



ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΝΕΥΡΟΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Διευθυντής ΠΜΣ: Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΥΘΥΜΙΟΣ Γ. ΔΑΡΔΙΩΤΗΣ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία
Ασκήσεις Ισορροπίας στη νόσο Πάρκινσον.

Πετρίδου Ελένη
Φυσικοθεραπεύτρια

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των
απαιτήσεων για την απόκτηση του
Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης
«ΝΕΥΡΟΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ»

Λάρισα, Μάιος 2023



**DEPARTMENT OF MEDICINE
SCHOOL OF HEALTH SCIENCES
UNIVERSITY OF THESSALY**



**POSTGRADUATE PROGRAM
NEUROREHABILITATION**

**Director of the Postgraduate Program: Associate professor EFTHIMIOS G.
DARDIOTIS**

POSTGRADUATE THESIS

Balance exercises for Parkinson's Disease.

**Petridou Eleni
Physical Therapist**

Submitted for partial completion of
requirements in order to obtain the
Master of Science Degree on
«NEUROREHABILITATION»

Larisa, May 2023

«Βεβαιώνω ότι η παρούσα διπλωματική εργασία είναι αποτέλεσμα δικής μου δουλειάς και δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής. Στις δημοσιευμένες ή μη δημοσιευμένες πηγές έχω χρησιμοποιήσει εισαγωγικά και όπου απαιτείται έχω παραθέσει της πηγές τους στο τμήμα της βιβλιογραφίας:

Υπογραφή
Πετρίδου Ελένη

ΠΕΤΡΙΔΟΥ ΕΛΕΝΗ

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Επιστημών Υγείας, Τμήμα Ιατρικής, 2023

ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΕΥΘΥΜΙΟΣ Γ. ΔΑΡΔΙΩΤΗΣ ΑΝΑΠΛ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΝΕΥΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Επιβλέπων:

κ. Δαρδιώτης Ευθύμιος, Αναπληρωτής καθηγητής Νευρολογίας Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή:

1. κ. Δαρδιώτης Ευθύμιος, Αναπληρωτής καθηγητής Νευρολογίας Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
2. κ. Σιώκας Βασίλειος, Διδάκτωρ Ιατρικής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
3. κ. Σγάντζος Μάρκος, Αναπληρωτής καθηγητής Ανατομίας- Ιστορίας της Ιατρικής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Τίτλος εργασίας στα αγγλικά: Balance exercises for Parkinson's Disease.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Φτάνοντας στο πέρας των μεταπτυχιακών μου σπουδών στην «Νευροαποκατάσταση», στο τμήμα Ιατρικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, νιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω όλα τα πρόσωπα που βοήθησαν στην ακαδημαϊκή μου πορεία. Ειδικότερα, τους καθηγητές που με την βαθιά τους γνώση στο αντικείμενο τους, κατάφεραν να μου μεταδώσουν γνώσεις χρήσιμες για την πορεία μου στον κλάδο. Όπως επίσης και το λοιπό προσωπικό του μεταπτυχιακού «Νευροαποκατάστασης» για την οργάνωση του προγράμματος και την άμεση ανταπόκριση τους σε όποιο ζήτημα πρόκυπτε κατά την φοίτησή μου.

Ειδικές ευχαριστίες θα ήθελα να δώσω στον επιβλέποντα καθηγητή μου Αν. Καθηγητή Νευρολογίας κύριο Δαρδιώτη, τον οποίο εκτιμώ βαθύτατα για την επιστημονική του κατάρτιση την οποία προσπαθεί να μας μεταδώσει και για την άψογη συνεργασία και το ενδιαφέρον που έδειξε για την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, πιο συγκεκριμένα τους γονείς μου και τον σύζυγό μου, για την στήριξη που μου παρείχαν κατά την διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών καθώς και για την κατανόηση και συμπαράσταση τους σε όλη τη σπουδαστική μου πορεία.

Πετρίδου Ελένη

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ισορροπία ενός ατόμου αποτελεί απαραίτητο στοιχείο για την μεταφορά, την βάδιση, την ανεξαρτησία και την συμμετοχή στη κοινωνική ζωή. Όταν ένας άνθρωπος διαγιγνώσκεται με την νευροεκφυλιστική νόσο Πάρκινσον παρατηρείται πως εμφανίζει ελλείμματα όσον αφορά την ισορροπία και την βάδιση με αποτέλεσμα να καταλήγει σε πτώσεις οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν σε σοβαρούς τραυματισμούς. Επομένως, είναι απαραίτητο να αξιολογούνται τα παραπάνω ελλείμματα και στην πορεία να υπόκειται ο ασθενής στα κατάλληλα προγράμματα αποκατάστασης, έτσι ώστε να προλαμβάνονται ή να βελτιώνονται από τα πρώτα κιόλας σημάδια εμφάνισής τους.

Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική εργασία αποτελεί μια βιβλιογραφική ανασκόπηση όσον αφορά τις ασκήσεις βελτίωσης της ισορροπίας στη νόσο Πάρκινσον. Στην αναζήτηση των επιστημόνων για βελτίωση των κινητικών ελλειμμάτων πέραν της φαρμακολογικής αντιμετώπισης διαπιστώθηκε πως η άσκηση αποτελεί ένας χρήσιμο εργαλείο, το οποίο είναι σκόπιμο να ερευνηθεί περαιτέρω ώστε να έχουν οι ασθενείς ένα βέλτιστο πρόγραμμα αποκατάστασης των ελλειμμάτων που προκύπτουν στην νόσο Πάρκινσον. Παρατηρήθηκε λοιπόν, πως η άσκηση αποτελεί κατ' επέκταση σημαντικό εργαλείο αποκατάστασης προκειμένου να μειωθούν οι πτώσεις και να αυξηθεί η συμμετοχή του ατόμου στην καθημερινή ζωή χωρίς φόβο.

Λέξεις-κλειδιά: ασκήσεις ισορροπίας, Νόσος Πάρκινσον, αξιολόγηση ισορροπίας

ABSTRACT

A person's balance is essential for transportation, walking, independence and participation in social life. When a person is diagnosed with the neurodegenerative Parkinson's disease, they are observed to have deficits in balance and walking, resulting in falls that can lead to serious injuries. Therefore, it is necessary to evaluate the above deficits and, in the process, to subject the patient to the appropriate rehabilitation programs, so that they are prevented or improved from the very first signs of their appearance.

This Master's Thesis is a literature review regarding exercises to improve balance in Parkinson's disease. In the search of scientists to improve motor deficits beyond pharmacological treatment, it was found that exercise is a useful tool, which should be further investigated so that patients have an optimal rehabilitation program for the deficits that arise in Parkinson's disease. It was therefore observed that exercise is by extension an important rehabilitation tool in order to reduce falls and increase the individual's participation in daily life without fear.

Key-words: balance exercises, Parkinson's disease, balance evaluation

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	5
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ABSTRACT	7
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	11
ΝΟΣΟΣ ΠΑΡΚΙΝΣΟΝ	11
1.1 Νευρολογία	11
1.1.1 Η παραγωγή της κίνησης	11
1.1.2 Ο ρόλος των νευροδιαβιβαστών	11
1.2 Νόσος Πάρκινσον	11
1.2.1 Ορισμός	11
1.2.2 Αιτιολογία	12
1.2.3 Επιδημιολογία	12
1.2.4 Τύποι νόσου Πάρκινσον	12
1.2.5 Συμπτώματα- Κλινική εικόνα	14
1.2.6 Διάγνωση και Πρόγνωση	15
1.2.7 Θεραπεία	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	19
ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ	19
2.1 Ισορροπία	19
2.1.1 Γενικά χαρακτηριστικά ισορροπίας	19
2.1.2 Ισορροπία και στατικός έλεγχος στη Νόσο Πάρκινσον	20
2.1.3 Αξιολόγηση της ισορροπίας	22
2.2 Βάδιση	27
2.2.1 Ισορροπία και βάδιση	27
2.2.2 Βάδιση στη Νόσο Πάρκινσον	28

