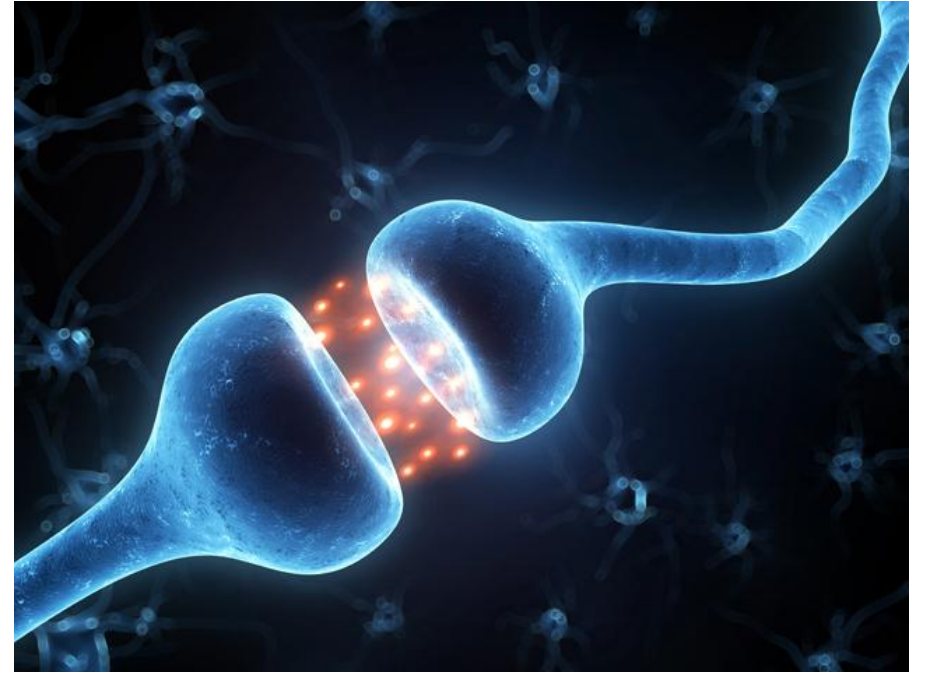


# Η ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΓΚΕΦΑΛΟΥ

ΜΑΘΗΜΑ: ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ

ΕΙΡΗΝΗ ΜΑΡΚΟΥ

ΕΜΙΛΥ ΜΩΥΣΙΔΗ



# Πλαστικότητα εγκεφάλου είναι;;;

Η νευροπλαστικότητα είναι η ικανότητα του νευρικού συστήματος να **αλλάζει** και να **προσαρμόζεται** ως απάντηση στην **ποικιλομορφία του περιβάλλοντος**. Οι αλλαγές αυτές συμβαίνουν καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του ανθρώπου και αναφέρονται στη δομή και λειτουργία του εγκεφάλου σε διαφορετικά επίπεδα: στη γονιδιακή έκφραση, στις μοριακές δομές και στη συμπεριφορά. Μέσω της συνεχής αναδιοργάνωσης των συνδέσεων μεταξύ των νευρικών κυττάρων, ο άνθρωπος μαθαίνει και προσαρμόζεται σε διαφορετικές εμπειρίες.

Συνεπώς, η ικανότητα αναγέννησης των νευρώνων και η δημιουργία νέων συναπτικών συνδέσεων δίνει τη δυνατότητα στον εγκέφαλο να αναδιαμορφώνεται και να ανακάμπτει, μειώνοντας τις επιπτώσεις:

- από **διαταραχές ή βλάβες** (μετά από ένα εγκεφαλικό επεισόδιο, γνωστικές βλάβες, κτλ)
- από διάφορες **ασθένειες** (σκλήρυνση κατά πλάκας, αλτσχάιμερ, νόσος Parkinson, ΔΕΠΥ, αυπνία ενηλίκων, κτλ)

Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί μηχανισμοί νευροπλαστικότητας:

1. Συναπτική πλαστικότητα
2. Αντιστρέψιμη πλαστικότητα (LTP/LTD)
3. Νευρογένεση

# Συναπτική πλαστικότητα

Όταν ο ανθρώπινος εγκέφαλος ασχολείται με μια νέα μάθηση ή μια νέα εμπειρία σχηματίζει νέα νευρωνικά κυκλώματα για την ενδοεπικοινωνία των νευρώνων του. Με κάθε νέα γνώση ή εμπειρία, η συναπτική διαβίβαση (η επικοινωνία μεταξύ των νευρώνων που συμμετέχουν) ενισχύεται, δηλαδή τα ηλεκτρικά σήματα μεταδίδονται πιο γρήγορα και εύκολα. Αυτό επιτυγχάνεται με τη μάθηση και τη μνήμη μέσω της επαναλαμβανόμενης πρακτικής εξάσκησης.

