



**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**

**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ**

**ΤΟΜΕΑΣ ΑΘΛΗΤΙΑΤΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΡΥΘΜΙΚΩΝ ΑΚΟΥΣΤΙΚΩΝ ΕΡΕΘΙΣΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ  
ΕΠΑΝΑΡΥΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΤΗΣ ΒΑΛΙΣΗΣ ΣΕ  
ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΝΕΥΡΟΛΟΓΙΚΩΝ - ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΡΑΧΩΝ»**

**Χρήστος Παπαχαραλάμπος**

**ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ: «Άσκηση - Ευρωστία - Υγεία»**

**Επιβλέπουσα: Ελισσάβητ Ρουσάνογλου**

**Καθηγήτρια Αθλητικής Βιομηχανικής**

**Φεβρουάριος 2023**

## **Ευχαριστίες**

*Θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια κ. Ελισσάβετ Ρουσάνογλου για την βοήθειά της και την παρότρυνσή της για κριτική σκέψη!*

## Περίληψη

Η βάδιση είναι μία περίπλοκη διαδικασία, πολύ σημαντική για τη καθημερινότητα, καθώς επιτρέπει τις μετακινήσεις που χρειάζονται για την ομαλή διεξαγωγή της και αποτελεί μία πολύ καλή μέθοδο εκγύμνασης, την οποία άνθρωποι με κινητικές παθήσεις, δεν έχουν τη δυνατότητα να αξιοποιήσουν αποτελεσματικά. Σε ανθρώπους με κινητικές παθήσεις η βάδιση σε πολλές περιπτώσεις, παρουσιάζει διάφορα προβλήματα, τα οποία μπορεί να επιδεινώσουν τη κατάσταση. Τέτοια προβλήματα αντιμετωπίζουν άνθρωποι με Πάρκινσον, εγκεφαλικό επεισόδιο, εγκεφαλική παράλυση, τραυματική εγκεφαλική βλάβη, αυτισμό και σκλήρυνση κατά πλάκας. Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η ανασκοπική διερεύνηση της επίδρασης των ρυθμικών ακουστικών ερεθισμάτων στην επαναρύθμιση της βάδισης σε περιπτώσεις νευρολογικών διαταραχών. Φαίνεται πως, σε όλες αυτές τις περιπτώσεις νευρολογικών προβλημάτων, τα Ρυθμικά Ακουστικά Ερεθίσματα διαφόρων μορφών, είχαν σημαντικά θετική επιρροή στη βάδιση ανθρώπων. Βελτίωσαν σημαντικά τη συμμετρία κατά τη βάδιση, το μήκος διασκελισμού, τη ταχύτητα βάδισης και σε μερικές πτώσεις ελαχιστοποίησαν τον αριθμό και τη φοβία πτώσεων. Είναι ασφαλές να θεωρήσουμε πως τα Ρυθμικά Ακουστικά Ερεθίσματα μπορούν να βοηθήσουν ανθρώπους με κινητικές δυσλειτουργίες και να βελτιώσουν τη ποιότητα ζωής τους. Ωστόσο, χρειάζονται παραπάνω μελέτες για να εντοπιστεί η αποτελεσματικότερη μορφή Ακουστικού Ερεθίσματος και ο μηχανισμός κατά τον οποίο αυτά συμβάλλουν.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες	σελ 2
Περίληψη	σελ 3

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι

#### Εισαγωγή

1.1. Σημασία της μελέτης	σελ 5
Σκοπός της Εργασίας	σελ 7

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙ

#### Ανασκόπηση βιβλιογραφίας

2.1.1. Κριτήρια Επιλογής Βιβλιογραφικών Πηγών	σελ 8
2.1.2. Χαρακτηριστικά Βιβλιογραφικών Πηγών που Συμπεριλήφθησαν	σελ 8
2.2. Επιδημιολογικά Στοιχεία Νευρολογικών-Εγκεφαλικών Διαταραχών που συνδέονται με Διαταραχή του Κινητικού Προτύπου Βάδισης	σελ 14
2.3. Νόσος Πάρκινσον	σελ 15
2.4. Εγκεφαλικό Επεισόδιο	σελ 17
2.5. Αυτισμός	σελ 20
2.6. Εγκεφαλική Παράλυση	σελ 21
2.7. Τραυματική Εγκεφαλική Βλάβη	σελ 23
2.8. Σκλήρυνση Κατά Πλάκας	σελ 24

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙΙ

#### Συζήτηση - Συμπεράσματα

3.1. Πιθανοί Μηχανισμοί Λειτουργίας Ερεθισμάτων	σελ 26
3.2. Είδος Ακουστικού Ερεθίσματος και Επιρροή	σελ 27
3.3. Συμπεράσματα	σελ 28
3.4. Βιβλιογραφικές Πηγές	σελ 29

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι

## Εισαγωγή

### 1.1. Σημασία της μελέτης

Η βάδιση είναι μία περίπλοκη διαδικασία, ελεγχόμενη από το πρωτογενή κινητικό φλοιό και άλλα μέρη του εγκεφάλου (Sejdic, 2012), πολύ σημαντική για τη καθημερινότητα, καθώς επιτρέπει τις μετακινήσεις που χρειάζονται για την ομαλή διεξαγωγή της. Επίσης, η βάδιση αποτελεί μία πολύ καλή μέθοδο εκγύμνασης, την οποία άνθρωποι με κινητικές παθήσεις, δεν έχουν τη δυνατότητα να αξιοποιήσουν αποτελεσματικά. Σε ανθρώπους με κινητικές παθήσεις η βάδιση σε πολλές περιπτώσεις, παρουσιάζει διάφορα προβλήματα τα οποία μπορεί να προκαλέσουν τραυματισμούς και να επιδεινώσουν τη κατάσταση.

Υπάρχουν πολλές ασθένειες οι οποίες προκαλούν κινητικά προβλήματα κατά τη βάδιση. Μερικές από αυτές όπως, η νόσος Πάρκινσον, το εγκεφαλικό επεισόδιο, η πολλαπλή σκλήρυνση, η εγκεφαλική παράλυση, η τραυματική εγκεφαλική βλάβη και ο αυτισμός, θα εξεταστούν σε αυτήν την εργασία. Για να ολοκληρωθούν δύο βήματα χρειάζεται να λειτουργήσουν τουλάχιστον 30 μύες σε κατάλληλους χρόνους και με τις κατάλληλες δυνάμεις. Η παραμικρή απόκλιση μπορεί να οδηγεί σε προβληματική βάδιση (Miller, 2006). Αρχικά, στους επιζώντες εγκεφαλικού είναι πολύ συχνό το φαινόμενο της ρυθμικής ασυμμετρίας. Σε αυτούς τους ανθρώπους εμφανίζεται μία σημαντική έλλειψη μυϊκής συνεργίας (Mizuta, 2022). Επίσης, το εγκεφαλικό, επιφέρει επιπλοκές και σε άλλες λειτουργίες, σημαντικές για τη ποιότητα ζωής των ανθρώπων, όπως η ικανότητα για ομιλία και την αισθητηριακή και αντιληπτική επεξεργασία του εγκεφάλου (Hoelling, 2021). Η βάδιση των επιζώντων Εγκεφαλικού λόγω αυτών των επιπτώσεων, είναι πιθανό να είναι προβληματική. Η νόσος Πάρκινσον είναι η πιο κοινή εκφυλιστική νόσος του κεντρικού νευρικού συστήματος σε ηλικιωμένους. Τα πιο συνηθισμένα συμπτώματα είναι μυϊκός τρόμος, βραδυκινησία και ανωμαλίες στη στάση σώματος και τη βάδιση. Μερικές από τις πιο κοινές ανωμαλίες στη βάδιση είναι η ασταθής επίδοση σε αυτή, μειωμένο μήκος και αυξημένη συχνότητα διασκελισμού και το πάγωμα της βάδισης (Song, 2015). Η πολλαπλή σκλήρυνση είναι μια απομυελινωτική φλεγμονώδη νόσο του κεντρικού νευρικού συστήματος που επηρεάζει την ικανότητα βάδισης των πασχόντων (Heesen, 2008). Η εγκεφαλική παράλυση είναι ένα σύνολο κινητικών δυσλειτουργιών που προέρχονται από εγκεφαλική βλάβη πριν

την ηλικία των 2 ετών, στην οποία έχει ολοκληρωθεί η ανάπτυξη του εγκεφάλου (Taylor, 1993). Σε ανθρώπους με εγκεφαλική παράλυση, βλάβες του κεντρικού νευρικού συστήματος έχουν απρόβλεπτα αποτελέσματα στη βάδιση και τα αποτελέσματα αυτά διαφέρουν από ασθενή σε ασθενή εγκεφαλικής παράλυσης (Kwak, 2007). Σε ανθρώπους με τραυματική εγκεφαλική βλάβη, πολλές φορές επηρεάζεται η βάδιση εξ' αιτίας βλαβών σε κινητικά και αισθητηριακά συστήματα. Σε ανθρώπους με τραυματική εγκεφαλική βλάβη είναι συχνά παρούσα η αταξία κατά την βάδιση, που οδηγεί σε ανώμαλο μήκος διασκελισμού και κακή ισορροπία (Ashley, 1995). Τέλος, ο αυτισμός είναι μια πολυσυστηματική νευροαναπτυξιακή διαταραχή που χαρακτηρίζεται από στερεότυπες συμπεριφορές, περιορισμένα ενδιαφέροντα, καθώς και μειωμένη επικοινωνία και κοινωνικές αλληλεπιδράσεις (American Psychiatric Association, 2013). Παρά τον γενικό χαρακτηρισμό του αυτισμού κυρίως από ελλείμματα στην κοινωνικότητα, προβλήματα αισθητηριακής επεξεργασίας συνυπάρχουν στη πλειοψηφία των πασχόντων αυτισμού (Baum, 2015). Σε πολλές περιπτώσεις τα παιδιά με αυτισμό παρουσιάζουν μια σειρά κινητικών αναπηριών, όπως ο ελλαττωματικός κινητικός σχεδιασμός, λόγω λειτουργικής ανωμαλίας της παρεγκεφαλίδας, που οδηγεί σε προβληματική βάδιση (Kaur, 2018