2.3 Πτώσεις.....	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	32
ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ.....	32
3.1 Βελτίωση ισορροπίας.....	32
3.1.1 Φυσικοθεραπεία και άσκηση στη Νόσο Πάρκινσον	32
3.1.2 Κινητική Μάθηση στη Νόσο Πάρκινσον	34
3.2 Μορφές άσκησης για βελτίωση της ισορροπίας	35
3.2.1 Προπόνηση βάδισης με συνθήματα (Cueing).....	36
3.2.2 Γρήγορο περπάτημα.....	37
3.2.3 Περπάτημα Nordic	38
3.2.4 Εκπαίδευση βάδισης με διάδρομο	40
3.2.5 Εκπαίδευση ισορροπίας.....	41
3.2.6 Προοδευτικές ασκήσεις αντίστασης.....	43
3.2.7 Εικονική πραγματικότητα	44
3.2.8 Tai-chi.....	47
3.2.9 Χορός.....	48
3.2.10 Άλλες ασκήσεις.....	49
3.3 Μελλοντικές κατευθύνσεις	56
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	58
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	60

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η νόσος του Πάρκινσον (ΝΠ) είναι η δεύτερη πιο συχνή νευροεκφυλιστική διαταραχή, η οποία επηρεάζει περίπου δέκα εκατομμύρια ανθρώπους παγκοσμίως και τυπικά εμφανίζεται γύρω στην ηλικία των 60 ετών. Η υποκείμενη αιτία της είναι άγνωστη, αλλά σύνθετες αλληλεπιδράσεις μεταξύ της γήρανσης, των γενετικών και των περιβαλλοντικών παραγόντων συμβάλλουν. Δεν υπάρχει θεραπεία για την ΝΠ, αλλά υπάρχουν διαθέσιμες θεραπείες για ανακούφιση των συμπτωμάτων και οι ερευνητικές προσπάθειες επικεντρώνονται στη νευροπροστασία. Η ΝΠ αναγνωρίζεται από τα κινητικά της ελλείμματα, όπως η βραδύτητα, η δυσκαμψία, ο τρόμος και τα προβλήματα βάδισης. (Goldman and Holden, 2022) Για την αντιμετώπιση των κινητικών ελλειμμάτων της νόσου χρησιμοποιείται φαρμακολογική θεραπεία, μη φαρμακολογική θεραπεία όπως η φυσικοθεραπεία και η άσκηση καθώς και ο συνδυασμός τους.

Ένα από τα βασικά κινητικά ελλείμματα που αναφέρουν οι περισσότεροι ασθενείς οι οποίοι πάσχουν από Νόσο Πάρκινσον είναι η μειωμένη ισορροπία. Η αστάθεια προκαλείται κυρίως από την διαταραχή των στατικών αντανασκλαστικών και αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα κινητικά προβλήματα επειδή οδηγεί στο 1/3 των πτώσεων των ασθενών. Καθώς, λοιπόν, οι πτώσεις οδηγούν σε πτωχότερη πρόγνωση και χειρότερη ποιότητα ζωής κρίνεται απαραίτητη η βελτίωση της ισορροπίας.

Ένας σύγχρονος και αποτελεσματικός τρόπος θεραπείας για βελτίωση κινητικών ελλειμμάτων είναι η άσκηση. Η άσκηση αυξάνει τη συναπτική δύναμη και επηρεάζει τη νευροδιαβίβαση, ενισχύοντας έτσι τα λειτουργικά κυκλώματα στην ΝΠ. Επιπλέον, η άσκηση είναι βασικό στοιχείο της κινητικής μάθησης. Οι ασθενείς με ΝΠ διατηρούν επαρκή ικανότητα κινητικής μάθησης, αν και τα ποσοστά μάθησης και η απόδοση είναι μειωμένα σε σύγκριση με τους υγιείς πληθυσμούς. Πρόσφατες μετα-αναλύσεις έδειξαν ότι η αποκατάσταση θα μπορούσε να προκαλέσει βραχυχρόνια, αλλά κλινικά σημαντικά οφέλη, ιδιαίτερα για την βάδιση και την ισορροπία. (Feng et al., 2020)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΝΟΣΟΣ ΠΑΡΚΙΝΣΟΝ

1.1 Νευρολογία

Βασικό κριτήριο για να κατανοήσει κανείς τα κινητικά ελλείμματα και ειδικότερα τα ελλείμματα της ισορροπίας στην νόσο Πάρκινσον είναι να αναγνωρίζει τις δομές του εγκεφάλου και ο τρόπος που επιδρά η νόσος σε αυτές. Επομένως, στις παρακάτω ενότητες παρατίθενται οι απαραίτητες πληροφορίες για την κατανόηση του τρόπου επίδρασης της νόσου στο ανθρώπινο σώμα.

1.1.1 Η παραγωγή της κίνησης

Όλα τα ερεθίσματα της κίνησης παράγονται στον κινητικό φλοιό. Τα βασικά γάγγλια και η παρεγκεφαλίδα είναι υπεύθυνα για την παραγωγή ομαλής και οργανωμένης κίνησης του σώματος. Τα βασικά γάγγλια περιλαμβάνουν το ραβδωτό σώμα, την ωχρά σφαίρα, τον υποθαλαμικό πυρήνα και τη μέλαινα ουσία, καθώς επίσης ενεργοποιούν και αναστέλλουν συγκεκριμένα κινητικά κυκλώματα. Τα παραπάνω σύνολα νευρών συνδέονται μεταξύ τους με σύνθετα κυκλώματα ανατροφοδότησης και επικοινωνούν με τον κινητικό φλοιό και το θάλαμο.

1.1.2 Ο ρόλος των νευροδιαβιβαστών

Η ντοπαμίνη είναι ένας νευροδιαβιβαστής που βρίσκεται στον εγκέφαλο και είναι υπεύθυνος για τη μεταβίβαση των ηλεκτρικών ώσεων από το ένα νευρικό κύτταρο στο άλλο μέσω ενός μικροσκοπικού χάσματος που καλείται νευρική σύναψη. Η δράση της ντοπαμίνης ανταγωνίζεται τη δράση ενός άλλου νευροδιαβιβαστή, της ακετυλοχολίνης. Στη Νόσο του Πάρκινσον υπάρχει ελάχιστη ντοπαμίνη και πάρα πολύ ακετυλοχολίνη. Υπάρχουν, επίσης, αυξημένα επίπεδα ενός ακόμα νευροδιαβιβαστή, του γλουταμινικού.

1.2 Νόσος Πάρκινσον

1.2.1 Ορισμός

Ο Παρκινσονισμός είναι ένα σύνδρομο που χαρακτηρίζεται από ακαμψία, τρόμο και βραδυκίνησία τα οποία συνήθως οφείλονται στη Νόσο Πάρκινσον. Η Νόσος Πάρκινσον χαρακτηρίζεται παθολογικά από την εκφύλιση των ντοπαμινεργικών νευρώνων στη μέλαινα ουσία του μεσεγκεφάλου, που οδηγεί σε παθοφυσιολογικές αλλαγές στο κύκλωμα των βασικών γαγγλίων. (Kalia and Lang, 2016)

1.2.2 Αιτιολογία

Η αιτιολογία την νόσου Πάρκινσον είναι άγνωστη. Είναι πιθανώς αποτέλεσμα πολλών παραγόντων που δρουν μαζί, συμπεριλαμβανομένης της γήρανσης, της γενετικής ευαισθησίας και των περιβαλλοντικών εκθέσεων. Μέχρι σήμερα, τρία γονίδια έχουν βρεθεί ότι σχετίζονται με κληρονομική ΝΠ: α-συνουκλεΐνη, παρκίνη και UCH-L1. (Steece-Collier et al., 2002)