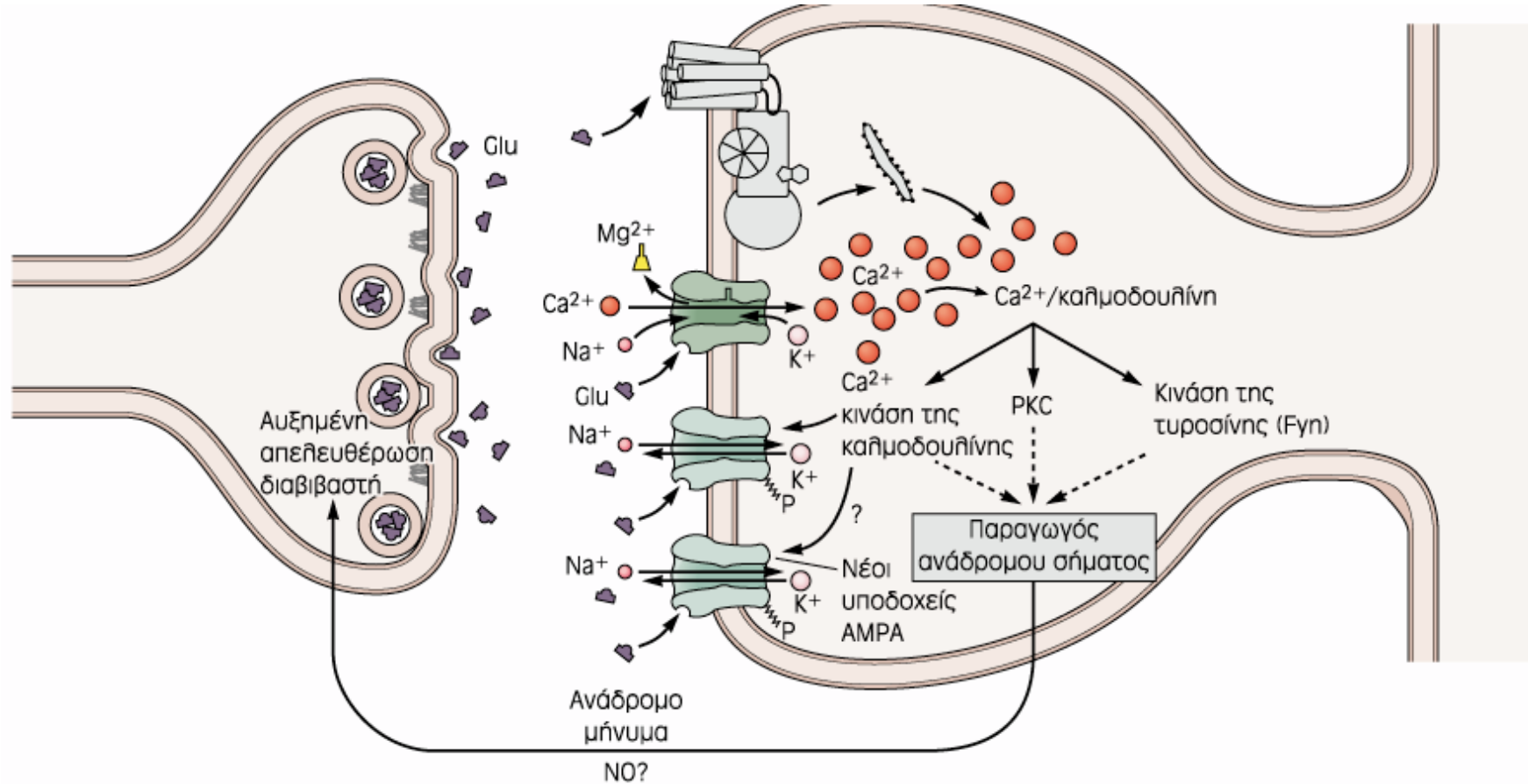
π.χ. εκμάθηση ποδηλάτου, ξένων γλωσσών, χορού

- Η συναπτική πλαστικότητα διαχωρίζεται σε βραχύχρονη και μακρόχρονη σύμφωνα με τη διάρκεια διατήρησης της μεταβολής της συναπτικής διαβίβασης και τα χρονικά όρια μεταξύ τους παραμένουν ασαφή σε διάστημα αρκετών δεκαδικών λεπτών.
- Η μακρόχρονη συναπτική πλαστικότητα εμπλέκει τόσο προσυναπτικούς όσο και μετασυναπτικούς μηχανισμούς, ενώ στη βραχύχρονη πλαστικότητα κυριαρχούν οι προσυναπτικοί.
- Η μακρόχρονη πλαστικότητα χωρίζεται σε μακρόχρονη συναπτική ενδυνάμωση (LTP) και μακρόχρονη συναπτική καταστολή (LTD). Τα φαινόμενα αυτά έχουν μελετηθεί κυρίως στις συνάψεις του ιππόκαμπου.