Ο ρυθμός και η κίνηση είναι άρρηκτα συνδεδεμένοι, όπως καταλαβαίνουμε και από την ακαταμάχητη παρόρμηση για κίνηση όταν ακούμε μουσική (Schaefer, 2014). Η χρήση των ρυθμικών ακουστικών ερεθισμάτων μπορεί να έχει οφέλη σε υγιείς ανθρώπους αλλά η χρήση τους φαίνεται να είναι σημαντική για την επαναρύθμιση του κινητικού προτύπου σε περιπτώσεις νευρολογικών και εγκεφαλικών διαταραχών. Η σχετική βιβλιογραφία επικεντρώνεται στο κινητικό πρότυπο της βάδισης καθώς αυτή αποτελεί ίσως τη βασικότερη κινητική λειτουργία για ανεξάρτητη καθημερινή διαβίωση. Σε μελέτη της Lustenbeger και συνεργατών (2018) μελετήθηκαν οι επιδράσεις των ρυθμικών ακουστικών ερεθισμάτων, σε υγιείς ανθρώπους, κατά τη διάρκεια του ύπνου. Παρατηρήθηκε πως κατά τη διάρκεια του ύπνου αυξάνονται οι άτρακτοι ύπνου (sleep spindles) με τη ταυτόχρονη χρήση ρυθμικών ακουστικών ερεθισμάτων. Η συγγραφέας αναφέρει, πως οι άτρακτοι του ύπνου συνδέονται άμεσα με την αποτελεσματικότητα της μνήμης. Επίσης, αναφέρεται πως τα γηρατειά και η σχιζοφρένεια σχετίζονται με μειωμένη παραγωγή αυτών των ατράκτων κατά τον ύπνο (Lustenberger, 2016). Συνεπώς, η χρήση των ρυθμικών ακουστικών ερεθισμάτων κατά τον ύπνο, μπορεί να καθυστερήσει τη γήρανση, και να συμβάλλει στη πρόληψη της

σχιζοφρένειας. Σε μία μελέτη του [Sejdic και συνεργατών \(2012\)](#) εξετάστηκαν οι επιδράσεις διαφόρων ειδών ερεθισμάτων στη βάδιση ανθρώπων χωρίς κάποιο κινητικό πρόβλημα. Εξετάστηκαν οι επιδράσεις ακουστικών, οπτικών και απτών ερεθισμάτων. Υποστηρίζεται όλα τα ερεθίσματα δεν είχαν κάποια επιρροή στο επόμενο βήμα των συμμετεχόντων αλλά, τα ακουστικά ερεθίσματα είχαν μία σημαντική επιρροή στη μεταβλητότητα μεταξύ διασκελισμών, που υποδεικνύει υψηλότερη σταθερότητα κατά την βάδιση.

Σύμφωνα με τη [Schafer και συνεργάτες \(2014\)](#) υπάρχουν 4 πιθανοί μηχανισμοί κατά τους οποίους τα ρυθμικά ακουστικά ερεθίσματα μπορούν να συμβάλλουν στην επανεκπαίδευση της κίνησης. Αρχικά, είναι πιθανό το ρυθμικό ακουστικό ερέθισμα να επιταχύνει τη διαδικασία με επαναλαμβανόμενες κινήσεις οι οποίες γίνονται όλο και πιο συγκεκριμένες με τη κάθε επανάληψη. Μία άλλη θεωρία είναι πως ρυθμικά ακουστικά ερεθίσματα οδηγούν σε ένα διαφορετικό τρόπο κινητικής εκμάθησης, δημιουργώντας ένα πλουσιότερο υπόβαθρο για κινητική εκμάθηση και συνδέοντας ακουστικές και κινητικές περιοχές του εγκεφάλου. Επιπρόσθετα, μία τρίτη θεωρία είναι πως η μουσική και η μέθοδος των ρυθμικών ακουστικών ερεθισμάτων προκαλούν την ανάπτυξη ρυθμικών ικανοτήτων. Η θεωρία αυτή υποστηρίζεται από το γεγονός πως ασθενείς συνδρόμου Πάρκινσον εμφάνισαν βελτιωμένες αντιληπτικές ικανότητες μετά από ακουστικά υποβοηθούμενη προπόνηση βαδίσματος ([Song, 2015](#)). Τέλος, ακουστικά υποβοηθούμενη εξάσκηση μπορεί να συμβάλλει στην επανεκπαίδευση του βαδίσματος κάνοντας τη διαδικασία λιγότερο κουραστική για τους ασκούμενους.

## **1.2. Σκοπός της Εργασίας**

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η ανασκοπική διερεύνηση της επίδρασης των ρυθμικών ακουστικών ερεθισμάτων στην επαναρύθμιση (επανεκπαίδευση) του κινητικού προτύπου της βάδισης σε περιπτώσεις νευρολογικών – εγκεφαλικών διαταραχών. Ως τέτοιες, περιπτώσεις, στην παρούσα εργασία διερευνούνται η νόσος Πάρκινσον, το εγκεφαλικό επεισόδιο, ο αυτισμός, η εγκεφαλική παράλυση, η τραυματική εγκεφαλική βλάβη και η σκλήρυνση κατά πλάκας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ II

### Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας

#### 2.1.1. Κριτήρια Επιλογής Βιβλιογραφικών Πηγών

Τα κριτήρια επιλογής των άρθρων για την εργασία αυτή, ήταν (α) η μελέτη των μηχανισμών που συνδέουν τα ακουστικά ερεθίσματα με τη κινητική μάθηση, (β) η εξέταση της συμβολής των ρυθμικών ακουστικών ερεθισμάτων στη επαναρύθμιση/επανεκπαίδευση του κινητικού προτύπου της βάρδισης λόγω νευρολογιών ή εγκεφαλικών διαταραχών νόσος Πάρκινσον, το εγκεφαλικό επεισόδιο, ο αυτισμός, η εγκεφαλική παράλυση, η τραυματική εγκεφαλική βλάβη και η σκλήρυνση κατά πλάκας και (γ) τα άρθρα να είχαν δημοσιευτεί στις τελευταίες 3 δεκαετίες, δηλαδή από το έτος 1990 ως και το έτος 2022. Οι βιβλιογραφικές πηγές που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία εντοπίστηκαν στις βάσεις επιστημονικών μελετών PubMed και Google Scholar.

#### 2.1.2. Χαρακτηριστικά Βιβλιογραφικών Πηγών που Συμπεριλήφθησαν

Για την παρούσα εργασία εξετάστηκαν συνολικά 30 άρθρα εκ των οποίων τα 6 ήταν ανασκοπήσεις και τα 24 πρωτότυπες έρευνες (Πίνακας 2.1) σχετικά με την επίδραση των Ρυθμικών Ακουστικών Ερεθισμάτων για την επαναρύθμιση του κινητικού προτύπου της βάρδισης. Όσον αφορά τις ανασκοπήσεις, 1 αφορούσε τη νόσο Πάρκινσον, 2 το εγκεφαλικό επεισόδιο, 1 τη σκλήρυνση κατά πλάκας και 1 τη γήρανση. Στο σύνολο των πρωτότυπων ερευνών, 6 αφορούσαν τη νόσο Πάρκινσον (416 ασθενείς εκ των οποίων 214 άντρες και 181 γυναίκες). Επίσης, σε σύνολο 3 εργασιών, μελετήθηκαν 134 περιπτώσεις εγκεφαλικού επεισοδίου (48 άντρες και 33 γυναίκες). Επιπρόσθετα, μελετήθηκε 1 άρθρο για άτομα με πολλαπλή σκλήρυνση (23 εξεταζόμενοι: 7 άντρες - 16 γυναίκες), 2 άρθρα για άτομα στο φάσμα του αυτισμού (N=55, εκ των οποίων 30 παιδιά: 22 αγόρια και 8 κορίτσια από 6 έως 20 χρονών σε ηλικία). Τέλος, μελετήθηκαν 2 άρθρα αναφερόμενα στην εγκεφαλική παράλυση (N=43, 4 άντρες - 9 γυναίκες) και 1 που αφορούσε στη τραυματική εγκεφαλική βλάβη (N=8, 5 άντρες - 3 γυναίκες). Άλλα 9 άρθρα αφορούσαν σε υγιείς ανθρώπους. Πιο συγκεκριμένα, μελετήθηκαν οι επιδράσεις ακουστικών ερεθισμάτων στην εγκεφαλική δραστηριότητα και στη βάρδιση σε 304 υγιείς ανθρώπους (137 άντρες - 167 γυναίκες). Σε 4 μελέτες το φύλο των εξεταζόμενων δεν αναφέρεται.



**Πίνακας 1.** Έρευνες που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία εργασίας.

Σημείωση: Όπου P.A.E.= Ρυθμικά Ακουστικά Ερεθίσματα

Τίτλος Άρθρου	Εξεταζόμενη Ασθένεια	Συμμετέχοντες	Είδη Ερεθισμάτων	Αποτελέσματα
Peters et. al (2021) Rhythmic and non-rhythmic auditory precues: Multiple mechanisms mediating movement performance	Καμία	22 ενήλικες (8 άντρες) Υγιείς, δεξιόχειρες	Ρυθμικά και Μη Ρυθμικά Ακουστικά Ερεθίσματα και οπτικά.	Βελτίωση χρόνου αντίδρασης
Capato et. al. (2020) Multimodal Balance Training Supported by Rhythmical Auditory Stimuli in Parkinson's Disease: A Randomized Clinical Trial	Νόσος Πάρκινσον	154 πάσχοντες Πάρκινσον (88 άντρες) 3 Ομάδες 1 με P.A.E. 1 χωρίς P.A.E. 1 ελέγχου χωρίς προπόνηση	Ρυθμική Ακουστική Διέγερση (Μετρονόμος) υποστηριζόμενη προπόνηση ισορροπίας	Η υποστηριζόμενη από P.A.E. ομάδα έδειξε την καλύτερη βελτίωση
Terrier (2012) Step-to-Step Variability in Treadmill Walking: Influence of Rhythmic Auditory Cueing	Καμία	10 Υγιείς (10 άντρες)	P.A.E.	Θετικές επιδράσεις σε πολλαπλά χαρακτηριστικά βάρδισης
Braunlich (2020) Rhythmic auditory cues shape neural network recruitment in Parkinson's disease during repetitive motor behavior	Νόσος Πάρκινσον	15 άτομα Πάρκινσον, δεξιόχειρες (10 άνδρες) 14 Υγιή άτομα (ομάδα ελέγχου)	Εργασία αγγίγματος με και χωρίς Ρυθμική Ακουστική Διέγερση	Και οι δύο ομάδες επωφελήθηκαν από τη ρυθμική ακουστική διέγερση
Shemy et. al. (2018) The impact of auditory rhythmic cueing on gross motor skills in children with autism	Αυτισμός	30 παιδιά με Αυτισμό (22 αγόρια) 2 ομάδες (1 έλεγχος)	P.A.E.	Θετικά αποτελέσματα