1.2.3 Επιδημιολογία

Μετά την νόσο Alzheimer, η νόσος Πάρκινσον αποτελεί τη δεύτερη συχνότερη νευροεκφυλιστική νόσο επηρεάζοντας γύρω στους 7 εκατομμύρια ανθρώπους στον κόσμο. (Mak and Wong-Yu, 2019) Ο μεγαλύτερος παράγοντας κινδύνου στη Νόσο Πάρκινσον είναι η ηλικία, συγκεκριμένα η γήρανση, με τη συχνότητα να μεγαλώνει εκθετικά από ηλικίες 55 έως 79 ετών. (Driver et al., 2009; Nousia et al., 2020; Siokas et al., 2021a) Η πρόωμη έναρξη της νόσου Πάρκινσον ορίζεται ως η εμφάνιση παρκινσονικών χαρακτηριστικών πριν από την ηλικία των 40 ετών. Αντιπροσωπεύει το 3-5% όλων των περιπτώσεων ΝΠ. Η ΝΠ είναι δύο φορές πιο συχνή στους άνδρες από ότι στις γυναίκες, στους περισσότερους πληθυσμούς. Η παρουσία γενετικών μηχανισμών που σχετίζονται με το φύλο, ή/και διαφορών ανάλογα με το φύλο, στην έκθεση σε περιβαλλοντικούς παράγοντες κινδύνου, μπορεί να εξηγήσει αυτή την ανδρική υπεροχή. (Radhakrishnan and Goyal, 2018; Siokas et al., 2021b; Siokas et al., 2021c)

1.2.4 Τύποι νόσου Πάρκινσον

Όλο και περισσότερα στοιχεία δείχνουν ότι η νόσος Πάρκινσον συνίσταται ετερογενών υποτύπων. Οι υποτύποι έχουν επιπτώσεις στη διάγνωση, την πρόγνωση και την αναμενόμενη ανταπόκριση στη θεραπεία. Η κλινική διάγνωση της νόσου Πάρκινσον βασίζεται σε μεγάλο βαθμό σχετικά με το ιστορικό, τη φυσική εξέταση και τη βελτίωση των συμπτωμάτων και σημείων με ντοπαμινεργική θεραπεία. Η διαφορική διάγνωση αυτής της διαταραχής περιλαμβάνει τη φυσιολογική γήρανση, τον ιδιοπαθή τρόμο, τον παρκινσονισμό που προκαλείται από φάρμακα, τα Σύνδρομα Parkinson-plus, τον αγγειακό παρκινσονισμό και τον υδροκέφαλο κανονικής πίεσης. Αναλυτικότερα:

- Φυσιολογική γήρανση

Ο ορισμός της φυσιολογικής γήρανσης είναι δύσκολος. Παθολογικά, η γήρανση σχετίζεται με την απώλεια μελαγχρωματικών νευρώνων στη μέλαινα ουσία αλλά σε μοτίβο που διαφέρει από αυτό που φαίνεται στη νόσο του Πάρκινσον. Τα ασύμμετρα κινητικά συμπτώματα και ο επιταχυνόμενος ρυθμός εξέλιξης της νόσου Πάρκινσον τη διαφοροποιούν από τη φυσιολογική γήρανση. (McGeer et al., 1977)

- Ιδιοπαθής τρόμος

Ο ιδιοπαθής τρόμος χαρακτηρίζεται από τρόπο ενέργειας ο οποίος παρεμποδίζει μια κίνηση, σε αντίθεση με τον τρόπο ηρεμίας. Τείνει να είναι αμφοτερόπλευρος αλλά μπορεί να είναι ασύμμετρος, και στους μισούς ασθενείς υπάρχει οικογενειακό ιστορικό. Η συχνότητα του ιδιοπαθή τρόμου είναι υψηλότερη (8 Hz) από αυτή της νόσου Πάρκινσον, αλλά μειώνεται με την ηλικία. Σε σοβαρές περιπτώσεις, μπορεί να υπάρχει ιδιοπαθής τρόμος ηρεμίας, κάνοντας τη διαφοροποίησή του από τον παρκινσονικό τρόπο κάπως δύσκολο. (Tarakad and Jankovic, 2018)

- Παρκινσονισμός που προκαλείται από φάρμακα

Ο παρκινσονισμός που προκαλείται από φάρμακα εμφανίζεται συνήθως μετά την έκθεση σε νευροληπτικά φάρμακα. Αντιεμετικοί και προαγωγικοί παράγοντες (προμεθαζίνη, προχλωροπεραζίνη και μετοκλοπραμίδη), ρεζεπίνη, τετραβενάζίνη και κάποιοι αναστολείς στο κανάλι ασβεστίου (φλουναριζίνη και κινναριζίνη) μπορούν επίσης να προκαλέσουν παρκινσονισμό. Τα συμπτώματα είναι συμμετρικά και ο παρκινσονισμός που προκαλείται από φάρμακα υποχωρεί όταν σταματήσει το φάρμακο, αν και αυτό μπορεί να διαρκέσει εβδομάδες έως μήνες. (Jiménez-Jiménez et al., 1997)

- Προοδευτική υπερπυρηνική παράλυση

Στην προοδευτική υπερπυρηνική παράλυση, κυριαρχούν η οφθαλμοκινητική διαταραχή, οι δυσκολίες ομιλίας και κατάποσης, η ανισορροπία με πτώσεις και η μετωπιαία άνοια. Οι ασθενείς έχουν συμμετρική έναρξη παρκινσονισμού, πρόωμη αστάθεια, σοβαρή αξονική ακαμψία, απουσία τρόμου και κακή ανταπόκριση στη ντοπαμινεργική θεραπεία. Η υπερπυρηνική παράλυση βλέμματος είναι καθοριστικό χαρακτηριστικό. Ο βλεφαρόσπασμος και η απραξία ανοίγματος βλεφάρων είναι επίσης χαρακτηριστικά. (Rajput and Rajput, 2001)

- Φλοιοβασικός εκφυλισμός

Ο φλοιοβασικός εκφυλισμός εκδηλώνεται με έντονα ασύμμετρο παρκινσονισμό και φλοιώδη σημεία. Εμφανίζεται ασύμμετρη δυστονία άκρου και απραξία άκρου. Επίσης, μπορεί να είναι παρόν φλοιώδης μυόκλωνος, πρόωμες οφθαλμοκινητικές ανωμαλίες, φλοιοαισθητήρια σημεία και το φαινόμενο του εξωγήινου μέλους. Οι ασθενείς ανταποκρίνονται ελάχιστα στα ντοπαμινεργικά φάρμακα. (Rinne et al., 1994)

- Ατροφία πολλαπλού συστήματος

Η ατροφία πολλαπλών συστημάτων είναι ο τρέχων όρος για την ομαδοποίηση προηγουμένως ξεχωριστών παθήσεων όπως η ελαιο-γεφυρο-παρεγκεφαλιδική ατροφία, σύνδρομο Shy-Drager και ραβδωτό-μέλαινα εκφυλισμό. Παρουσιάζεται με παρκινσονισμό, παρεγκεφαλιδική, αυτόνομη και πυραμιδική δυσλειτουργία σε διάφορους

συνδυασμούς. Παρατηρείται κακή ανταπόκριση στη ντοπαμινεργική θεραπεία. (Gilman et al., 1999)

- Άνοια με σωμάτια Lewy

Η άνοια με σωμάτια Lewy χαρακτηρίζεται από προοδευτικό παρκινσονισμό και πρόωμη άνοια. Αναφέρεται λίγος ή καθόλου τρόμος. Ανιχνεύονται πρόωμα γνωστικά και ψυχικά συμπτώματα. Μπορεί να υπάρχουν ψευδαισθήσεις, διαταραχές στον ύπνο REM, διαταραχή συμπεριφοράς και ψύχωση, ακόμη και πριν από τη ντοπαμινεργική θεραπεία. Οι ασθενείς αυτοί επιδεινώνονται με νευροληπτικά. (McKeith et al., 2000)

- Αγγειακός παρκινσονισμός και Υδροκέφαλο κανονικής πίεσης

Ο αγγειακός παρκινσονισμός αποδίδεται σε πολλαπλά εμφράγματα στα βασικά γάγγλια και στην υποφλοιώδη λευκή ουσία. Η δυσκολία βάδισης είναι ένα τυπικό σύμπτωμα. Ο τρόμος συνήθως απουσιάζει. Η απεικόνιση του εγκεφάλου δείχνει εκτεταμένη νόσο των μικρών αγγείων. Παρατηρείται πιθανή ανταπόκριση στην ντοπαμινεργική θεραπεία με χρήση λεβοντόπα. Υδροκέφαλος φυσιολογικής πίεσης μπορεί να εμφανίζει παρόμοια εικόνα. (Curran and Lang, 1994)