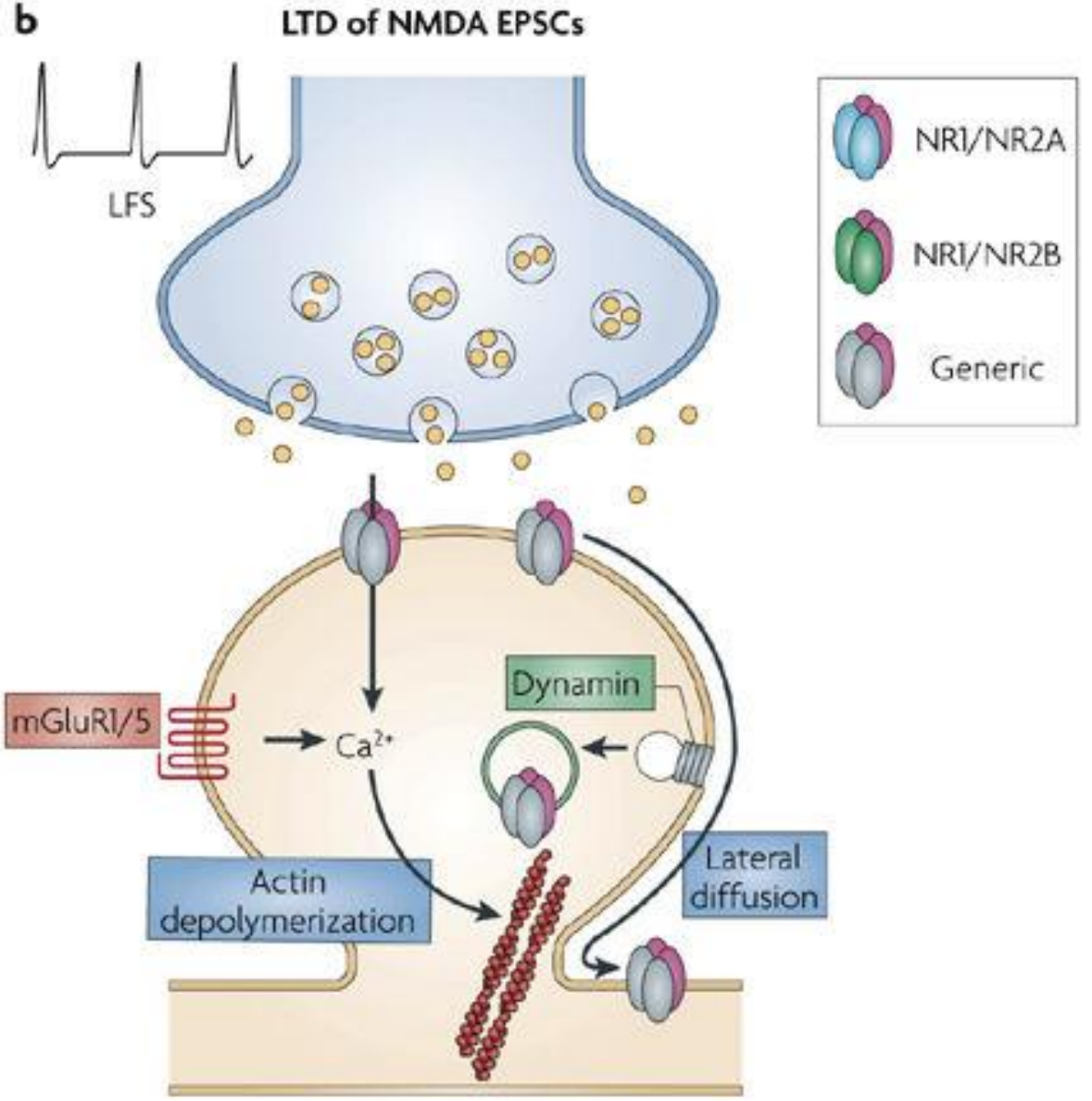
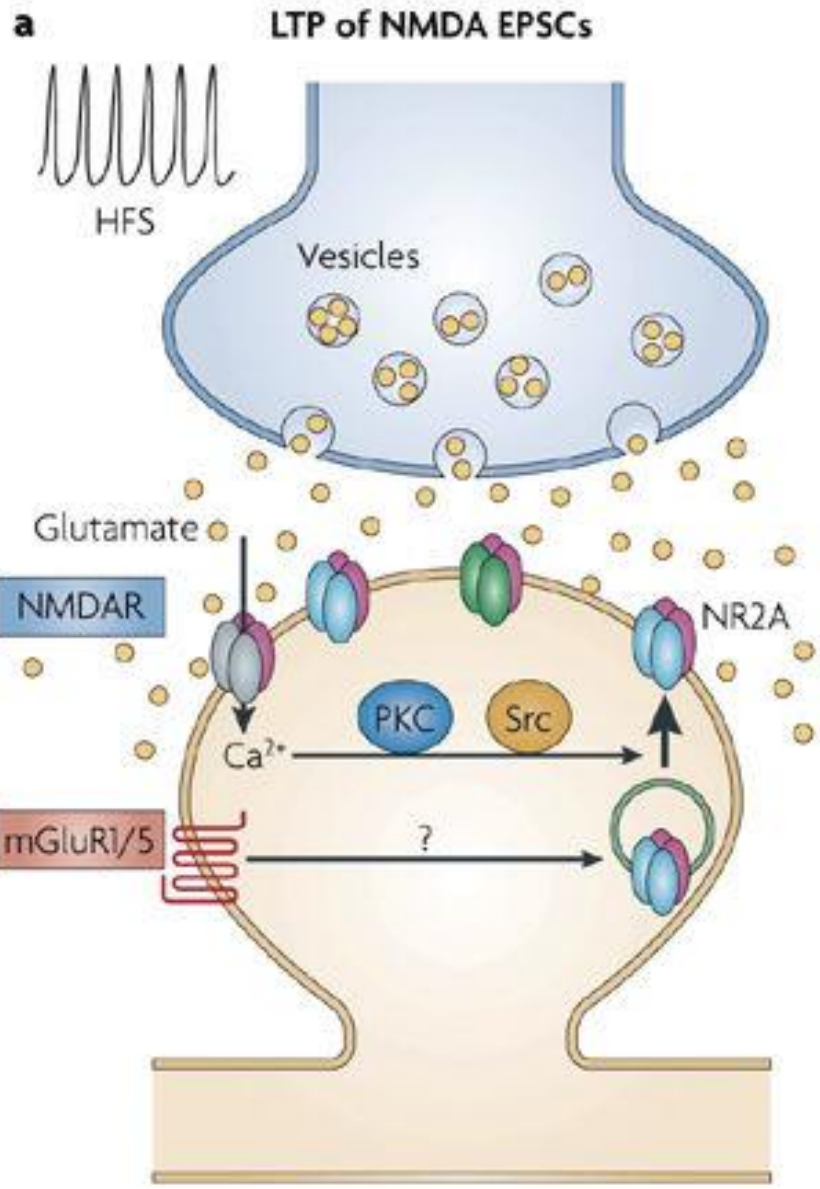
# LTP/LTD