Chang et. al. (2019) Effects of rhythmic auditory cueing on stepping in place in patients with Parkinson's disease	Νόσος Πάρκινσον	21 άτομα με νόσο του Πάρκινσον Το φύλο δεν αναφέρεται	Βάδιση με 110% ταχύτητα άνετης ταχύτητας βάδισης	Θετικά αποτελέσματα
Calabro et. al. (2019) Walking to your right music: a randomized controlled trial on the novel use of treadmill plus music in Parkinson's disease	Νόσος Πάρκινσον	50 άτομα με νόσο του Πάρκινσον (25 άνδρες)	P.A.E. μουσικής Χωρίς P.A.E.	P.A.E. είχαν υψηλότερη επίδραση
Cha et. al. (2014) Immediate Effects of Rhythmic Auditory Stimulation with Tempo Changes on Gait in Stroke Patients	Εγκεφαλικό Επεισόδιο	41 ασθενείς με εγκεφαλικό επεισόδιο (24 άνδρες)	Βάδιση χωρίς P.A.E. και με P.A.E. -10%, 0%, +10%, +20% της βασικής τιμής	Θετικά αποτελέσματα σε πολλαπλά χαρακτηριστικά της βάδισης
Lustenberger et. al. (2019) High-density EEG characterization of brain responses to auditory rhythmic stimuli during wakefulness and NREM sleep	Καμία	14 Υγιείς άντρες, δεξιόχειρες και μη καπνιστές	P.A.E. κατά τη διάρκεια ύπνου	Θετικά αποτελέσματα στις ατράκτους ύπνου.
Terrier et. al. (2013) Non-linear dynamics of human locomotion: effects of rhythmic auditory cueing on local dynamic stability	Καμία	20 Υγιή άτομα (10 άνδρες)	P.A.E. (μετρονόμος)	Χρειάζονται περισσότερες μελέτες
Shahraki et. al. (2017) Effect of rhythmic auditory stimulation on gait kinematic parameters of patients with multiple sclerosis	Σκλήρυνση κατά πλάκας	23 ασθενείς με σκλήρυνση κατά πλάκας (7 άνδρες) 2 Ομάδες 1 Όμιλος R.A.S. 1 Ομάδα ελέγχου	P.A.E. με βάση την άνετη βάδιση +10%	Θετικά αποτελέσματα σε πολλαπλά χαρακτηριστικά της βάδισης

Knight et. al. (2020) Individuals with autism have no detectable deficit in neural markers of prediction error when presented with auditory rhythms of varied temporal complexity	Αυτισμός	23 Άτομα στο φάσμα του αυτισμού Το φύλο δεν αναφέρεται	P.A.E. διαφορετικών τόνων	Άτομα στο φάσμα του αυτισμού δε παρουσιάζουν διαφορές σε σχέση με τυπικό πληθυσμό
Sejdic et. al. (2012) The Effects of Rhythmic Sensory Cues on the Temporal Dynamics of Human Gait	Καμία	15 Υγιή Άτομα (7 άνδρες)	Αισθητικά ερεθίσματα (ακουστικά, απτικά, οπτικά) με μετρονόμο	Ακουστικό Ερέθισμα: χειρότερο αποτέλεσμα.
Auksztulewicz et. al. (2019) Rhythmic Temporal Expectation Boosts Neural Activity by Increasing Neural Gain	Καμία	23 Υγιή άτομα (11 άνδρες)	P.A.E. με απλές και περίπλοκες συγχορδίες	Καλύτερη συγκέντρωση με P.A.E.
Roberts et. al. (2021) Musical enjoyment does not enhance walking speed in healthy adults during music-based auditory cueing	Καμία	173 Υγιή άτομα (61 άνδρες)	Μουσική αρεστή και μη αρεστή	Απόλαυση μουσικής δεν επηρεάζει
Song et. al. (2015) Rhythmic auditory stimulation with visual stimuli on motor and balance function of patients with Parkinson's disease	Νόσος Πάρκινσον	116 άτομα με νόσο Πάρκινσον (59 άνδρες)	P.A.E και Οπτικά Ερεθίσματα	Μείωση της έντασης των συμπτωμάτων κατά πολύ με P.A.E.
Tecchio et. al. (2000) Conscious and preconscious adaptation to rhythmic auditory stimuli: a magnetoencephalographic study of human brain responses	Καμία	10 Υγιή άτομα (7 άνδρες)	P.A.E.	Η διάκριση του ρυθμού γίνεται ασυνείδητα
Hoelling et. al. (2021) Effects of a Music-Based Rhythmic Auditory Stimulation on Gait and Balance in Subacute Stroke	Εγκεφαλικό Επεισόδιο	53 επιζώντες εγκεφαλικού επεισοδίου (Φύλο δεν αναφέρεται) 1 ομάδα ελέγχου	P.A.E. μουσικής βάσης	Θετικά αποτελέσματα στη βάδιση

Hurt et. al. (1998) Rhythmic Auditory Stimulation in Gait Training for Patients with Traumatic Brain Injury	Τραυματική Εγκεφαλική Βλάβη	8 άτομα με Τραυματική Εγκεφαλική Βλάβη (5 άντρες)	P.A.E μετρονόμος	Θετικά αποτελέσματα στη βάρδιση
Mizuta et. al. (2022) Association Between Temporal Asymmetry and Muscle Synergy During Walking With Rhythmic Auditory Cueing in Survivors of Stroke Living With Impairments	Εγκεφαλικό Επεισόδιο	40 επιζώντες εγκεφαλικού επεισοδίου (24 άνδρες)	Άνετη βάρδιση με και χωρίς P.A.E.	Θετικά αποτελέσματα στη μυϊκή συνεργία
Kwak et. al. (2007) Effect of Rhythmic Auditory Stimulation on Gait Performance in Children with Spastic Cerebral Palsy	Εγκεφαλική Παράλυση	30 άτομα με εγκεφαλική παράλυση 6-20 ετών Το φύλο δεν αναφέρεται	P.A.E. προτιμώμενη συχνότητα ατομικά	Θετικά αποτελέσματα στη βάρδιση
Kim et. al. (2020) Gait training for adults with cerebral palsy following harmonic modification in rhythmic auditory stimulation	Εγκεφαλική Παράλυση	13 ενήλικες με Εγκεφαλική Παράλυση (4 άντρες)	P.A.E. με απλές και περίπλοκες συγχορδίες	Και τα 2 είδη ερεθισμάτων είχαν θετική επιρροή στη βάρδιση αλλά οι περίπλοκες συγχορδίες ήταν αποτελεσματικότερες
Sejdic et. al. (2013) The effects of listening to music or viewing television on human gait	Καμία	17 Υγιή άτομα (9 άνδρες)	Με P.A.E. και χωρίς.	Δε φάνηκαν σημαντικές αλλαγές στη βάρδιση
Thaut et. al. (2019) Rhythmic auditory stimulation for reduction of falls in Parkinson's disease: a randomized controlled study	Νόσος Πάρκινσον	60 πάσχοντες Πάρκινσον (32 άνδρες) με τουλάχιστον 2 πτώσεις το τελευταίο έτος.	P.A.E. μουσικής (2/4 ρυθμός) και μετρονόμος	Θετική επίδραση στη πιθανότητα πτώσεων ατόμων με Πάρκινσον

## 2.2. Επιδημιολογικά Στοιχεία Νευρολογικών-Εγκεφαλικών Διαταραχών που συνδέονται με Διαταραχή του Κινητικού Προτύπου Βάδισης

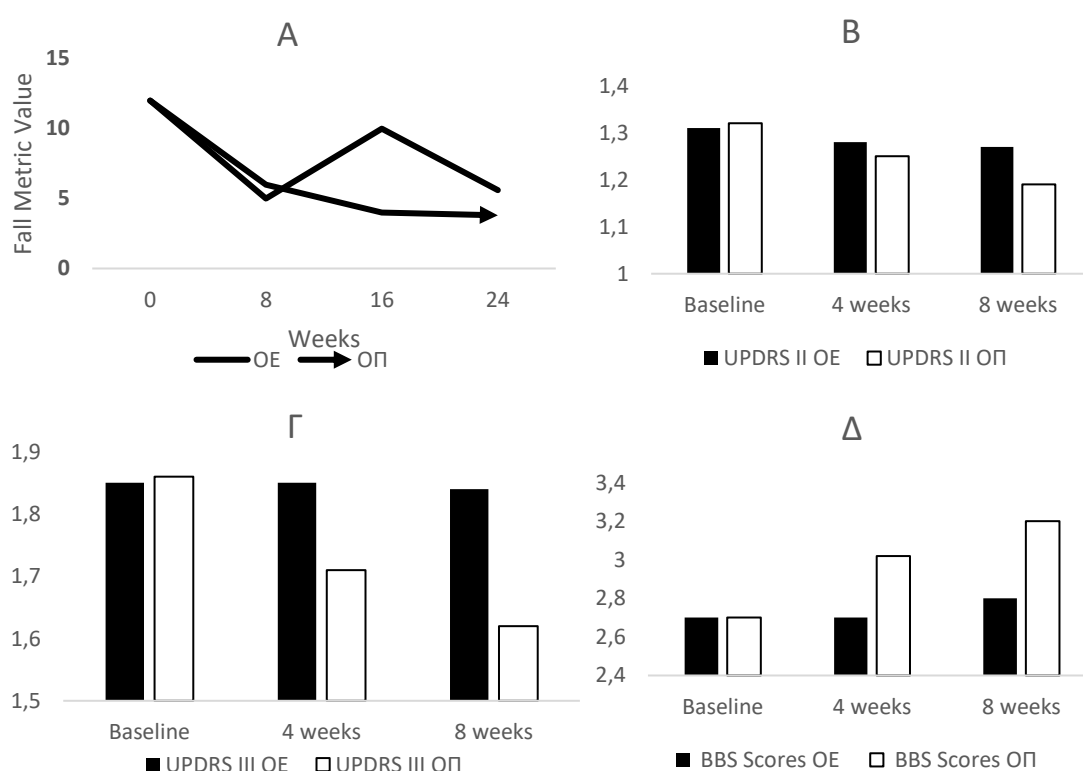
Για να κατανοήσουμε τη σημασία της αποκατάστασης της βάδισης, είναι απαραίτητο να δώσουμε προσοχή στα επιδημιολογικά στοιχεία ασθενειών που σχετίζονται με προβληματική βάδιση. Αρχικά, έχουμε τη νόσο Πάρκινσον, μία από τις πιο κοινές νόσους του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος σε ηλικιωμένους, που ευθύνεται για πολλές πτώσεις και γενικότερες δυσκολίες στη διεξαγωγή της καθημερινότητας των πασχόντων, μειώνοντας με αυτό το τρόπο τη ποιότητα ζωής τους (Song, 2015). Η νόσος Πάρκινσον τροφοδοτείται από τη γήρανση του πληθυσμού την αύξηση της μακροζωίας και τα υποπροϊόντα της εκβιομηχάνισης. Η συχνότητα εμφάνισης της νόσου του Πάρκινσον αυξάνεται με την ηλικία και αυξάνεται ραγδαία μετά την ηλικία των 65 ετών (Dorsey, 2018). Ο παγκόσμιος πληθυσμός γηράσκει και ο αριθμός των ατόμων άνω των 65 ετών αυξάνεται. Το συνδυαστικό αποτέλεσμα αυτών των παραγόντων είναι μία άνευ προηγουμένου αύξηση στον αριθμό των ατόμων με τη νόσο Πάρκινσον. Ως το 2040 προβλέπεται ο αριθμός των ατόμων με τη νόσο να έχει ξεπεράσει τους 12 εκατομμύρια, λαμβάνοντας υπ' όψη πως η νόσος επηρεάζει και νεότερους ενήλικες (μερικές φορές κάτω των 50 ετών σε ηλικία) (Dorsey, 2018). Με την αύξηση της εμφάνισης της νόσου, είναι απαραίτητο να υπάρχουν μέσα βελτίωσης της ποιότητας ζωής των πασχόντων. Όσον αφορά το Εγκεφαλικό Επεισόδιο, με βάση τα λεγόμενα του Mozaffarian και συνεργατών (2016), αποτελεί τη πέμπτη κοινότερη αιτία θανάτου στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής το 2009. Όσον αφορά την εγκεφαλική παράλυση, είναι η συχνότερη σωματική αναπηρία της παιδικής ηλικίας. Την τελευταία δεκαετία, έχουν γίνει σημαντικές ανακαλύψεις στην έγκαιρη διάγνωση, πρόληψη και θεραπεία. Σε χώρες υψηλού εισοδήματος, όπως η Αυστραλία, η κινητική σοβαρότητα έχει μειωθεί κατά ένα εντυπωσιακό 30% (Galea, 2019). Μη περιπατητικές μορφές εγκεφαλικής παράλυσης, συνυπάρχουσα επιληψία και συνυπάρχουσα νοητική αναπηρία είναι λιγότερο συχνές, πράγμα που σημαίνει ότι περισσότερα παιδιά από ποτέ άλλοτε έχουν τη δυνατότητα για βάδιση (Report of the Australian Cerebral Palsy Register: birth years 1995-2012. November 2018). Ωστόσο, η ύπαρξη κατασταλτικών μέσων και συνεπώς η δυνατότητα για βελτίωση της ποιότητας ζωής των ατόμων με εγκεφαλική παράλυση, είναι απαραίτητη. Η πολλαπλή σκλήρυνση ή σκλήρυνση κατά πλάκας είναι η συχνότερα εμφανιζόμενη νόσος του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος και επηρεάζει περισσότερους από 2 εκατομμύρια ανθρώπους παγκοσμίως (Reich,