1.2.5 Συμπτώματα- Κλινική εικόνα

Η νόσος Πάρκινσον προκαλεί κινητικά και μη κινητικά συμπτώματα. Τα κινητικά συμπτώματα είναι ο τρόμος, η δυσκαμψία, η βραδύτητα και η ανισορροπία. Τα μη κινητικά συμπτώματα επηρεάζουν πολλά συστήματα όπως το γαστρεντερικό και το ουροποιητικό σύστημα και είναι ετερογενή. Τα άτομα με νόσο Πάρκινσον συνήθως έχουν σταδιακή ανάπτυξη μη κινητικών συμπτωμάτων για χρόνια πριν την εμφάνιση των κινητικών συμπτωμάτων αλλά συχνά δεν αναφέρονται αυτά τα συμπτώματα, εκτός εάν ερωτηθούν συγκεκριμένα. Κάποια από τα μη κινητικά συμπτώματα περιλαμβάνουν διαταραχή συμπεριφοράς ύπνου με γρήγορη κίνηση των ματιών, απώλεια όσφρησης, δυσκοιλιότητα, δυσλειτουργία του ουροποιητικού, ορθοστατική υπόταση, υπερβολική υπνηλία κατά τη διάρκεια της ημέρας και κατάθλιψη. Αυτά τα συμπτώματα δεν είναι απόλυτα συνδεδεμένα με την Νόσο Πάρκινσον αλλά συνδέονται με την εμφάνιση της νόσου. (Berg et al., 2015) Περισσότερο από το 90% των ατόμων με ιδιοπαθή διαταραχή της συμπεριφοράς ύπνου ταχείας κίνησης των ματιών τελικά αναπτύσσουν μια νευροεκφυλιστική νόσο που σχετίζεται με τη συνουκλεΐνη, συνήθως Νόσος Πάρκινσον ή σχετική πάθηση (άνοια με Lewy σώματα, ατροφία πολλαπλών συστημάτων). (Galbiati et al., 2019) Μόλις η νευροπαθολογική εξέλιξη έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια περίπου των μισών κυττάρων στην ουραία μέλαινα ουσία, κινητικά σημεία και συμπτώματα της νόσου Πάρκινσον όπως σταδιακή έναρξη τρόμου ηρεμίας, βραδύτητα και ακαμψία αρχίζουν να εμφανίζονται.

(Fearnley and Lees, 1991) Περίπου το 20% των ατόμων με νόσο του Πάρκινσον δεν παρουσιάζουν τρόμο ηρεμίας. (Hughes et al., 1993)

1.2.6 Διάγνωση και Πρόγνωση

Τα διαγνωστικά σφάλματα είναι κοινά στην καθημερινή πρακτική. Στην κλινική διάγνωση πρώιμου σταδίου εμφάνισης της νόσου του Πάρκινσον, έως και 15% των ατόμων με τη νόσο διαγιγνώσκονται λανθασμένα. (Beach and Adler, 2018) Η παρουσία συννοσηρότητας μπορεί να περιπλέξει τη διαγνωστική διαδικασία. Μια κοινή συννοσηρότητα είναι η παρουσία ταυτόχρονων εγκεφαλικών και αγγειακών βλαβών, οι οποίες εμφανίζονται τακτικά στην απεικόνιση του εγκεφάλου κατά τη διάρκεια διαγνωστικής εξέτασης ρουτίνας. (Ten Harmsen et al., 2018) Αυτές οι βλάβες μπορούν να προκαλέσουν εκδηλώσεις παρόμοιες με συμπτώματα της νόσου Πάρκινσον, όπως διαταραχές βάδισης, γνωστική εξασθένηση ή ακράτεια. Μία ακόμα ειδική συννοσηρότητα είναι η ταυτόχρονη λοίμωξη με SARS-CoV-2, που προκαλεί COVID-19. Τα άτομα με ΝΠ δεν έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα νόσησης αλλά είναι πιο επιρρεπείς σε αναπνευστικές επιπλοκές λόγω του COVID-19. (Santiago et al., 2017)

Τα διαγνωστικά κριτήρια που προτείνει η Movement Disorder Society (MDS) για την Νόσο Πάρκινσον βρίσκονται στον παρακάτω πίνακα (1).

Πίνακας 1

Προσέγγιση τεσσάρων βημάτων για τη διάγνωση της νόσου Πάρκινσον

Βήμα 1: Διαπιστώστε την παρουσία παρκινσονισμού

- Βραδυκινησία συν
- Τρόμος ηρεμίας ή
- Ακαμψία

Βήμα 2: Προσδιορίστε χαρακτηριστικά που υποστηρίζουν τη διάγνωση της ΝΠ

- Αδιαμφισβήτητη και δραματική απάντηση στη λεβοντόπα
- Παρουσία τρόμου ηρεμίας
- Απώλεια όσφρησης
- Άλλο

Βήμα 3: Δεν πρέπει να υπάρχουν απόλυτα κριτήρια αποκλεισμού

- Παρεγκεφαλιδικά σημάδια
- Υπερπυρηνική κάθετη οφθαλμοπληγία

- Θεραπεία του αναστολέα ή της μείωσης των υποδοχέων ντοπαμίνης εντός του περασμένου έτους
- Αισθητήρια σημεία του φλοιού (αγγραφαισθησία, αστερεόγνωση)
- Φυσιολογική λειτουργική απεικόνιση του προσυναπτικού υποδοχέα ντοπαμίνης
- Άλλο

Βήμα 4: Αναζήτηση για κόκκινες σημαίες που θέτουν αμφιβολίες για τη διάγνωση της ΝΠ

- Ταχεία εξέλιξη (χρήση αναπηρικού αμαξιδίου εντός 5 ετών από την έναρξη των συμπτωμάτων)
- Πρώιμες πτώσεις
- Πρώιμη και σοβαρή δυσαρθρία και δυσφαγία
- Πρώιμη αυτόνομη βλάβη
- Διμερής, συμμετρικός παρκινσονισμός
- Απουσία ορισμένων από τα μη κινητικών χαρακτηριστικών που αναμένονται με ΝΠ: διαταραχή συμπεριφοράς ύπνου REM, υποσμία, δυσκοιλιότητα, άγχος, κατάθλιψη

(Postuma et al., 2015)

Όσον αφορά την πρόγνωση της νόσου η βασική κινητική εξασθένηση και η γνωστική εξασθένηση είναι πιθανοί προγνωστικοί παράγοντες για ταχύτερη κινητική έκπτωση και αναπηρία. Η απουσία τρόμου ηρεμίας και η μεγαλύτερη ηλικία φαίνεται να είναι προγνωστικοί παράγοντες αύξησης της αναπηρίας, αλλά υπάρχουν συγκρουόμενα αποτελέσματα για τη σύνδεσή τους με το ρυθμό μεταβολής της κινητικής βλάβης. Το οικογενειακό ιστορικό της ΝΠ δεν φαίνεται να είναι προγνωστικά σημαντικό. Η προγνωστική αξία πολλών άλλων παραγόντων που μελετήθηκαν είναι αβέβαιη λόγω συγκρουόμενων ή μη επιβεβαιωμένων αποτελεσμάτων. (Marras et al., 2002)

1.2.7 Θεραπεία

Η θεραπεία της Νόσου Πάρκινσον αφορά την διαχείριση των κινητικών και μη κινητικών συμπτωμάτων της νόσου. Η φυσικοθεραπεία και η άσκηση αποτελούν χρήσιμα εργαλεία στην αντιμετώπιση συμπτωμάτων την νόσου όμως δεν είναι ξεκάθαρη η χρησιμότητα του καθενός και σε τι βαθμό, το οποίο θα αναλυθεί περισσότερο παρακάτω. Στην κλινική πρακτική συνίσταται η φυσικοθεραπεία και η λογοθεραπεία καθώς και η ομαδική άσκηση σε πληθυσμούς ατόμων με νόσο Πάρκινσον.