- Η μακρόχρονη συναπτική ενδυνάμωση οφείλεται σε αυξημένες διεγερτικές συνάψεις, λόγω επαναλαμβανόμενης ενεργοποίησης των συγκεκριμένων νευρώνων. Αποτελείται από μια ομάδα διαφορετικών κυτταρικών διεργασιών, οι οποίες εμπλέκουν κυτταρικές και μοριακές αλληλεπιδράσεις. Κύριο ρόλο έχουν ο γλουταμινικός υποδοχέας NMDA, ως παράγοντας επαγωγής και το ιόν ασβεστίου.
- Η μακρόχρονη συναπτική καταστολή εμπλέκει παρόμοιους μηχανισμούς στα αρχικά στάδια επαγωγής της, ( υποδοχείς NMDA, ιόν ασβεστίου), με αντίθετο αποτέλεσμα.





**ΕΙΚΟΝΑ 15-3** Παραγωγή LTP σε παράλληλες ίνες Schaffer στον ιππόκαμπο. Το γλουταμικό (Glu) που απελευθερώνεται από τον προσυναπτικό νευρώνα συνδέεται με τους υποδοχείς AMPA και NMDA στην μεμβράνη του μετασυναπτικού νευρώνα. Η εκπόλωση που πυροδοτείται από την δράση των AMPA υποδοχέων ανασχέει τον αποκλεισμό Mg<sup>2+</sup> στον δίαυλο-υποδοχέα NMDA και το Ca<sup>2+</sup> εισέρχεται στον νευρώνα με Na<sup>+</sup>. Η αύξηση του κυτταροπλάσματικού Ca<sup>2+</sup> ενεργοποιεί την καλμοδοουλίνη (CaM) η οποία ενεργοποιεί την Ca<sup>2+</sup>-εξαρτώμενη κινάση II της καλμοδοουλίνης (CaMKII). Η κινάση φωσφορυλιώνει τους υποδοχείς AMPA (P), αυξάνοντας την αγωγιμότητά τους και μετακινεί περισσότερους υποδοχείς AMPA στην συναπτική μεμβράνη από τις κυτταροπλάσματικές θέσεις αποθήκευσης. Επίσης, μετά την εγκαθίδρυση του LTP, ένα χημικό σήμα (πιθανόν νιτρικό οξύ, NO) απελευθερώνεται από τον μετασυναπτικό νευρώνα και ανάδρομα εισέρχεται στον προσυναπτικό νευρώνα, παράγοντας μια μακροχρόνια αύξηση στην μοναδιαία απελευθέρωση του γλουταμικού. (Τροποποιημένο από Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM [editors]: *Principles of Neural Science*, 4th ed. McGraw-Hill, 2000).



# Νευρογένεση

- Από το 1944 προκύπτουν όλο και περισσότερες αποδείξεις για τη θεωρία της νευρογένεσης, ωστόσο το 1998 έχει επιβεβαιωθεί αυτό το γεγονός.
- Η γένεση και ανάπτυξη νέων νευρώνων στον ανθρώπινο εγκέφαλο. Αυτό συμβαίνει στην οδοντωτή έλικα του ιππόκαμπού και πιθανόν στο προμετωπιαίο φλοιό, όπου τα βλαστικά κύτταρα διαιρούνται σε ένα νέο βλαστικό και ένα κύτταρο που θα αναπτυχθεί σε ένα ολοκληρωμένο νευρώνα με άξονες και δεντρίτες. Έτσι, διατηρείται η νευρωνική ικανότητα του εγκεφάλου, καθώς οι νέοι νευρώνες που αναπτύσσονται έχουν την δυνατότητα να μεταναστεύουν σε διάφορες περιοχές του εγκεφάλου.
- Για παράδειγμα, σε περιοχές που έχουν υποστεί βλάβη από τραυματισμούς ή ασθένειες.