2018). Επιπρόσθετα, μελέτες σε δίδυμα έχουν δείξει πως σε μονοζυγωτικά δίδυμα η πιθανότητα εμφάνισης αυτισμού φτάνει το 60% με υψηλό ποσοστό εμφάνισης κοινωνικών προβλημάτων. Η πιθανότητα εμφάνισης αυτισμού είναι πολύ χαμηλότερη σε διζυγωτικά δίδυμα, ενώ η πιθανότητα εμφάνισης σε παιδιά είναι 2% με 6% (Rutter, 1999). Τέλος, η Τραυματική Εγκεφαλική Βλάβη αποτελεί ένα παγκόσμιο ζήτημα υγείας με ένα από τα υψηλότερα ποσοστά ευθύνης για θάνατο ή αναπηρία, με περίπου 64 έως 74 εκατομμύριο ανθρώπους να πάσχουν από Τραυματική Εγκεφαλική Βλάβη κάθε χρόνο (Dewan, 2018). Τα δεδομένα αυτά καθιστούν την ύπαρξη μέσων βελτίωσης της ποιότητας ζωής όλων των ανθρώπων που πάσχουν από που πάσχουν από Νευρολογικές ασθένειες. Εφόσον, η προβληματική βάδιση είναι ένα συχνά εμφανιζόμενο σύμπτωμα των ασθενειών αυτών, τρόποι βελτίωσης της βάδισης σε αυτούς τους ανθρώπους είναι απαραίτητο να υπάρχουν. Έναν από αυτούς αποτελεί η βάδιση με ταυτόχρονη συνοδεία Ρυθμικών Ακουστικών Ερεθισμάτων.

### 2.3. Νόσος Πάρκινσον

Σε πολλές μελέτες έχουν εξεταστεί οι επιδράσεις των Ρυθμικών Ακουστικών Ερεθισμάτων στη βάδιση φυσιολογικών ανθρώπων και ανθρώπων που πάσχουν από κάποια νευρολογική ασθένεια. Η νόσος Πάρκινσον προκαλεί πολλά προβλήματα στη καθημερινότητα των πασχόντων της, καθώς αυξάνει τη πιθανότητα πτώσεων και συνεπώς προκαλούνται επιπρόσθετοι τραυματισμοί που επιφέρουν παραπάνω μειώσεις στη ποιότητα ζωής των ατόμων που πάσχουν. Μία μελέτη του Thaut και συνεργατών (2018) εξετάστηκε η επίδραση των Ρυθμικών Ακουστικών Ερεθισμάτων στη συχνότητα πτώσεων σε 60 άτομα που έπασχαν από τη νόσο Πάρκινσον και είχαν τουλάχιστον 2 πτώσεις στους τελευταίους 12 μήνες. Μετά από τη ολοκλήρωση ενός προγράμματος άσκησης συνοδευόμενη από Ρυθμικά Ακουστικά Ερεθίσματα, διάρκειας 24 εβδομάδων παρατηρήθηκε σημαντική μείωση των πτώσεων και ελαχιστοποίηση του φόβου για πτώσεις. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης φαίνονται στο παρακάτω γράφημα (ΓΡΑΦΗΜΑ 2.Α). Σε μία άλλη μελέτη του SONG και συνεργατών (2015) όπου χρησιμοποιήθηκαν ηχητικά και οπτικά ερεθίσματα φάνηκαν σημαντικές βελτιώσεις σε πάσχοντες Πάρκινσον. Αρχικά, παρατηρήθηκε αύξηση στο μήκος διασκελισμού, μείωση της συχνότητας της βάδισης, μείωση της κλίμακας Unified Parkinson's Disease Rating Scale στα μέρη II και III και τέλος, σημαντική αύξηση στην επίδοση Berg Balance Scale. Το UPDRS II αφορά σε συμπτώματα της νόσου όπως προβλήματα στο λόγο, τρέξιμο σάλιου και γενικότερα τη

διεξαγωγή της καθημερινότητας. Το UPDRS III αφορά στην κινητική ικανότητα του ασθενή. Το Unified Parkinson's Disease Rating Scale είναι ένα ερωτηματολόγιο που συμβάλλει στη κατανόηση της σοβαρότητας των συμπτωμάτων κάθε ασθενή (International Parkinson and Movement Disorder Society, 1980). Στις μετρήσεις αυτές όσο πιο υψηλό είναι σκορ του ασθενή, τόσο πιο έντονα είναι τα συμπτώματα της νόσου. Το Berg Balance Scale (<https://strokengine.ca/en/assessments/berg-balance-scale-bbs>) είναι μία διαδικασία αξιολόγησης της ισορροπίας σε ηλικιωμένους ανθρώπους (Zeltzer, 2010). Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής φαίνονται στο Γράφημα 2.1.



**Γράφημα 2.1.** Τα (OE) και (OP) αναφέρονται στην Ομάδα Ελέγχου (OE) και στην Ομάδα Προπόνησης (OP) αντίστοιχα (Zeltzer, 2010).

[A]: Το Fall Metric Value όσο πιο χαμηλή τιμή έχει, τόσο πιο χαμηλή και η πιθανότητα για πτώσεις.

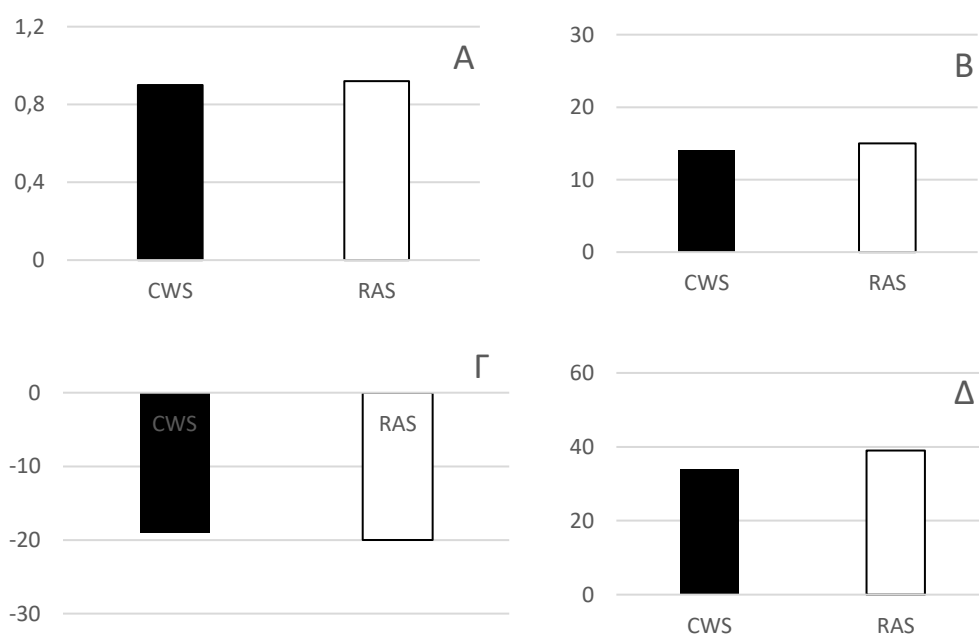
[B]: Όσο πιο μικρές οι τιμές του UPDRS II τόσο και λιγότερα τα συμπτώματα Πάρκινσον που αφορούν αυτή τη κλίμακα.

[Γ]: Όσο πιο μικρές οι τιμές του UPDRS III τόσο και λιγότερα τα συμπτώματα Πάρκινσον που αφορούν αυτή τη κλίμακα.

[Δ]: Όσο πιο υψηλές οι τιμές του BBS, τόσο και καλύτερη η επίδοση στην ισορροπία.

## 2.4. Εγκεφαλικό Επεισόδιο

Η χρήση ακουστικών ερεθισμάτων μπορεί να συμβάλλει στη βελτίωση της ποιότητας ζωής των επιζώντων εγκεφαλικού επεισοδίου. Στη μελέτη του [Mizuta και συνεργατών \(2022\)](#), εξετάστηκαν 40 επιζώντες εγκεφαλικού επεισοδίου σε δύο καταστάσεις βάδισης. Η μία ήταν βαδίζοντας με τον ρυθμό με τον οποίο ένιωθαν άνετα, χωρίς τη χρήση ρυθμικών ακουστικών ερεθισμάτων και η δεύτερη ήταν με τη χρήση ρυθμικών ακουστικών ερεθισμάτων με ταυτόχρονη προσπάθεια για προσαρμογή του ρυθμού βάδισης στο μετρονόμο. Σε όλους τους επιζώντες είχε επηρεαστεί η δεξιά ή η αριστερή μεριά του σώματός τους και επίσης δε χρησιμοποιούσαν εξωτερικές βοηθητικές μεθόδους για τη βάδιση, όπως φυσικοθεραπευτή. Βρέθηκε πως η χρήση ρυθμικών ακουστικών ερεθισμάτων συνέβαλλε στη βελτίωση της ταχύτητας βάδισης, τη στάση σώματος κατά τη βάδιση, το ποσοστό μονοποδικής στήριξης και τέλος τη συνεργία μεταξύ των μυών. Η μυϊκή συνεργία υπολογίστηκε μετρώντας την ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των εξεταζόμενων μυϊκών ομάδων. Όσον αφορά στη στάση σώματος κατά τη βάδιση, βελτιώθηκαν οι γωνίες έκτασης και κάμψης του κάτω άκρου. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης απεικονίζονται στο [Γράφημα 2.2](#).