Η ιατρική παρέμβαση ξεκινάει όταν τα σημεία και τα συμπτώματα της ΝΠ αρχίζουν να επηρεάζουν σημαντικά την ικανότητα απόδοσης του ασθενούς, τα χόμπι του, και τη συμμετοχή

του σε κοινωνικές δραστηριότητες, καθώς και την εργασία. Λιγότερο προφανείς παράγοντες όπως η αμηχανία από τρόμο, η μειωμένη ικανότητα άσκησης και η παρουσία πόνου ή άγχους θα πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη. Ο βασικός άξονας στη θεραπεία της ΝΠ περιλαμβάνει φάρμακα που ενισχύουν την απελευθέρωση της ντοπαμίνης ή μιμούνται την επίδρασή της στον υποδοχέα ντοπαμίνης. Το πιο αποτελεσματικό φάρμακο είναι η λεβοντόπα σε συνδυασμό με καρβιντόπα, έναν περιφερικό αναστολέα της διάσπασής της για τη μείωση των παρενεργειών και τη μεγιστοποίηση της θεραπευτικής αποτελεσματικότητας. Οι εναλλακτικές λύσεις για την έναρξη με λεβοντόπα περιλαμβάνουν το χρήση αγωνιστών ντοπαμίνης, αναστολέων μονοαμινοξειδάσης Β (MAO-B) και σε ορισμένες περιπτώσεις αντιχολινεργικών. (Fox et al., 2018)

Λοιπές παρεμβατικές θεραπείες είναι οι εξής:

- Carbidopa/levodopa enteral suspension (Duopa)

Ασθενείς με προχωρημένη ΝΠ, των οποίων οι κινητικές επιπλοκές που είναι ανθεκτικές στις τυπικές θεραπείες, μπορεί να ωφεληθούν από μια συνεχή έγχυση καρβιντόπα και λεβοντόπα με τη μορφή εντερικού εναιωρήματος. Αυτή η θεραπεία περιλαμβάνει μια χειρουργικά εμφυτευμένη νηστιδοστομία που συνδέεται με μια αντλία που εγχέει φαρμακευτική αγωγή απευθείας στην εγγύς νήστιδα, όπου η απορρόφηση της λεβοντόπας είναι μέγιστη. Τα οφέλη αυτής της θεραπείας περιλαμβάνουν μια πιο σταθερή χορήγηση φαρμάκου που παρακάμπτει την δυνητικά προβληματική καθυστερημένη γαστρική κένωση. (Olanow et al., 2014)

- Deep Brain Stimulation (DBS)

Σε έναν ασθενή του οποίου οι κινητικές διακυμάνσεις είναι επίμονες και σε εκείνους με ανεπαρκώς ελεγχόμενο αναπηρικό τρόμο, η διέγερση των βαθιών δομών του εγκεφάλου προσφέρει σημαντική ανακούφιση. Αυτή η θεραπεία αποτελείται από την τοποθέτηση λεπτών καλωδίων που περιέχουν απομακρυσμένα ηλεκτρόδια στερεοτακτικά στον εγκέφαλο, με τα πιο κοντινά άκρα συνδεδεμένα με καλώδια επέκτασης που διοχετεύονται υποδοριώς σε μια γεννήτρια παλμών. Η γεννήτρια παλμών τοποθετείται κάτω από το δέρμα του ασθενούς στην υποκλείδη ή ενδοκοιλιακή περιοχή. Οι παράμετροι διέγερσης και η θέση της διέγερσης μεταξύ μιας σειράς απομακρυσμένων σημείων επαφής προγραμματίζονται χρησιμοποιώντας μια απομακρυσμένη συσκευή. Ο προγραμματισμός πραγματοποιείται στην κλινική και οι ασθενείς μπορούν να προσαρμόσουν τη συσκευή τους χρησιμοποιώντας μια παρόμοια συσκευή εντός παραμέτρων που ορίζονται από τον προγραμματιστή κλινικό ιατρό. Το DBS μειώνει αποτελεσματικά τα κινητικά σημάδια της νόσου και βελτιώνει το χρόνο μειωμένης λειτουργικότητας, τη δυσκινησία και την ποιότητα ζωής. (Perestelo-Pérez et al., 2014) Πριν από τη χειρουργική επέμβαση, πρέπει

να ληφθούν υπόψη οι πιθανές παρενέργειες του DBS, συμπεριλαμβανομένων των διαταραχών ομιλίας και γνωστικής λειτουργίας, αλλαγές στη βάδιση και νευροψυχιατρικά επακόλουθα όπως και οι χειρουργικοί κίνδυνοι. Η προσεκτική επιλογή υποψηφίων για χειρουργική επέμβαση περιλαμβάνει ψυχιατρικό και γνωστικό έλεγχο, ιατρική έγκριση και συμμετοχή έμπειρων χειρουργών και προγραμματιστών συσκευών. Οι ασθενείς με σημαντικές γνωστικές, ιατρικές και ψυχιατρικές συννοσηρότητες δεν είναι ιδανικοί υποψήφιοι. Η διαχείριση των προσδοκιών είναι σημαντική και εκτός από δυνητικά καλύτερη θεραπεία του τρόμου και της δυσκινησίας, οι ασθενείς δεν θα πρέπει να αναμένουν οφέλη πέρα από τον καλύτερο προεγχειρητικό έλεγχο των συμπτωμάτων τους στη βέλτιστη ιατρική θεραπεία. (Almeida et al., 2017) Η επιλογή τοποθεσίας των ηλεκτροδίων, ο τύπος της διαδικασίας (ξύπνιος εναντίον ύπνου), ο τύπος γεννήτριας παλμών (επαναφορτιζόμενη ή όχι, τρέχον σύστημα διεύθυνσης ή όχι), η μάρκα της συσκευής (Medtronic, Abbott ή Boston Scientific, η καθεμία εγκεκριμένη από τις Ηνωμένες Πολιτείες) και η μονομερής ή διμερής εμφύτευση είναι αποφάσεις που λαμβάνονται από έμπειρη κλινική ομάδα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

2.1 Ισορροπία

Πολλοί άνθρωποι με Νόσο Πάρκινσον βιώνουν διαταραχές στην ισορροπία και σταθερότητα, καθώς και στη στάση του σώματος. Λόγω αυτού είναι αυξημένη η πιθανότητα πτώσης. Στατιστικά δείχνουν πως πάνω από το 50% των ασθενών επηρεάζονται από πτώσεις. (Bloem et al., 2001)

2.1.1 Γενικά χαρακτηριστικά ισορροπίας

Η ισορροπία είναι ένας κοινός όρος, που χρησιμοποιείται συχνά από επαγγελματίες υγείας σε μια μεγάλη ποικιλία κλινικών ειδικοτήτων. Η λέξη ισορροπία χρησιμοποιείται συχνά σε συνδυασμό με όρους όπως σταθερότητα και ορθοστατικός έλεγχος. Η υποκείμενη αποτελεσματική ισορροπία είναι ένα σύστημα ελέγχου με συγκεκριμένες ιδιότητες που παρέχει ευελιξία, ανθεκτικότητα και αποτελεσματικότητα στον έλεγχο της ισορροπίας.

Ο όρος ισορροπία (ή ισορροπία), όπως χρησιμοποιείται στη μηχανική, ορίζεται ως η κατάσταση ενός αντικειμένου όταν οι προκύπτουσες δράσεις φορτίου (δυνάμεις ή ροπές) που ασκούνται πάνω του είναι μηδέν (Πρώτος Νόμος του Νεύτωνα). Η ικανότητα ενός αντικειμένου να ισορροπεί σε μια στατική κατάσταση σχετίζεται με τη θέση του κέντρου μάζας (αναφέρεται επίσης ως κέντρο βάρους) και την περιοχή της βάσης στήριξης αυτού του αντικειμένου. Εάν το κέντρο βάρους ενός αντικειμένου εμπίπτει στη βάση στήριξης αυτού του αντικειμένου, τότε το αντικείμενο ισορροπεί. Το αντικείμενο γίνεται μη ισορροπημένο και θα πέσει, εάν το κέντρο βάρους μετατοπιστεί έξω από τη βάση στήριξης. Σε συνδυασμό με την ισορροπία είναι εύλογο να αναλυθεί ο ορισμός της σταθερότητας. Όσο μεγαλύτερη είναι η μετατόπιση του κέντρου βάρους πριν ένα αντικείμενο χάσει την ισορροπία του τόσο μεγαλύτερη είναι η σταθερότητα αυτού του αντικειμένου. Παρομοίως, όσο μεγαλύτερη είναι η εξωτερική δύναμη που μπορεί να εφαρμοστεί στο αντικείμενο πριν αυτό γίνει ανισόρροπο, τόσο μεγαλύτερη είναι η σταθερότητα αυτού του αντικειμένου. Έτσι, οι μηχανικές αρχές υπαγορεύουν ότι υπάρχει σταθερότητα εάν το κέντρο βάρους εμπίπτει εντός της βάσης στήριξης και αυξάνεται με μια μεγαλύτερη βάση στήριξης, ένα χαμηλότερο κέντρο βάρους ή ένα πιο κεντρικό κέντρο βάρους εντός της βάσης στήριξης. (Bell, 1998)