# Η εξέλιξη της νευροπλαστικότητας ως προς το χορό



- Ο χορός δεν είναι μόνο ένα είδος σωματικής άσκησης, είναι μια καθολική μορφή τέχνης και ανθρώπινης έκφρασης. Είναι η κίνηση ενός ή περισσότερων τμημάτων του ανθρώπινου σώματος ακολουθώντας μια χορογραφία ή ένα αυτοσχεδιασμό στο ρυθμό της μουσικής.
- Περιλαμβάνει μια μακρόχρονη και εντατική άσκηση αισθητικοκινητικών δεξιοτήτων. Έτσι συνδυάζει την διέγερση τόσο των κινητικών όσο και των αισθητικών περιοχών του εγκεφαλικού φλοιού, δίνοντας την δυνατότητα να διερευνηθεί πως ο ανθρώπινος εγκέφαλος επεξεργάζεται την κίνηση και τον ήχο σε συνδυασμό με την καλλιτεχνική απόδοση και δημιουργικότητα.

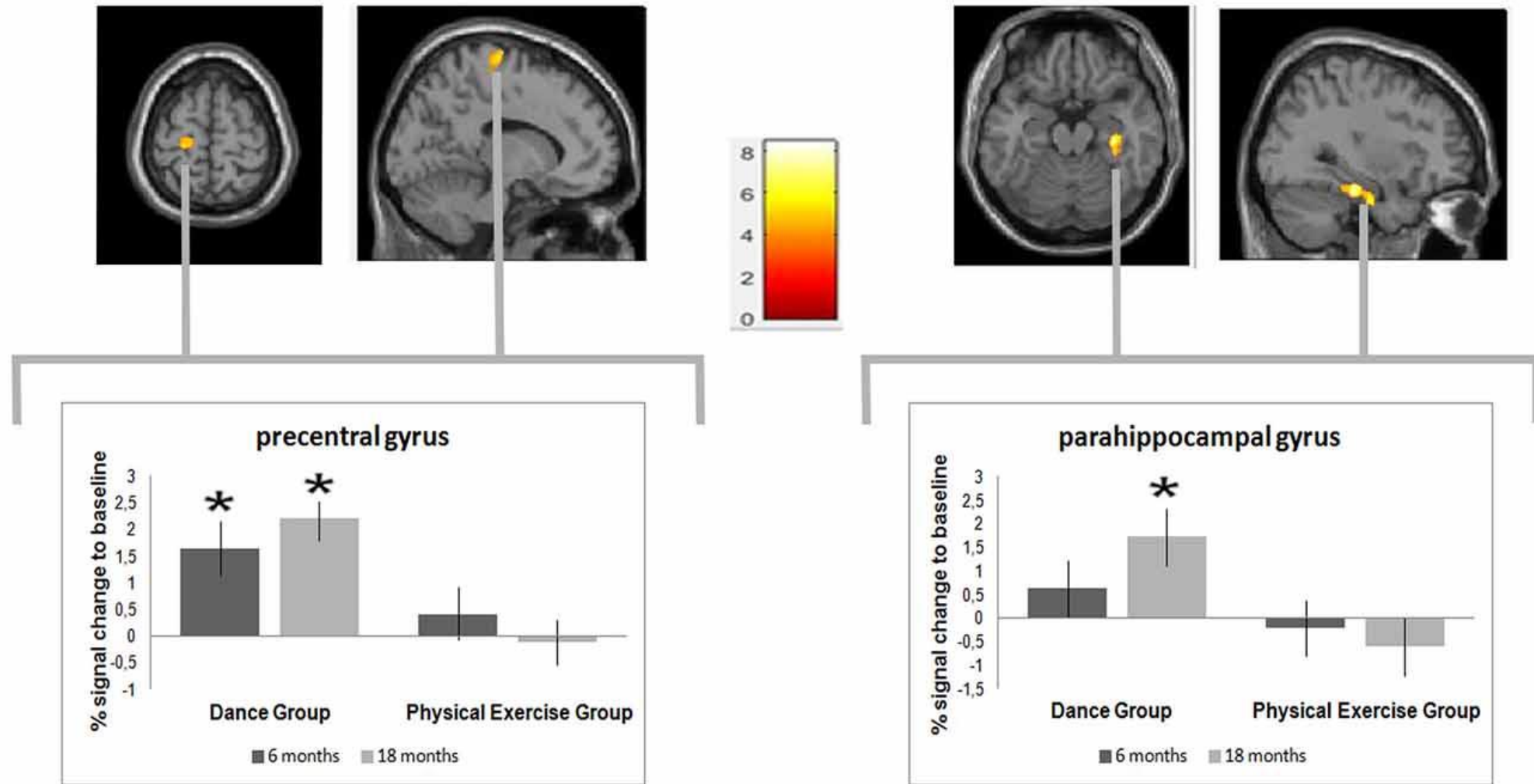
- Σύμφωνα με αρκετές μελέτες, η βραχύχρονη και μακρόχρονη εκπαίδευση χορού διαφοροποιεί την φαιά και λευκή ουσία του εγκεφάλου και οδηγεί σε αύξηση της νευρικής ενεργοποίησης σε αρκετές συγκεκριμένες περιοχές του εγκεφάλου, ακόμα και σε μη επαγγελματίες χορευτές.
- Σε μια άλλη μελέτη με ηλικιωμένους (63-80 ετών) αξιολογήθηκαν τα οφέλη της εκμάθησης ενός είδους χορού και οι αλλαγές που παρατηρούνται στον εγκέφαλο. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι ένα πρόγραμμα χορού είναι ανώτερο για την ανάπτυξη νευροπλαστικότητας, σε σχέση με οποιοδήποτε πρόγραμμα γυμναστικής, λόγω της γνωστικής αισθητικής και κινητικής απαίτησης που έχει ο χορός. Δηλαδή απαιτεί την ανάκληση χορογραφιών (μνήμη), την ενσωμάτωση πολυαισθητηριακών πληροφοριών και το συντονισμό ολόκληρου του σώματος.