**Γράφημα 2.2.:** ΧΑΕ: Ομάδα χωρίς της χρήση ακουστικών ερεθισμάτων, ΜΑΕ: Ομάδα με χρήση μετρονόμου.

[Α]: Ταχύτητα βάδισης (m/s), [Β]: Μέγιστη γωνία κάμψης (μοίρες) του κάτω άκρου σε κάθε ομάδα δύο ομάδες, [Γ]: Μέγιστη γωνία έκτασης του κάτω άκρου (μοίρες), [Δ]: Ποσοστό (%) μονοποδικής στήριξης στον κύκλο βάδισης.



Σε μία άλλη μελέτη των [Hoelling και συνεργατών \(2021\)](#), εξετάστηκαν τα αποτελέσματα της χρήσης ρυθμικών ακουστικών ερεθισμάτων μουσικής μορφής στη ποιότητα ζωής επιζώντων εγκεφαλικού επεισοδίου. Ειδικότερα, εξετάστηκε η δυναμική και στατική ισορροπία των επιζώντων και τα μοτίβα βάδισής τους με τη δοκιμασία Tinetti. Τα αποτελέσματα της δοκιμασίας αυτής διακρίνονται σε δύο κλίμακες, μία για την αξιολόγηση της ισορροπίας, που περιλαμβάνει εννέα κατηγορίες σκορ. Η άλλη κλίμακα είναι για την αξιολόγηση της βάδισης και περιλαμβάνει δέκα κατηγορίες σκορ. Το σκορ και στα δύο κλίμακες κυμαίνεται από 0 έως 28. Όσο πιο υψηλό είναι το σκορ του αξιολογούμενου, τόσο καλύτερη είναι η ισορροπία του και η βάδισή του και συνεπώς προβλέπεται χαμηλή πιθανότητα πτώσεων ([Canbek, 2013](#)). Μέσω της δοκιμασίας Timed Up & Go Test εξετάστηκε η δυνατότητα των εξεταζόμενων να σηκωθούν από μία καρέκλα, να περπατήσουν 3 μέτρα, να επιστρέψουν και να ξανακαθίσουν στη καρέκλα. Αν ο χρόνος που χρειαζόταν για την ολοκλήρωση της διαδικασίας ήταν μεγαλύτερος από 20 δευτερόλεπτα, τότε η πιθανότητα πτώσεων ήταν υψηλότερη ([Hafsteinsdóttir, 2014](#)). Στη μελέτη αυτή μετρήθηκε και ταχύτητα βάδισης των δοκιμαζόμενων, μετρώντας τον χρόνο που χρειαζόταν για να διανύσουν απόσταση 10 μέτρων. Τέλος χρησιμοποιήθηκε η Functional Ambulation Category κλίμακα, η οποία κατηγοριοποιεί την βοήθεια που είναι απαραίτητη για αποτελεσματική βάδιση σε 6 επίπεδα (0-5) ([Mehrholtz, 2007](#)). Όσοι δοκιμαζόμενοι είχαν στη κλίμακα αυτή σκορ μικρότερο ή ίσο του 2 τότε θεωρούνταν μη ικανοί για βάδιση μόνοι τους, ενώ αν είχαν σκορ μεγαλύτερο του 2 τότε θεωρούνταν ικανοί με βάση τη μελέτη του [Fujii και συνεργατών \(2020\)](#). Τελικά, βρέθηκε πως η χρήση ρυθμικών ακουστικών ερεθισμάτων μουσικής μορφής επέφεραν σημαντικές βελτιώσεις στην επίδοση στη δοκιμασία Tinetti, στη ταχύτητα βάδισης, και στη δοκιμασία Timed Up & Go Test.

Σε μία μελέτη του [Yuri Cha και συνεργατών \(2014\)](#) εξετάστηκε η επιρροή των διαφόρων ρυθμών ακουστικών ερεθισμάτων στη βάδιση των συμμετεχόντων. Όλοι οι συμμετέχοντες ήταν επιζώντες εγκεφαλικού επεισοδίου. Εξετάστηκαν παράμετροι όπως η ταχύτητα βάδισης, το μήκος διασκελισμού της επηρεασμένης και μη επηρεασμένης πλευράς, το ποσοστό στήριξης και στα δύο πόδια και η συμμετρία της βάδισης. Οι εξεταζόμενοι έπρεπε να περπατήσουν αρχικά με τη ταχύτητα με την οποία αισθάνονταν άνετα χωρίς τη χρήση ρυθμικών ακουστικών ερεθισμάτων. Στη συνέχεια με βάση αυτή τη ταχύτητα υπολογίστηκαν οι 4 συνθήκες βάδισης. Αυτές ήταν -10%,

0%, +10% και τέλος +20% της αρχικής ταχύτητας. Σε όλες τις συνθήκες χρησιμοποιήθηκαν ρυθμικά ακουστικά ερεθίσματα. Τα αποτελέσματα της μελέτης φαίνονται αναλυτικά στον [Πίνακα 2.1](#). Με βάση αυτά, η χρήση ρυθμικών ακουστικών ερεθισμάτων είχε σημαντικές επιρροές στη βάρδιση των συμμετεχόντων και θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν αναμφισβήτητα ως μία θεραπευτική μέθοδος με βάση το συγγραφέα.

**Πίνακας 2.1.** Αποτελέσματα της μελέτης των [Yuri Cha και συνεργατών \(2014\)](#).

Παράγοντες	Αρχικές				
	Τιμές	-10%	0%	10%	20%
Ταχύτητα Βάρδισης (cm/sec)	42.1 ± 23.3	35.6±19.5	41.3±23.2	46.3±25.5	51.0±28.4
Ρυθμός Βάρδισης (Βήματα/ λεπτό)	76.5 ± 19.8	70.8±20.6	77.1±22.0	83.6±22.4	88.4±23.1
Μήκος Διασκελισμού επηρεασμένης πλευράς (cm)	63.2 ± 21.6	59.4±18.9	63.5±20.8	65.2±22.9	67.9±25.1
Μήκος διασκελισμού μη επηρεασμένης πλευράς (cm)	63.6 ± 21.3	59.2±18.7	62.9±20.3	65.0±22.9	66.6±24.3
Ποσοστό στήριξης και στα δύο πόδια (% ανά κύκλο)	39.2 ± 11.9	41.6±10.6	38.2±10.4	38.6±11.8	36.5±12.2
Συμμετρία Βάρδισης (%)	1.4 ± 1.1	1.2±0.8	1.0±0.6	1.3±0.7	1.3±0.9

## 2.5. Αυτισμός

Τα ρυθμικά ακουστικά ερεθίσματα μπορούν να βελτιώσουν τη ποιότητα ζωής των ατόμων που πάσχουν από αυτισμό. Πιο συγκεκριμένα σε μία μελέτη της [Shemy και συνεργατών \(2018\)](#) εξετάστηκαν 30 παιδιά που έπασχαν από αυτισμό. Χρησιμοποιήθηκαν δύο γκρουπ για τη μελέτη. Ένα που έκανε μόνο φυσιοθεραπεία για τη καταπολέμηση των κινητικών δυσκολιών που προκαλεί ο αυτισμός (Ομάδα Ελέγχου) και ένα που έκανε φυσιοθεραπεία και προπόνηση βάρδισης σε συνδυασμό με ακουστικά ερεθίσματα, ασκήσεις ενδυνάμωσης και ασκήσεις ισορροπίας (Ομάδα Προπόνησης). Εξετάστηκαν παράμετροι όπως ο συντονισμός κατά τη κίνηση, η ταχύτητα βάρδισης, η δύναμη των παιδιών και η ισορροπία. Όλα τα αποτελέσματα είχαν υπολογιστεί με βάση την επίδοση των συμμετεχόντων στις δοκιμασίες Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency 2nd Edition (BOT-2). Οι δοκιμασίες αυτές είναι μία αξιόπιστη και έγκυρη διαδικασία αξιολόγησης των κινητικών δεξιοτήτων παιδιών από 4 έως 21 χρόνια σε ηλικία, με βάση τη συγγραφέα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ξεκάθαρες βελτιώσεις των ικανοτήτων των παιδιών της Ομάδα Προπόνησης σε σχέση με την Ομάδα ελέγχου. Τα αποτελέσματα φαίνονται αναλυτικότερα στον [Πίνακα 2.2](#).

**Πίνακας 2.2.** Αποτελέσματα των δοκιμασιών της κλίμακας BOT-2 στη μελέτη των [Shemy και συνεργατών \(2018\)](#).

Δοκιμασίες	ΟΕ		ΟΠ	
	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑς
Συντονισμός	4 (3–7)	5 (4–8)	5 (3–7)	9 (7–12)
Ταχύτητα Τρεξίματος	4 (3–8)	5 (4–8)	5 (3–7)	9 (6–14)
Ισορροπία	6 (5–9)	7 (6–9)	7 (6–11)	13 (9–17)
Δύναμη	7 (5–8)	8 (7–10)	6 (3–9)	14 (10–17)

## 2.6. Εγκεφαλική Παράλυση

Τα ρυθμικά ακουστικά ερεθίσματα μπορούν επιπροσθέτως, να έχουν οφέλη στη ποιότητα ζωής ατόμων που πάσχουν από εγκεφαλική παράλυση. Σε μία μελέτη της [Kwak και συνεργατών \(2007\)](#) εξετάστηκε η επιρροή των ρυθμικών ακουστικών ερεθισμάτων στη βάδιση παιδιών που έπασχαν από εγκεφαλική παράλυση. Για τη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν τρία γκρουπ. Μία ομάδα ελέγχου (ΟΕ), που έκανε προπόνηση βάδισης με έναν φυσικοθεραπευτή όσο παρακολουθούσε ένας μουσικός θεραπευτής. Ένα άλλο γκρουπ (ΟΠ2), που έκανε προπόνηση βάδισης και με τον φυσικοθεραπευτή και με τον μουσικό θεραπευτή με ταυτόχρονη παρουσία ρυθμικών ακουστικών ερεθισμάτων. Τέλος, υπήρχε άλλο ένα γκρουπ (ΟΠ1) που έκανε προπόνηση βάδισης με το φυσικοθεραπευτή και προπόνηση με τη παρουσία ρυθμικών ακουστικών ερεθισμάτων χωρίς καθοδήγηση από το θεραπευτή μουσικής. Ο μουσικός θεραπευτής μόνο παρακολουθούσε. Παρατηρήθηκαν αυξήσεις στο μήκος διασκελισμού, στη ταχύτητα βάδισης και στη συμμετρία βάδισης όλων των γκρουπ με σημαντικές διαφορές στο γκρουπ, το οποίο είχε καθοδήγηση και από τους δύο θεραπευτές (ΟΠ2). Στο [Πίνακα 2.3](#) φαίνονται τα αποτελέσματα της μελέτης αναλυτικότερα.

**Πίνακας 2.3.** Οι αριθμοί δείχνουν τη βελτίωση % με βάση τις βασικές τιμές στα αποτελέσματα της μελέτης των [Kwak και συνεργατών \(2007\)](#). Όπου ΟΕ, ΟΠ1 και ΟΠ2 σημαίνουν Ομάδα Ελέγχου, Ομάδα με 2 Θεραπευτές και Ομάδα με 1 μόνο Θεραπευτή αντίστοιχα.