Οι αρχές της Νευτώνειας μηχανικής και οι σχέσεις που περιγράφονται μεταξύ της σταθερότητας, της βάσης στήριξης και του κέντρου βάρους ισχύουν εξίσου για την ισορροπία των ανθρώπων όπως και για τα άψυχα αντικείμενα. Κατά την όρθια στάση, το ανθρώπινο σώμα

έχει σχετικά υψηλό κέντρο βάρους και μία σχετικά μικρή βάση στήριξης, το οποίο περιπλέκει την διατήρηση της σταθερότητας. (Maki and McIlroy, 1997) Όταν, σε έναν άνθρωπο, το κέντρο βάρους πέφτει έξω με τη βάση στήριξης, το ανθρώπινο σώμα έχει την εγγενή ικανότητα να αισθάνεται την απειλή για τη σταθερότητα και να χρησιμοποιεί τη μυϊκή δραστηριότητα για να εξουδετερώσει τη δύναμη της βαρύτητας προκειμένου να αποτρέψει την πτώση. (Horak, 1987) Αυτό ονομάζεται «στατικός έλεγχος». Ο έλεγχος της στάσης είναι απαραίτητη προϋπόθεση για τη διατήρηση πολλών στάσεων και δραστηριοτήτων. Ωστόσο, ο έλεγχος της ισορροπίας έχει εντοπιστεί ότι σχετίζεται με τρεις ευρείες κατηγορίες ανθρώπινης δραστηριότητας. (King et al., 1994) Πρώτη είναι η διατήρηση μιας καθορισμένης στάσης, όπως η καθιστή ή η όρθια. Δεύτερη είναι η εθελούσια κίνηση, όπως η κίνηση ανάμεσα στις στατικές θέσεις. Και τέλος, τρίτη είναι η αντίδραση σε μια εξωτερική διαταραχή, όπως ένα σκόνταμμα, ένα γλίστρημα ή ένα σπρώξιμο. Αυτές οι ταξινομήσεις περιλαμβάνουν τις πράξεις της διατήρησης, επίτευξης ή αποκατάστασης του κέντρου βάρους εντός της βάσης στήριξης. (Nashner, 1982) Συμπερασματικά, η ανθρώπινη σταθερότητα μπορεί να οριστεί ως η «εγγενής ικανότητα» ενός ατόμου να διατηρεί, να επιτυγχάνει ή να αποκαταστήσει μια κατάσταση ισορροπίας, αλλά σε αυτή την περίπτωση η «εγγενής ικανότητα» περιλαμβάνει τα αισθητηριακά και τα κινητικά συστήματα του ατόμου, εκτός από τις φυσικές ιδιότητες του κέντρου βάρους και της βάσης στήριξης. (Nashner, 1982)

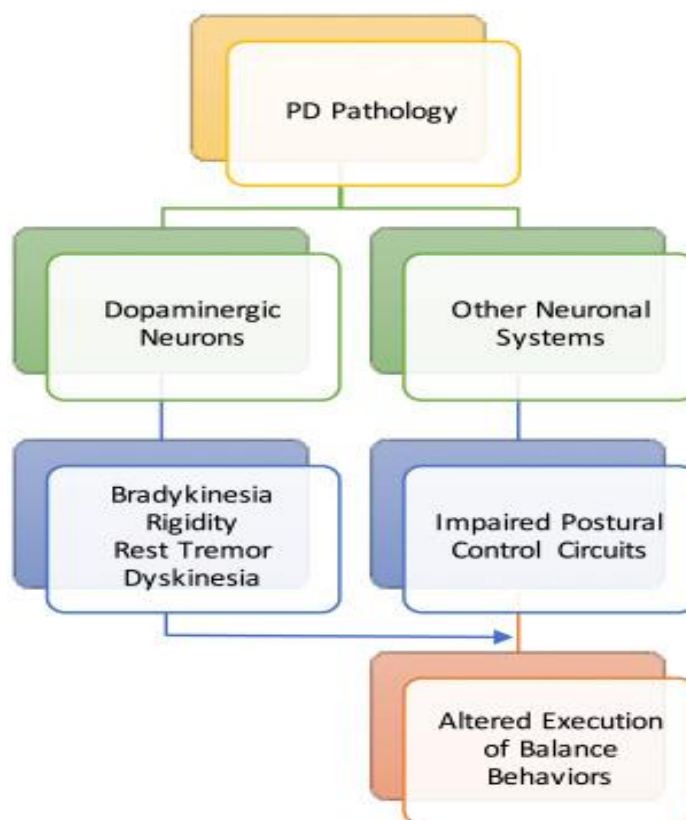
2.1.2 Ισορροπία και στατικός έλεγχος στη Νόσο Πάρκινσον

Τα βασικά γάγγλια εμπλέκονται σε πολλές πτυχές του ελέγχου της ισορροπίας. Δεδομένου ότι τα βασικά γάγγλια ούτε λαμβάνουν άμεση αισθητηριακή είσοδο ούτε προβάλλουν απευθείας στους κινητικούς νευρώνες της σπονδυλικής στήλης, εμπλέκονται κυρίως στον έλεγχο της ισορροπίας και της κίνησης προς τα εμπρός. Επομένως, είναι κρίσιμα για τη σύζευξη κινήσεων που ξεκινούν από μόνες τους με τον έλεγχο της ισορροπίας. Ωστόσο, οι διαταραχές στο εσωτερικό μοντέλο επηρεάζουν επίσης τις αποκρίσεις στάσης, την όρθια στάση, τη σύζευξη της ισορροπίας με την κίνηση. Ο βαθμός των προβολών γάμμα-αμινοβουτυρικού οξέος από τα βασικά γάγγλια ρυθμίζεται από τους ντοπαμινεργικούς νευρώνες στον μεσεγκέφαλο που αρχίζουν να εκφυλίζονται πριν από τη διάγνωση της ΝΠ. Τα κινητικά προβλήματα της ΝΠ σχετίζονται με τον εκφυλισμό των ντοπαμινεργικών νευρώνων στη μέλαινα ουσία, που βρίσκεται στον μεσεγκέφαλο. Οι ντοπαμινεργικοί νευρώνες της μέλαινας ουσίας προβάλλουν στα βασικά γάγγλια που έχουν σημαντικό ρόλο στην εκμάθηση κινητικών ακολουθιών, στην επιλογή κινητικών προγραμμάτων, στο σθένος της κίνησης και στην αυτοματοποίηση των κινήσεων κατά τη διαδικασία της μάθησης. Η ντοπαμίνη που απελευθερώνεται διευκολύνει την εκούσια κίνηση από τη λεγόμενη «άμεση οδό» η οποία διεγείρεται από τον υποδοχέα