# Evolution of Neuroplasticity in Response to Physical Activity in Old Age: The Case for Dancing

Εικόνα 1

| Variable                                     | Dance group       |                   |                  | Sport group       |                   |                  |
|----------------------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|
|                                              | Baseline          | 6 months          | 18 months        | Baseline          | 6 months          | 18 months        |
| Relative physical capacity (Watt/kg)         | 1.28 (0.33)       | 1.19 (0.29)       | 1.36 (0.38)      | 1.19 (0.33)       | 1.39 (0.30)       | 1.21 (0.31)      |
| Resting heart frequency (min <sup>-1</sup> ) | 77.50 (12.64)     | 76.08 (10.21)     | 73.83 (7.66)     | 72.00 (14.86)     | 69.75 (15.96)     | 75.00 (12.58)    |
| VLMT early recall (points)                   | 47.83 (10.24)     | 43.92 (8.29)      | 52.42 (6.86)     | 53.10 (8.00)      | 53.30 (8.68)      | 56.22 (5.19)     |
| VLMT late recall (points)                    | 10.25 (3.34)      | 9.08 (2.94)       | 9.90 (4.15)      | 12.00 (3.23)      | 11.70 (3.09)      | 14.00 (1.73)     |
| VLMT recognition (points)                    | 10.25 (3.08)      | 8.92 (3.42)       | 11.17 (2.21)     | 11.40 (3.20)      | 11.80 (2.86)      | 12.89 (1.965)    |
| TAP flexibility reaction time (ms)           | 978.58 (241.15)   | 901.75 (288.62)   | 772.92 (168.97)  | 873.70 (234.04)   | 863.50 (277.63)   | 792.70 (162.17)  |
| BDNF plasma                                  | 1469.57 (1038.87) | 2189.59 (1116.28) | 1725.83 (778.27) | 1861.17 (1284.69) | 2170.76 (1285.04) | 1610.80 (848.59) |
| Gray matter volume (mm <sup>3</sup> )        | 601.95 (32.26)    | 597.03 (33.66)    | 611.27 (33.23)   | 593.75 (40.44)    | 585.89 (34.54)    | 602.16 (40.75)   |