	ΟΕ	ΟΠ1	ΟΠ2
Μήκος διασκελισμού	15.8	8	29.48
Ταχύτητα Βάδισης	9.44	15.83	20.73
Συμμετρία Βάδισης	0.91	9.92	16.97

Επιπρόσθετα, όσων αφορά τους ενήλικες που πάσχουν από εγκεφαλική παράλυση, υπάρχει μία μελέτη του [Kim και συνεργατών \(2020\)](#) που εξετάζει την επίδραση των ρυθμικών ακουστικών ερεθισμάτων στη βάδιση αυτής της ομάδας. Αρχικά χρησιμοποιήθηκαν δύο είδη ρυθμικών ακουστικών ερεθισμάτων. Ρυθμικά ακουστικά ερεθίσματα με απλές συγχορδίες και ρυθμικά ακουστικά ερεθίσματα με περίπλοκες συγχορδίες. Άρα, τα ακουστικά ερεθίσματα ήταν μουσικής φύσεως. Οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, όπου στο καθένα χρησιμοποιούνταν ρυθμικά ακουστικά ερεθίσματα ενός είδους από αυτά τα δύο που προαναφέρθηκαν. Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις πριν και μετά τη χρήση των ρυθμικών ακουστικών ερεθισμάτων και εξετάστηκε η επίδραση των ερεθισμάτων σε παραμέτρους όπως η ταχύτητα, τα βήματα ανά λεπτό και το μήκος διασκελισμού. Σε γενικές γραμμές φάνηκε πως τα ρυθμικά ακουστικά ερεθίσματα είχαν πολύ θετικά αποτελέσματα αλλά τα αποτελέσματα αυτά ήταν ανεξάρτητα από τον τύπο συγχορδιών που χρησιμοποιήθηκε, υποδεικνύοντας πως η περιπλοκότητα των συγχορδιών ρυθμικών ακουστικών ερεθισμάτων μουσικής φύσης δεν επηρεάζει τη βάδιση. Τα αποτελέσματα της μελέτης φαίνονται αναλυτικότερα στον [Πίνακα 2.4](#).

**Πίνακας 2.4.** Αποτελέσματα της μελέτης των [Kim και συνεργατών \(2020\)](#). Μέσος όρος των μετρήσεων όλων των συμμετεχόντων.

Παράμετροι	Απλές συγχορδίες (Πριν)	Απλές συγχορδίες (Μετά)	Περίπλοκες συγχορδίες (Πριν)	Περίπλοκες συγχορδίες (Μετά)
Βήματα ανά λεπτό	102.35	104.09	103.05	112.25
Ταχύτητα (m/s)	0.85	0.96	0.77	0.94
Μήκος διασκελισμού (m)	0.99	1.08	0.88	0.98

## 2.7. Τραυματική Εγκεφαλική Βλάβη

Η χρήση των ρυθμικών ακουστικών ερεθισμάτων μπορεί να έχει και οφέλη στη βάδιση πασχόντων από τραυματική εγκεφαλική βλάβη. Σε μία μελέτη της [Hurt και συνεργατών \(1998\)](#), εξετάστηκαν οι επιδράσεις των ρυθμικών ακουστικών ερεθισμάτων στη βάδιση πασχόντων από τραυματική εγκεφαλική βλάβη. Στη μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκαν δύο πειράματα. Στο πρώτο ουσιαστικά εξετάστηκαν οι επιδράσεις των ακουστικών ερεθισμάτων τη στιγμή που χρησιμοποιούνταν και στο δεύτερο εξετάστηκαν οι πιο μακροπρόθεσμες επιδράσεις τους. Όσων αφορά το πρώτο πείραμα, οι συμμετέχοντες έπρεπε να περπατήσουν με το ρυθμό που ένιωθαν άνετα,

χωρίς τη χρήση ρυθμικών ακουστικών ερεθισμάτων. Στη συνέχεια, έπρεπε να περπατήσουν με το ρυθμό που καταγράφηκε κατά τη προηγούμενη διαδικασία με ταυτόχρονη χρήση ρυθμικών ακουστικών ερεθισμάτων τα οποία ήταν μουσικής βάσης. Η επόμενη δοκιμασία του πρώτου πειράματος, είχε να κάνει με τη γρήγορη βάδιση των συμμετεχόντων, οπότε έπρεπε να περπατήσουν με ένα γρήγορο ρυθμό κατά τον οποίο θα έπρεπε να αισθάνονται άνετα. Τέλος, με βάση το ρυθμό τη προηγούμενης διαδικασίας έπρεπε να περπατήσουν με ταυτόχρονη χρήση ρυθμικών ακουστικών ερεθισμάτων μουσικής φύσης, τα οποία ήταν σε συχνότητα υψηλότερη κατά 5% του ρυθμού βάδισης της τρίτης διαδικασίας. Όσον αφορά το δεύτερο πείραμα, οι ίδιοι εξεταζόμενοι έπρεπε να κάνουν προπόνηση γρήγορης και κανονικής βάδισης στο σπίτι τους με ταυτόχρονη χρήση ρυθμικών ακουστικών ερεθισμάτων με τις ίδιες συχνότητες που χρησιμοποιήθηκαν στη πρώτη πειραματική διαδικασία. Η προπόνηση γινόταν κάθε μέρα για 5 εβδομάδες. Οι παράμετροι που εξετάστηκαν και στα δύο πειράματα ήταν η ταχύτητα βάδισης, η συμμετρία βάδισης, το μήκος διασκελισμού και τέλος τα βήματα ανά λεπτό. Τα αποτελέσματα υποστηρίζουν πως η χρήση ρυθμικών ακουστικών ερεθισμάτων είναι μία πολύ καλή θεραπευτική μέθοδος για άτομα που πάσχουν από τραυματική εγκεφαλική βλάβη. Τα αποτελέσματα και των δύο πειραματικών διαδικασιών φαίνονται αναλυτικότερα στον [Πίνακα 2.5](#) και στον [Πίνακα 2.6](#), αντίστοιχα.

## **2.8. Σκλήρυνση Κατά Πλάκας**

Η χρήση ρυθμικών ακουστικών ερεθισμάτων μπορεί να είναι αποτελεσματική και για τη καταπολέμηση των συμπτωμάτων της σκλήρυνσης κατά πλάκας. Σε μία μελέτη του [Shahraki και των συνεργατών \(2017\)](#) εξετάστηκαν οι επιδράσεις ενός προγράμματος προπόνησης βάδισης συνοδευόμενο από τη χρήση ρυθμικών ακουστικών ερεθισμάτων, τα οποία είχαν τη μορφή μετρονόμου, σε άτομα που έπασχαν από σκλήρυνση κατά πλάκας. Το πρόγραμμα είχε διάρκεια τρεις εβδομάδες και η συχνότητα των προπονήσεων ήταν τρεις φορές ανά εβδομάδα. Για κάθε προπόνηση χρησιμοποιούταν ένας σταθερός ρυθμός ο οποίος αντιστοιχούσε στο ρυθμό κατά τον οποίο το κάθε άτομο ένιωθε άνετα να περπατάει αυξημένο κατά 10%. Βεβαίως, υπήρχε και μία ομάδα ελέγχου η οποία απλά συνέχιζε τη χορηγημένη φαρμακευτική αγωγή χωρίς να συμμετέχει σε προπονήσεις βάδισης. Οι παράμετροι που εξετάστηκαν ήταν η ταχύτητα βάδισης, η διάρκεια διπλής στήριξης, το μήκος και η διάρκεια διασκελισμού και τέλος τα βήματα ανά λεπτό. Τα αποτελέσματα

υποδεικνύουν πως η χρήση ρυθμικών ακουστικών ερεθισμάτων μπορεί να είναι πολύ αποτελεσματική σε μία θεραπευτική μέθοδο για ανθρώπους που πάσχουν από σκλήρυνση κατά πλάκας. Τα αποτελέσματα της μελέτης φαίνονται αναλυτικότερα στον Πίνακα 2.7.

**Πίνακας 2.5.** Αποτελέσματα της μελέτης του [Hurt και συνεργατών \(1998\)](#) για τη βραχυπρόθεσμη (πάνω τμήμα πίνακα) και μακροπρόθεσμη (κάτω τμήμα πίνακα) επίδραση των ρυθμικών ακουστικών ερεθισμάτων (PAE) στη βάδιση. Μέσος όρος των εξεταζόμενων μεταβλητών βάδισης σε κάθε συνθήκη.

Παράμετροι	Κανονική βάδιση			Γρήγορη βάδιση		
	Χωρίς PAE	Με PAE	Αλλαγή (%)	Χωρίς PAE	Με PAE	Αλλαγή (%)
<b>Βραχυπρόθεσμη Επίδραση PAE (αμέσως μετά τη δοκιμασία)</b>						
Ταχύτητα (cm/s)	41.78	45.66	+18	64.90	62.88	-6
Ρυθμός βάδισης (βήματα / λεπτό)	86.69	91.35	+8	105.86	105.18	-2
Μήκος διασκελισμού (m)	0.94	0.97	+7	1.18	1.15	-2
Συμμετρία βάδισης (λόγος)	0.79	0.87	+18	0.78	0.83	+28
<b>Μακροπρόθεσμη Επίδραση PAE (μετά από παρέμβαση 3 εβδομάδων)</b>						
Ταχύτητα (cm/s)	38.28	57.64	+50	65.20	82.24	+33
Ρυθμός βάδισης (βήματα / λεπτό)	85.70	98.28	+15	108.54	112.12	+2
Μήκος διασκελισμού (m)	0.89	1.13	+29	1.15	1.28	+18
Συμμετρία βάδιση (λόγος)	0.78	0.83	+12	0.76	0.86	+13

**Πίνακας 2.7.** Αποτελέσματα μελέτης του [Shahraki και συνεργατών \(2017\)](#). Μέσος όρος των εξεταζόμενων μεταβλητών βάδισης σε κάθε συνθήκη ανά πειραματική ομάδα

Παράμετροι	ΟΠ		ΟΕ	
	ΠΡIN	ΜΕΤΑ	ΠΡIN	ΜΕΤΑ
Μήκος Διασκελισμού (m)	0.58	0.97	0.75	0.81
Διάρκεια Διασκελισμού (s)	1.65	1.13	1.32	1.33
Διάρκεια διπλής στήριξης (s)	0.41	0.19	0.28	0.26
Ρυθμός βάδισης (βήματα/λεπτό)	73.79	109.54	91.69	93.05
Ταχύτητα Βάδισης (m/s)	0.38	0.90	0.57	0.64

## Κεφάλαιο III

### Συζήτηση - Συμπεράσματα

#### 3.1. Πιθανοί Μηχανισμοί Λειτουργίας Ερεθισμάτων

Υπάρχουν πολλές μελέτες αναφερόμενες στην επιρροή των ρυθμικών ακουστικών ερεθισμάτων σε διάφορες πληθυσμιακές ομάδες, είτε πάσχοντες από κάποια κινητική δυσλειτουργία, είτε σε υγιή πληθυσμό. Υπάρχουν όμως λίγες μελέτες που να μελετούν το μηχανισμό που κρύβεται πίσω από τη θετική επιρροή των ερεθισμάτων αυτών.