ντοπαμίνης D-1. Η ντοπαμίνη καταστέλλει επίσης άσχετες κινήσεις μέσω της λεγόμενης «έμμεσης οδού» η οποία αναστέλλεται από τον υποδοχέα ντοπαμίνης D-2. Η απώλεια των ρυθμιστικών επιδράσεων της ντοπαμίνης στα βασικά γάγγλια μειώνει την ενεργοποίηση της άμεσης οδού και κατά συνέπεια μειώνει την εκούσια κίνηση. Συνέπεια των παραπάνω είναι η χαρακτηριστική απώλεια του σθένους κίνησης στην ΝΠ, η οποία φαίνεται επίσης στις αποκρίσεις ισορροπίας. Οι κλινικοί γιατροί συχνά μιλούν για ασθενείς με ΝΠ που «χάνουν ορθοστατικά αντανάκλαστικά». Ωστόσο, η απώλεια αποκρίσεων ισορροπίας δεν έχει ποτέ αποδειχθεί σε μελέτες ελέγχου της στάσης. Οι αποκρίσεις της στάσης είναι πάντα παρούσες σε άτομα με ΝΠ και η έναρξη τους δεν καθυστερεί. Οι ορθοστατικές αποκρίσεις, ωστόσο, αναπτύσσονται πιο αργά και η μέγιστη δύναμη και οι αποκρίσεις μπορεί να είναι αναποτελεσματικές λόγω της υπερβολικής συστολής των μυών, χαρακτηριστικό της ΝΠ. Αυτό το φτωχό σθένος των μυών στην προσπάθεια διατήρησης της ισορροπίας, στην εκτέλεση της κίνησης και της εκούσιας κίνησης των άκρων μπορεί να φανεί σε ηλεκτρομυογραφικές καταγραφές του μυϊκού συστήματος στη ΝΠ. Επαναλαμβανόμενες αλλά πιο σύντομες, αποδιοργανωμένες εκρήξεις πυροδότησης αγωνιστών και ανταγωνιστών μυών συμβαίνουν στη ΝΠ σε αντίθεση με το φυσιολογικό πρότυπο κίνησης σε υγιείς ανθρώπους. Το φυσιολογικό πρότυπο αποτελείται από μεγαλύτερης διάρκειας και συγχρονισμένης έκρηξης του αγωνιστή μυ ακολουθούμενη από έκρηξη του ανταγωνιστή. (Hallett and Khoshbin, 1980) Είναι χρήσιμο να σημειωθεί ότι έχουν βρεθεί στοιχεία ότι η παρουσία ΝΠ, η σοβαρότητα της ΝΠ και η μειωμένη ικανότητα ισορροπίας σχετίζονταν με ένα μέτρο αυξημένης δραστηριότητας ανταγωνιστών μυών του ποδιού κατά τη διάρκεια αντιδραστικής ισορροπίας. Κατά συνέπεια, φαίνεται να υπάρχει μια σχέση μεταξύ της ανταγωνιστικής δραστηριότητας και της διαταραχής της ισορροπίας στην ΝΠ. Αυτή η αυξημένη ανταγωνιστική δραστηριότητα και η προκύπτουσα συνσύσπαση θα μπορούσαν να αποτελέσουν χρήσιμο στόχο αποκατάστασης ή μέτρο έκβασης για την αποκατάσταση ισορροπίας. (Lang et al., 2019) Άλλα ευρήματα καταδεικνύουν πως υπάρχει μια διατηρημένη ικανότητα των ατόμων με ΝΠ να ελέγχουν δυναμικά την ισορροπία του σώματος σε βάση στήριξης με προβλέψιμες ταλαντευτικές μετακινήσεις. (de Carvalho et al., 2021)

Η παρατήρηση ή η αξιολόγηση μιας δυσλειτουργίας στην ικανότητα ενός ασθενούς να διατηρεί, να επιτυγχάνει ή να αποκαθιστά μια κατάσταση ισορροπίας συνεπάγεται έλλειμμα στον έλεγχο της στάσης του σώματος. Οποιαδήποτε γνωστική, αισθητηριακή ή κινητική έκπτωση μπορεί να οδηγήσει σε έλλειμμα ελέγχου της στάσης. Η επίγνωση των διαφορετικών κατηγοριών δραστηριοτήτων που απαιτούν έλεγχο της στάσης και των διαφορετικών στρατηγικών ορθοστατικού ελέγχου θα πρέπει να βοηθά στην ακριβή εκτίμηση, διάγνωση,

τεκμηρίωση και ερμηνεία των προβλημάτων ισορροπίας και να οδηγεί σε βελτιωμένη φροντίδα του ασθενούς.



Εικόνα 1: Η παθολογία της νόσου του Πάρκινσον στο ντοπαμινεργικό σύστημα που προκαλεί βραδυκίνηση, ακαμψία, τρόμο ηρεμίας και δυσκίνηση μπορεί να επηρεάσει την εκτέλεση συνεργειών ισορροπίας. Ωστόσο, η παθολογία της ΝΠ σε άλλα συστήματα και κυκλώματα νευροδιαβιβαστών επηρεάζει τους μηχανισμούς ισορροπίας, έτσι ώστε η κλινική εικόνα να είναι ένα άθροισμα ντοπαμινεργικών και άλλων ελλειμμάτων.

Πηγή: (Mancini et al., 2020)

2.1.3 Αξιολόγηση της ισορροπίας

Η αξιολόγηση της ισορροπίας θεωρείται ότι είναι σχετική με την αξιολόγηση πολλών ασθενών, συμπεριλαμβανομένων εκείνων με νευρολογικά ελλείμματα, ορθοπεδικά ελλείμματα και αιθουσαίες διαταραχές. Πολλά άτομα με πρόωμη ΝΠ εκτελούν το Mini-BESTest, το Berg Balance και το Timed Up and Go (TUG) λιγότερο καλά από τους υγιείς πληθυσμούς και μπορεί να έχουν αίσθηση ανισορροπίας. (Johansson et al., 2020) Οι ασθενείς με πρόωμη ΝΠ που δεν έχουν λάβει θεραπεία έχουν αυξημένη ταλάντωση της στάσης όταν στέκονται όρθιοι, υποδηλώνοντας διαταραχή της ισορροπίας σε όρθια στάση, η οποία σχετίζεται με αυξημένη πιθανότητα πτώσης. Η δυναμική ισορροπία που μετρίεται ως αυξημένη μεταβλητότητα

βάδισης, ένα άλλο μέτρο του αυξημένου κινδύνου πτώσης, είναι επίσης εξασθενημένη ακόμη και σε πρώιμη, χωρίς θεραπεία ΝΠ. (Baltadjieva et al., 2006) Οι στροφές κατά την βάδιση είναι πιο αργές από το κανονικό, γεγονός που μπορεί να αντιπροσωπεύει μια αυτόματη αντιστάθμιση για την εξασθενημένη δυναμική ισορροπία. Σύμφωνα με αυτές τις μελέτες, οι πτώσεις είναι πιο συχνές σε άτομα με πρώιμη ΝΠ παρά σε κατά τα άλλα υγιή ηλικιωμένα άτομα. Γνωρίζοντας τα παραπάνω γίνεται κατανοητό πως για την αξιολόγηση της νόσου Πάρκινσον είναι χρήσιμο και απαραίτητο να χρησιμοποιούνται ειδικές κλίμακες αξιολόγησης οι οποίες από πρώιμα στάδια της νόσου υποδεικνύουν τα ελλείμματα στην ισορροπία και κατ' επέκταση στην βάδιση έτσι ώστε να καταφέρουν οι θεράποντες να αποφασίσουν ένα κατάλληλο πλάνο θεραπείας. Για την αξιολόγηση της ισορροπίας και του στασικού ελέγχου του σώματος στη νόσο Πάρκινσον χρησιμοποιείται συχνά η κλίμακα αξιολόγησης Timed Up and Go Test (TUG) των Podsiadło και Richardson (1989). Η χρησιμότητα του TUG στη ΝΠ έχει επιβεβαιωθεί. το 2002, από τους Siggeirsdóttir et al. οι οποίοι διαπίστωσαν ότι η κλίμακα TUG είναι πιο αξιόπιστη όταν το ύψος του καθίσματος της καρέκλας κυμαίνεται από 44–47 cm. Άλλες κλίμακες αξιολόγησης της ισορροπίας που χρησιμοποιούνται είναι οι Berg Balance Scale (BBS, 1992), Tinetti Balance και Gait Assessment Tool (1987), καθώς και Brunel Balance Assessment (BBA, 2002). Το Functional Reach Test (FRT) είναι χρήσιμο για τον εντοπισμό του κινδύνου πτώσεων σε άτομα με νόσο Πάρκινσον. Το 2009, οι Horak et al. δημοσίευσε το Balance Evaluation Systems Test (Bestest) που αποτελείται από 36 μέρη, ομαδοποιημένα σε 6 συστήματα.