\*BDNF=Brain-derived neurotrophic factor, protein

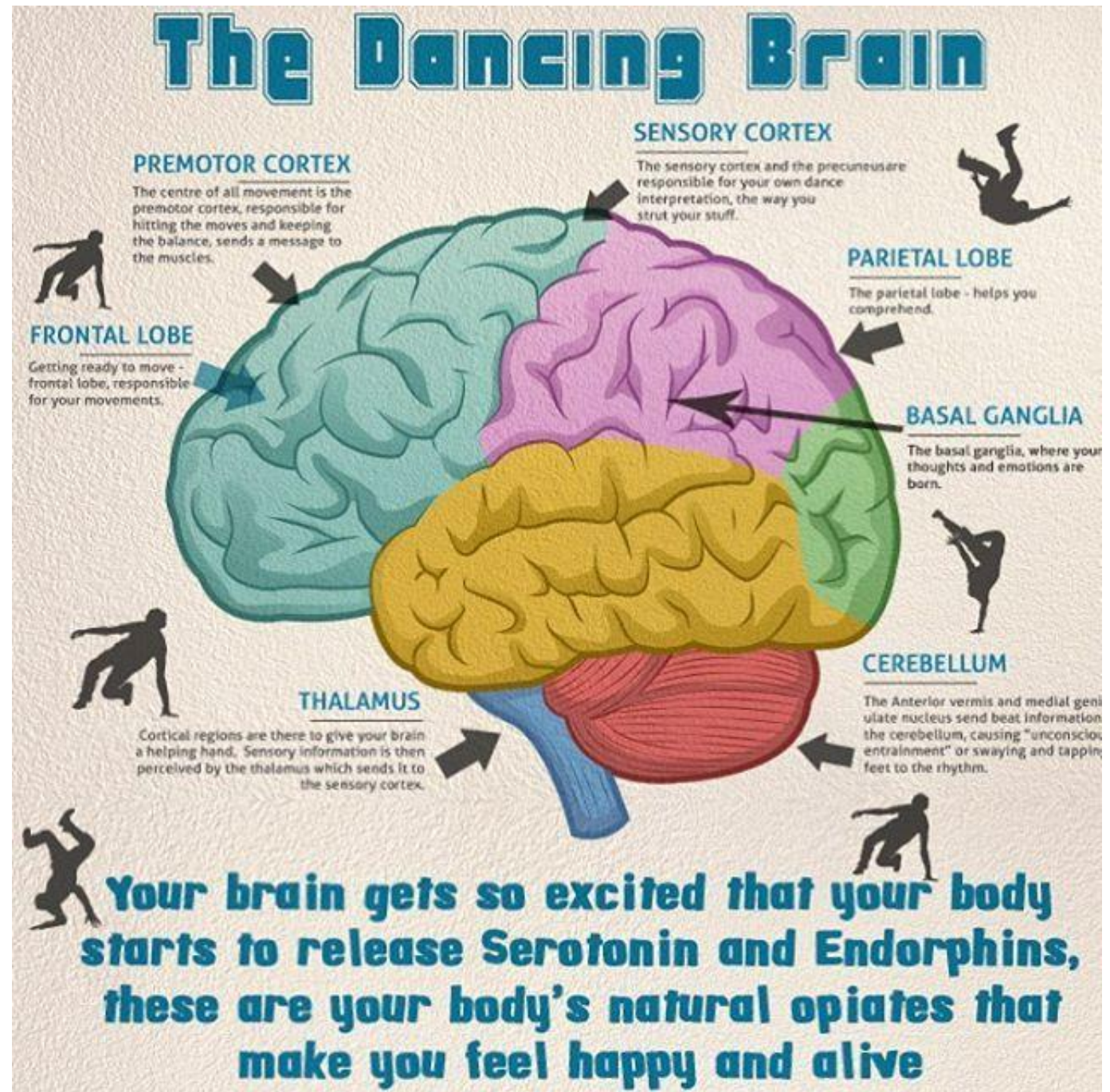
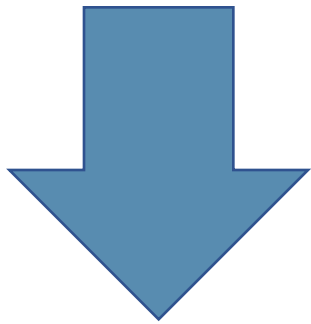


Εικόνα 2

Με την ολοκλήρωση της μελέτης στην ομάδα χορού παρατηρήθηκε αύξηση του όγκου της παραϊπποκάμπιας περιοχής και της φαιάς ουσίας στην αριστερή κεντρική περιοχή του εγκεφαλικού φλοιού.



Συμπεράσματα από διάφορες μελέτες που αποδεικνύουν τη θετική επίδραση του χορού στην νευροπλαστικότητα



- Οι πολύπλοκες απαιτήσεις συντονισμού τμημάτων του σώματος σε διάφορες κατευθύνσεις και ο πολυρυθμικός μηχανισμός του χορού (προσαρμογή σε διάφορους ρυθμούς μουσικής) δείχνουν αυξημένη διέγερση στο κέλυφος, στο πρωτεύοντα κινητικό φλοιό και στη συμπληρωματική κινητική περιοχή του εγκεφάλου.
- Μετά από μακρόχρονη εξάσκηση χορού, αυξημένη διέγερση παρατηρείται στη παραϊπποκάμπια έλικα, που σχετίζεται με τη μνήμη εργασίας και την ανάκτηση της, λόγω της σύνδεσης της με το μετωπιαίο φλοιό και τον ιππόκαμπο.
- Η αύξηση στον όγκο της φαιάς ουσίας στο προμετωπιαίο φλοιό εμφανίζεται και σε βραχείας διάρκειας εξάσκησης χορού, σε αντίθεση με την περιοχή του ιππόκαμπου όπου για να προκληθεί νευροπλαστικότητα απαιτείται μακρόχρονη εξάσκηση.

- Παρόλα αυτά η παρατεταμένη εξάσκηση σε ένα είδος χορού μπορεί να οδηγήσει σε αυτοματοποίηση των νευρικών σημάτων και να επιφέρει αντίθετα αποτελέσματα στον όγκο του εγκεφαλικού φλοιού. Αυτό συμβαίνει επειδή μετά την αφομοίωση μιας νέας δεξιότητας, ο εγκέφαλος ασκεί λιγότερο έλεγχο στο συγκεκριμένο νευρικό μονοπάτι λόγω επαναλαμβανόμενης διέγερσης κατά την μακροχρόνια εμπειρία.
- Παρατηρείται επίσης βελτίωση της λεκτικής μνήμης και της προσοχής του χορευτή.