Ο ακουστικός φλοιός του εγκεφάλου έχει τη δυνατότητα να αναλύει ρυθμικά χαρακτηριστικά, γεγονός που υποστηρίζει τη θεωρία ότι πρέπει να υπάρχουν χωριστά νευρικά δίκτυα, τα οποία λειτουργούν για την επεξεργασία ρυθμικών πληροφοριών (Tecchio, 2000). Υπάρχουν δύο εκδοχές που μπορεί να είναι έγκυρες όσον αφορά την αντίληψη ρυθμικών ερεθισμάτων. Η μία αναφέρει πως η σύνδεση του αυτιού με τον ακουστικό φλοιό του εγκεφάλου πραγματοποιείται με ένα νευρικό «μονοπάτι», το οποίο έχει τη δυνατότητα να αναλύει ρυθμικά χαρακτηριστικά. Άλλη επιστήμονες υποστηρίζουν πως για να γίνει η επεξεργασία των ρυθμικών χαρακτηριστικών ενός ερεθίσματος, το νευρικό αυτό «μονοπάτι», πρέπει συνεργάζεται με τα βασικά γάγγλια, που λειτουργούν ως το εσωτερικό ρολόι που έχει κοινή λειτουργία με το κικκάδιο ρυθμό (Tecchio, 2000). Ωστόσο, δεν αναφέρεται κάτι για τη σύνδεση του ακουστικού φλοιού με το κινητικό στη μελέτη του Tecchio και συνεργατών (2000). Παρά την έλλειψη της αναφοράς στη μελέτη αυτή, η σύνδεση του κινητικού και ακουστικού φλοιού του εγκεφάλου, πρέπει να είναι υπαρκτή. Αυτό εξηγείται από τα αποτελέσματα μελετών που έχουν εξετάσει την επιρροή ακουστικών ερεθισμάτων σε κάποια κίνηση. Επίσης, η παρατήρηση της αντίδρασης των περισσότερων ανθρώπων στο άκουσμα κάποιου δυνατού θορύβου θα μας οδηγούσε στο ίδιο συμπέρασμα. Όσον αφορά την αλληλεπίδραση του ακουστικού φλοιού με το εσωτερικό ρολόι των ανθρώπων είναι μία ενδιαφέρουσα θεωρία η οποία με βάση την ύπαρξη διαφορετικών εκδοχών της, πρέπει να διεξαχθούν περισσότερες μελέτες για καλύτερη κατανόηση.

Υπάρχουν πολλές θεωρίες πίσω από τον εγκεφαλικό μηχανισμό κατά τον οποίο τα ακουστικά ερεθίσματα συμβάλλουν στη βελτίωση της βάρδισης σε πάσχοντες και υγιείς ανθρώπους. Η Schaefer (2014) προσπάθησε να εξηγήσει το μηχανισμό με τρεις πιθανές θεωρίες ως προς τη λειτουργία του. Αρχικά, εξηγεί το μηχανισμό σε μία

συνήθεια. Αναλυτικότερα, αναφέρει πως πιθανώς με την επανάληψη της διαδικασίας βάρδισης με τη χρήση των ακουστικών ερεθισμάτων, η διαδικασία κινητικής μάθησης επιταχύνεται με τη συνεχόμενη επανάληψη της κίνησης οδηγώντας στην αυτοματοποίησή της. Έτσι πραγματοποιούνται πιο συγκεκριμένες κινήσεις και ταχύτερα. Μία άλλη θεωρία της είναι πως η χρήση των ακουστικών ερεθισμάτων συμβάλλει στη σύνδεση των κινητικών και ακουστικών περιοχών του εγκεφάλου ερεθίζοντας τις ταυτόχρονα. Επιπλέον αναφέρει πως η χρήση ρυθμού και μουσικής μπορεί να επηρεάζει τη κίνηση μέσω της γενικής κατάστασης της απόκτησης ρυθμικών ικανοτήτων. Αναλυτικότερα, μαθαίνοντας να καταλαβαίνουμε το ρυθμό της μουσικής, έτσι μπορούμε και να κατανοήσουμε καλύτερα το ρυθμό της βάρδισης, αποκτώντας ρυθμικές δεξιότητες. Τέλος, αναφέρεται πως η θεραπεία κινητικών δυσλειτουργιών μπορεί να είναι αποτελεσματικότερη με τη χρήση ακουστικών ερεθισμάτων, καθώς αυτά παρέχουν παρότρυνση για τους πάσχοντες και καθιστούν τη διαδικασία της θεραπείας λιγότερο επίπονη ψυχικά. Παρά την εξήγηση των μηχανισμών από τη συγγραφέα, αναφέρεται πως αυτοί οι μηχανισμοί είναι υποθετικοί και για αυτό είναι απαραίτητη η διεξαγωγή παραπάνω μελετών για τη κατανόηση του μηχανισμού, που συνδέει τη θετική επίδραση στη βάρδιση των πασχόντων κινητικών δυσλειτουργιών με τη μουσική και το ρυθμό.

### **3.2 Είδος Ακουστικού Ερεθίσματος και Επιρροή στη Βάρδιση**

Τα ακουστικά ερεθίσματα ξέρουμε πως επηρεάζουν τη βάρδιση. Όμως, υπάρχουν κενά όσον αφορά το είδος του ακουστικού ερεθίσματος που θα ήταν πιο αποτελεσματικό. Σε πολλές μελέτες χρησιμοποιείται μετρονόμος ως πηγή των ερεθισμάτων και σε άλλες χρησιμοποιείται μουσική. Υπάρχει κάποια διαφορά στην επιρροή στη βάρδιση μεταξύ αυτών των δύο;

Κοιτάζοντας τα αποτελέσματα των ερευνών που μελετήθηκαν για την εργασία θα παρατηρηθεί πως στις μελέτες που χρησιμοποιήθηκε μουσική, δε φαίνεται να υπάρχει διαφορά ως προς την αύξηση κάποιου χαρακτηριστικού σε σχέση με το μετρονόμο. Υπάρχουν όμως μελέτες που χρησιμοποιούν διάφορα είδη ακουστικών ερεθισμάτων για να εξετάσουν τέτοιου είδους διαφορές. Σε μία μελέτη της [Roberts και των συνεργατών της \(2021\)](#), εξετάστηκε αν η μουσική που απολαμβάνεται περισσότερο από τους συμμετέχοντες επηρεάζει τη βάρδιση περισσότερο από μουσική περισσότερο από μουσική που δεν απολαμβάνεται σε άτομα με αυτισμό. Τα



αποτελέσματα έδειξαν πως δεν υπήρξαν διαφορές σε άτομα με αυτισμό. Ωστόσο, δε μπορούμε να απορρίψουμε πως είναι πιθανό να υπάρχουν διαφορές σε άτομα με διαφορετική κινητική δυσλειτουργία. Σε μελέτη της [Kim και συνεργατών \(2020\)](#), φάνηκε πως σε άτομα με εγκεφαλική παράλυση, μουσική με περίπλοκες συγχορδίες ήταν αποτελεσματικότερη από αντίστοιχη με απλές συγχορδίες. Συμπερασματικά, χρειάζεται να ελεγχθεί και αν υπάρχουν διαφορές μεταξύ μουσικών ερεθισμάτων και ερεθισμάτων που προέρχονται από μετρονόμο και να εξεταστεί η αποτελεσματικότητα των κάθε είδους ακουστικού ερεθίσματος σε μία συγκεκριμένη νόσο που προκαλεί κινητικές δυσλειτουργίες.

### **3.3 Συμπεράσματα**

Εν κατακλείδι, τα ρυθμικά ακουστικά ερεθίσματα που προέρχονται, είτε από μετρονόμο, είτε μουσικού είδους, επηρεάζουν θετικά το μήκος διασκελισμού, τη ταχύτητα βάδισης, τη συχνότητα βάδισης, τη συμμετρία βάδισης και τη μονοποδική στήριξη κατά τη βάδιση στις παθήσεις που εξετάστηκαν αλλά και σε υγιείς ανθρώπους. Ωστόσο, χρειάζεται να γίνουν περισσότερες μελέτες, για να μπορέσουμε να διακρίνουμε κάποιο είδος ακουστικού ερεθίσματος, ως το πιο αποτελεσματικό στη θεραπεία δυσλειτουργικής βάδισης, και το μηχανισμό κατά τον οποίο αυτό συμβάλλει.

### **Βιβλιογραφικές Αναφορές**

- American Psychiatric Association (2013). Diagnostic and statistical manual of mental disorders, 5th ed. <https://psycnet.apa.org/record/2013-14907-000>
- Amy, G., Cheryl, B., (2017). Stroke epidemiology and risk factor management. *Continuum* 23(1), 15–39. <http://journals.lww.com/continuum>
- Ashley, M. J., & Krych, D. K. (1995). Traumatic brain injury rehabilitation. *New York, CRC Press, Inc.* <https://academic.oup.com/jmt/article/35/4/228/865927>
- Auksztulewicz, R., Myers, N.-E., Schnupp, J.-W., & Nobre, A.-C., (2019). Rhythmic temporal expectation boosts neural activity by increasing neural gain. *The Journal of Neuroscience*, 39(49), 9806–9817. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0925-19.2019>
- Baird, G., Cass, H., Slonims, V., (2003). Diagnosis of autism. *BMJ* 327, 488-93. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12946972/>

- Braunlich, K., Seger, C.-A., Jentink, K.-G., Buard, I., Kluger, B.-M. & Thaut, M.-H., (2019). Rhythmic auditory cues shape neural network recruitment in Parkinson's disease during repetitive motor behavior. *European Journal of Neuroscience*, 49(6), 849–858. doi,10.1111/ejn.14227
- Calabrò, R.-S., Naro, A., Filoni, S., Pullia, M., Billeri, L., Tomasello, P., Portaro, S., Di Lorenzo, G., Tomaino, C. & Bramanti, P., (2019). Walking to your right music, a randomized controlled trial on the novel use of treadmill plus music in Parkinson's disease. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 16, 68. <https://doi.org/10.1186/s12984-019-0533-9>
- Canbek, J., Fulk, G., Nof, L., Echternach, J., (2013). Test-Retest reliability and construct validity of the Tinetti performance-oriented mobility assessment in people with stroke. *Journal of Neurologic Physical Therapy* 37(1), 14-19. DOI:10.1097/NPT.0b013e318283ffcc
- Capato, T., T., C., De Vries, N., M., IntHout, J., Barbos, E., R., Nonnekes, J., Bloem, B., R., (2019). Multimodal balance training supported by rhythmical auditory stimuli in Parkinson's disease: A randomized clinical trial. *Journal of Parkinson's Disease*, 10, 333–346. DOI: [10.3233/JPD-191752](https://doi.org/10.3233/JPD-191752)
- Cha, Y., Kim, Y., Chung, Y., (2014). Immediate effects of rhythmic auditory stimulation with tempo changes on gait in stroke patients. *Journal of Physical Therapy Science*, 26, 479–482. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>
- Chang, Y.-U., Lee, Y.-Y., Wu, R.-M., Yang, Y.-R., Luh, J.-J., (2019). Effects of rhythmic auditory cueing on stepping in place in patients with Parkinson's disease. *Medicine* 98, 45. <https://dx.doi.org/10.1097/MD.00000000000017874>
- Dewan M-C, Rattani A, Gupta S, Baticulon R-E, Hung Y-C, Panchak M., Agrawal A., Adeleye A-O, Shrimel M-G, Rubiano A-M, Rosenfeld J-V, & Park K-B (2018). Estimating the global incidence of traumatic brain injury. *Journal Neurosurgery*, DOI:10.3171/2017.10.JNS17352.
- Díaz, C., Zarco, L., A., Rivera, D., M., (2019). Highly active multiple sclerosis: An update. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*, 30, 215-224. <https://doi.org/10.1016/j.msard.2019.01.039>

- E. Ray Dorsey, Todd Sherer, Michael S. Okun & Bastiaan R. Bloem, (2018). The emerging evidence of the Parkinson pandemic. *Journal of Parkinson's Disease* 8 S3–S8. DOI 10.3233/JPD-181474
- Ervin Sejdic, Yingying Fu, Alison Pak, Jillian A. Fairley, Tom Chau, (2012). The effects of rhythmic sensory cues on the temporal dynamics of human gait. *PLOS ONE* 7(8). doi,10.1371/journal.pone.0043104
- Fujii, R., Sugawara, H., Ishikawa, M., Fujiwara, T., (2020). Effects of different orthoses used for gait training on gait function among patients with subacute stroke. *Progress in Rehabilitation Medicine*, 20200023. DOI:10.2490/prm.20200023
- Galea, C., & Morgan, C., & Fahey, M., & Finch-Edmondson, M., & Novak, I., & Hines, A., & Langdon, K., & Mc Namara, M., & CB Paton, M., & Popat, H., & Shore, B., & Khami, A., & Stanton, E., & Finemore, O., P., & Tricks, A., & Te Velde, A., & Dark, L., & Morton, N., & Badawi, N., (2020). State of the evidence traffic lights 2019: Systematic review of interventions for preventing and treating children with cerebral palsy. *Current Neurology and Neuroscience Reports* 20: 3. <https://doi.org/10.1007/s11910-020-1022-z>
- Ghai, S., (2018). Effects of real-time (sonification) and rhythmic auditory stimuli on recovering arm function post stroke: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Nuerology*, 9:488. doi: 10.3389/fneur.2018.00488
- Ghai, S., Ghai, I., (2018). Effects of rhythmic auditory cueing in gait rehabilitation for multiple sclerosis: A mini systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Neurology*, doi: 10.3389/fneur.2018.00386
- Ghai, S., Ghai, I., (2019). Effects of (music-based) rhythmic auditory cueing training on gait and posture post-stroke: A systematic review & dose-response meta-analysis. *Scientific Reports* 9:2183. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-38723-3>
- Ghai, S., Ghai, I., Schmitz, G., & Efenberg, A.-O., (2018). Effect of rhythmic auditory cueing on parkinsonian gait: A systematic review and meta-analysis. *Scientific Reports* 8:506. DOI:10.1038/s41598-017-16232-5

- Haarbauer-Krupa, J., Pugh, M.-J., Prager, E.-M., Harmon, N., Wolfe, J., Yaffe, K., (2021). Epidemiology of chronic effects of traumatic brain injury. *J Neurotrauma*, 38(23): 3235–3247. doi:10.1089/neu.2021.0062.
- Hafsteinsdóttir, T.B., Rensink, M., Schuurmans, (2014). Clinimetric properties of the Timed Up and Go Test for patients with stroke: A systematic review. *Top. Stroke Rehabilitation*, 21, 197–210. <https://doi.org/10.1310/tsr2103-197>
- Heesen C, Bohm J, Reich C, (2008). Patient perception of bodily functions in multiple sclerosis: gait and visual function are the most valuable. *Multiple Sclerosis*. 14:988–991. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28255373/>
- Hoelling-Gonzalez, S., Bertran-Noguer, C., Reig-Garcia, G., & Suñer-Soler, R., (2021). Effects of a music-based rhythmic auditory stimulation on gait and balance in subacute stroke. *International Journal of Environmental Research*. 18, 2032. [doi.org/10.3390/ijerph18042032](https://doi.org/10.3390/ijerph18042032)
- Hurt, C., P., Rice, R., R., McIntosh, G., C., Thaut, M., H., (1998). Rhythmic auditory stimulation in gait training for patients with traumatic brain injury. *Journal of Music Therapy* 228-241. <https://academic.oup.com/jmt/article/35/4/228/865927>
- Kaur, M., Srinivasan, S.-M., Bhat, A.-N., (2018). Comparing motor performance, praxis, coordination, and interpersonal synchrony between children with and without Autism Spectrum Disorder (ASD). *Research in Developmental Disabilities* 72, 79-95. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2017.10.025>
- Kim, S., J., Yoo, G., E., Shin, Y.-K., & Cho, S.-R., (2020). Gait training for adults with cerebral palsy following harmonic modification in rhythmic auditory stimulation. *Annals of the New York Academy of Sciences* ISSN 0077-8923. doi: 10.1111/nyas.14306
- Knight, E., J., Oakes, L., Hyman, S., L., Freedman, E., G., Foxe, J., J., (2020). Individuals with autism have no detectable deficit in neural markers of prediction error when presented with auditory rhythms of varied temporal complexity. *Autism Research*. 13(12): 2058–2072. doi:10.1002/aur.2362

- Kwak, E., E., (2007). Effect of rhythmic auditory stimulation on gait performance in children with spastic cerebral palsy. *Journal of Music Therapy*, (3), 198-216. <https://academic.oup.com/jmt/article/44/3/198/95499>
- Lustenberger, C. Patel, Y., A., Alagapan, S., Page, J., M., Price, B., Boyle, M., R., and Frohlich, F. (2018). High-density EEG characterization of brain responses to auditory rhythmic stimuli during wakefulness and NREM sleep. *Neuroimage* 169: 57–68. [doi:10.1016/j.neuroimage](https://doi.org/10.1016/j.neuroimage)
- Mehrholz, J., Wagner, K., Rutte, K., Meißner, D., Pohl, M., (2007). Predictive validity and responsiveness of the functional ambulation category in hemiparetic patients after stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation.*, 88, 1314-1319. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.06.764>
- Miller, E. & Bachrach, S. J. (2006). Cerebral palsy: A complete guide for caregiving (2nd ed.). Baltimore. London: The Johns Hopkins Press Ltd. . <https://academic.oup.com/jmt/article/44/3/198/95499>
- Mizuta, N., Hasui, N., Nishi, Y., Higa, Y., Matsunaga, A., Deguchi, J., Yamamoto, Y., Nakatani, T., Taguchi, J., Morioka, S., (2022). Association between temporal asymmetry and muscle synergy during walking with rhythmic auditory cueing in survivors of stroke living with Impairments. *Archives of Rehabilitation Research and Clinical Translation* 4, 100187. <https://doi.org/10.1016/j.arrct.2022.100187>
- Mozaffarian D, Benjamin EJ, Go AS, (2016). Heart disease and stroke statistics update. *American Heart Association. Circulation* ;133(4):e38Ye60. [doi:10.1161/CIR.0000000000000350](https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000350)
- Peters, C., M., Glazebrook, C., M., (2021). Rhythmic and non-rhythmic auditory precues: Multiple mechanisms mediating movement performance. *Human Movement Science*, 79 102846. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2021.102846>
- Reich D.-S., Lucchinetti C.-F., Calabresi P.-A., (2018). Multiple sclerosis. *The New England Journal of Medicine.* 378, 169–180. <http://www.nejm.org/doi/10.1056/NEJMra1401483>
- Roberts, B., S., Ready, E., A., Grahn, J., A., (2021). Musical enjoyment does not enhance walking speed in healthy adults during music-based auditory cueing. *Gait & Posture* 89 132–138. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2021.04.008>

- Rutter, M., Silberg, J., O'Connor, T., Simonoff, E., (1999). Genetics and child psychiatry: II empirical research findings. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 40:19-55. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12946972/>
- Schaefer, R.-S., (2014). Auditory rhythmic cueing in movement rehabilitation: findings and possible mechanisms. *Royal Society Publishing*, 369. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2013.0402>
- Sejdić, E., Findlay, B., Mereyc, C., and Chauc, T., (2013). The effects of listening to music or viewing television on human gait. *Computers in Biology Medicine.*, 43(10): 1497–1501. doi:10.1016/j.combiomed.2013.07.019
- Shahraki, M., Sohrabi, M., Torbati, T., Naeimi Kia, N., (2017). Effect of rhythmic auditory stimulation on gait kinematic parameters of patients with multiple sclerosis. *Journal of Medicine and Life* 10,1, 33-37. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28255373/>
- Shemy, S.-A., El-Sayed, M.-S., (2018). The impact of auditory rhythmic cueing on gross motor skills in children with autism. *Journal of Physical Therapy Science* 30: 1063–1068. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>
- Song, J.-H., Zhou, P.-Y., Cao, Z.-H., Ding, Z.-G., Chen, H.-X., Zhang, G.-B., (2015). Rhythmic auditory stimulation with visual stimuli on motor and balance function of patients with Parkinson's disease. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, 19: 2001-2007. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26125261/>
- Taylor, F., (1993). Cerebral palsy: hope through research. *Congenital disorders sourcebook*, 29 119-177. <https://academic.oup.com/jmt/article/44/3/198/95499>
- Tecchio, F., Salustri, C., Thaut, M., H., Pasqualetti, P., Rossini, P., M., (2000). Conscious and preconscious adaptation to rhythmic auditory stimuli: a magnetoencephalographic study of human brain responses. *Experimental Brain Research* 135:222-230. doi: 10.1007/s002210000507
- Terrier, P., (2012). Step-to-Step variability in treadmill walking: Influence of rhythmic auditory cueing. *PLOS ONE* 7 (10). doi:10.1371/journal.pone.0047171

Terrier, P., Dériaz, O., (2013). Non-linear dynamics of human locomotion: effects of rhythmic auditory cueing on local dynamic stability. *Frontiers in Physiology*, 4 230. doi: 10.3389/fphys.2013.00230

Zeltzer, L., McDermott, A., (2010). Berg Balance Scale (BBS). *Stroke Engine*.  
<https://strokengine.ca/en/assessments/berg-balance-scale-bbs/>

Επιπρόσθετα url:

- 1) <https://amp-pd.org/mds-updrs-partIII>
- 2) <https://amp-pd.org/mds-updrs-partII>
- 3) <https://strokengine.ca/en/assessments/berg-balance-scale-bbs>
- 4) <https://www.movementdisorders.org/MDS/MDS-Rating-Scales/MDS-Unified-Parkinsons-Disease-Rating-Scale-MDS-UPDRS.htm>