Συνεπώς, τα οφέλη στη δημιουργία νευροπλαστικότητας σε ηλικιωμένους από ένα πρόγραμμα χορού είναι περισσότερα από μια επαναλαμβανόμενη σωματική άσκηση όπως ήδη αναφέραμε, λόγω της ικανότητας του χορού να συνδυάζει γνωστικές, αισθητικές, κινητικές και συντονιστικές ιδιότητες. Αυτό αποδεικνύει τη θετική επίδραση του χορού στον ανθρώπινο εγκέφαλο. Σύμφωνα με αυτά, ο χορός αποτελεί ένα ελπιδοφόρο κομμάτι στη πρόληψη της μείωσης του όγκου της φαιάς ουσίας και των γνωστικών δυσλειτουργιών στους ηλικιωμένους. Με περαιτέρω μελέτες θα αποδειχθεί αν ο χορός μπορεί να μειώσει τον κίνδυνο και τα συμπτώματα διάφορων νευροεκφυλιστικών ασθενειών (π.χ. Alzheimer, κτλ.)

- <https://www.youtube.com/watch?v=ELpfYCZa87g>

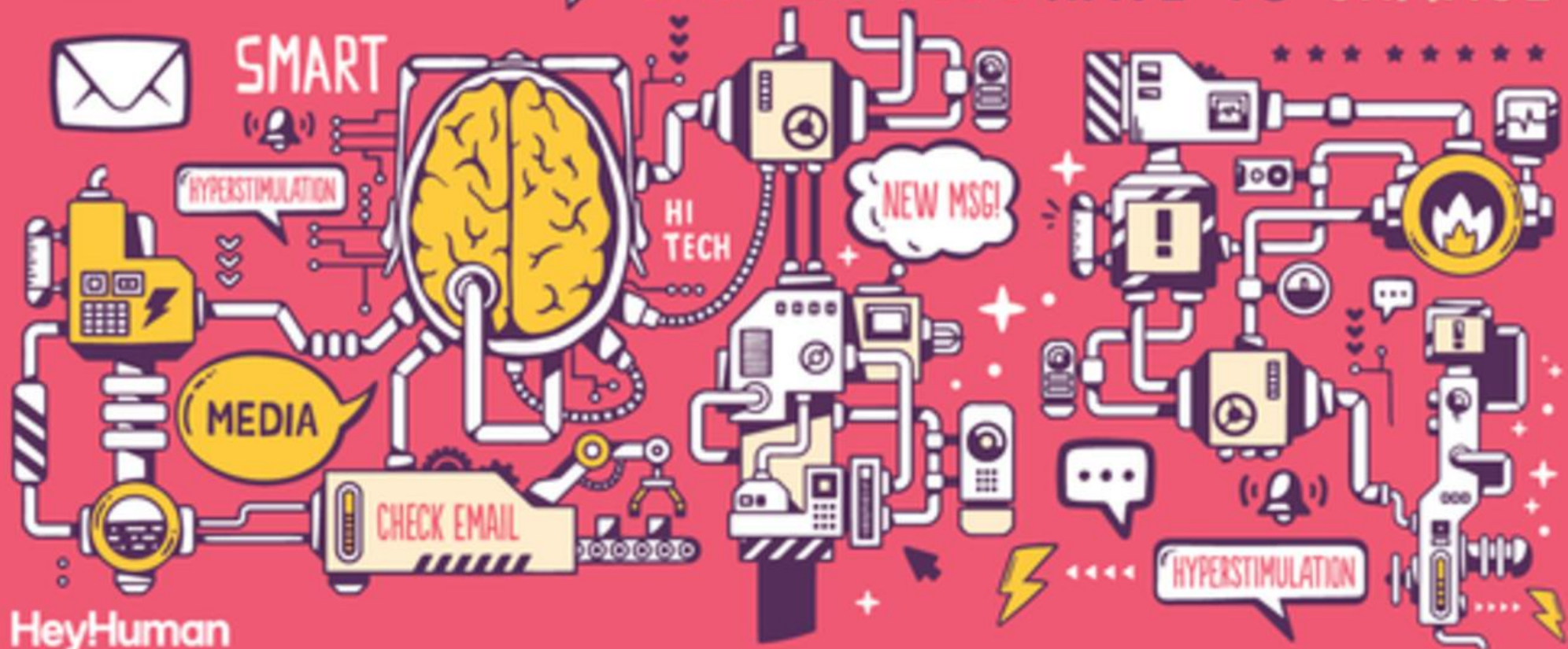
# Βιβλιογραφία

- Εικόνα 15-3, Ganong's, Ιατρική Φυσιολογία, κεφ.15, σελ.345
- How long will long-term potentiation last?, Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci., 2003
- 'Evolution of Neuroplasticity in Response to Physical Activity in Old Age: The Case for Dancing', Patrick Müller, Front. Aging Neurosci., 2017
- Dance and the brain: a review, Karpati FJ, Ann N Y Acad Sci., 2015

# NEUROPLASTICITY

# & TECH

WHY BRANDS HAVE TO CHANGE



HeyHuman