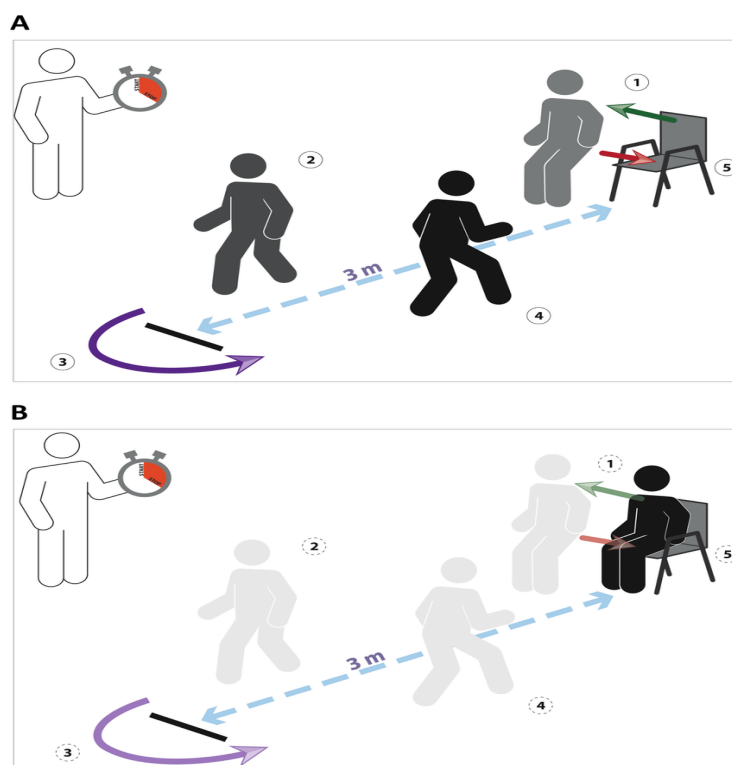
Πίνακας 2	Κλίμακες αξιολόγησης ισορροπίας στη νόσο Πάρκινσον	
Όνομα τεστ αξιολόγησης	Συντομογραφία	Συγγραφέας/έτος
Unified Parkinson`s Disease Rating Scale part III	UPDRS	Fahn& Elton, 1987
Timed Up and Go Test	TUG	Podsiadło & Richardson, 1989
Berg Balance Scale	BBS	Berg, 1992
Tinetti Balance and Gait Assessment Tool	TBGAT	Tinetti, 1987
Brunel Balance Assessment	BBA	Tyson & DeSouza, 2002

Functional Reach Test	FRT	Behrman et al.2002
Activity Specific Balance Confidence	ASBC	Powell 1995; Talley, 2008
Balance Evaluation Systems Test	BESTest	Horak et al., 2009
Balance Evaluation Systems Mini Test	MiniBESTest	Franchignoni et al. 2012; King & Horak, 2013

Μια συνοπτική επεξήγηση καθεμιάς από αυτές τις κλίμακες αξιολόγησης είναι η εξής:

Unified Parkinson`s Disease Rating Scale part III - To Movement Disorder Society-Sponsored Revision of the Unified Parkinson's Disease Rating Scale (MDS-UPDRS) είναι μια περιεκτική εκτίμηση 50 ερωτήσεων τόσο για κινητικά όσο και για μη κινητικά συμπτώματα που σχετίζονται με τη νόσο του Πάρκινσον. (Fahn et al., 1987)

Time up and Go Test - Ο ασθενής κάθεται σε μια καρέκλα και μόλις του ζητηθεί σηκώνεται, περπατάει 3 μέτρα, επιστρέφει και κάθεται ξανά. Μετριέται ο χρόνος εκτέλεσης. Αν ο χρόνος είναι κάτω από 10 δευτερόλεπτα η κινητικότητα είναι φυσιολογική, ενώ αν η βαθμολογία είναι πάνω από 30 δευτερόλεπτα ο ασθενής είναι επιρρεπής σε πτώσεις. (Podsiadlo and Richardson, 1991)



Εικόνα 2: Time up and go test

Πηγή: (Nierat et al., 2016)

Berg Balance Scale - Η κλίμακα ισορροπίας Berg χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει αντικειμενικά την ικανότητα (ή αδυναμία) του ασθενούς να ισορροπήσει με ασφάλεια κατά τη διάρκεια μιας σειράς προκαθορισμένων δραστηριοτήτων. Πρόκειται για μια λίστα 14 αντικειμένων, με κάθε στοιχείο να αποτελείται από μια κανονική κλίμακα πέντε σημείων που κυμαίνεται από 0 έως 4, με το 0 να δείχνει το χαμηλότερο επίπεδο λειτουργίας και το 4 το υψηλότερο επίπεδο λειτουργίας και διαρκεί περίπου 20 λεπτά για να ολοκληρωθεί. Δεν περιλαμβάνει την αξιολόγηση της βάδισης. (Berg et al., 1992)

Tinetti Balance and Gait Assessment Tool - Το Tinetti Tool είναι ένα απλό, εύκολα διαχειριζόμενο τεστ που αξιολογεί τη βάδιση και την ισορροπία ενός ασθενή. Η κλίμακα βαθμολογείται με βάση την ικανότητα του ασθενή να εκτελεί συγκεκριμένες εργασίες. Η βαθμολόγηση του εργαλείου αξιολόγησης Tinetti γίνεται σε μια κανονική κλίμακα τριών σημείων με ένα εύρος από 0 έως 2. Ένα σκορ 0 αντιπροσωπεύει τη μεγαλύτερη εξασθένηση, ενώ ένα σκορ 2 αντιπροσωπεύει την ανεξαρτησία. Οι μεμονωμένες βαθμολογίες συνδυάζονται στη συνέχεια για να σχηματίσουν τρεις μετρήσεις. Τη συνολική βαθμολογία αξιολόγησης βάδισης και τη συνολική βαθμολογία αξιολόγησης ισορροπίας, σε συνδυασμό με τη βαθμολογία βηματισμού και ισορροπίας. (Tinetti, 1987)

Brunel Balance Assessment - Η Brunel Balance Assessment (BBA) έχει σχεδιαστεί για να αξιολογεί τη λειτουργική ισορροπία για άτομα με ευρύ φάσμα ικανοτήτων και έχει δοκιμαστεί ειδικά για χρήση μετά το εγκεφαλικό.

Το BBA αποτελείται από μια ιεραρχική σειρά τεστ λειτουργικών επιδόσεων που κυμαίνονται από το υποστηριζόμενο κάθισμα ισορροπίας έως τις προχωρημένες δραστηριότητες. Υπάρχουν τρία τμήματα στην αξιολόγηση: κάθονται, στέκονται και βαδίζουν. Κάθε τμήμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε μεμονωμένα είτε μαζί. Τα τμήματα χωρίζονται σε διάφορα επίπεδα, καθένα από τα οποία αυξάνει την απαίτηση σε ισορροπία, που κυμαίνεται από την υποβοηθούμενη ισορροπία έως την κίνηση μέσα στη βάση στήριξης, και αλλαγές στη βάση στήριξης.

Σε κάθε επίπεδο, ο ασθενής λαμβάνει βαθμολογία για τις προσπάθειές του. Αυτό δίνει μια ένδειξη για το αν ο ασθενής βελτιώνεται σε ένα επίπεδο, ακόμη και αν δεν είναι σε θέση να προχωρήσει στο επόμενο επίπεδο. Το αποτέλεσμα αντανακλά επίσης πόσο καλά λειτουργεί το άτομο εντός αυτού του τμήματος, π.χ. κάθεται, στέκεται ή περπατάει. (Tyson and DeSouza, 2002)

Functional Reach Test - Η κλίμακα Functional Reach Test αναπτύχθηκε από τους Duncan et al και σχεδιάστηκε για να αξιολογεί τη σταθερότητα, προσθιοπίσθια, μετρώντας τη μέγιστη απόσταση που μπορεί να φτάσει ένα άτομο προς τα εμπρός, πέρα από το μήκος του βραχίονα, ενώ βρίσκεται σε μια σταθερή βάση στήριξης. Ο ασθενής τοποθετείται κάθετα στον τοίχο με τα πόδια παράλληλα, κάμπει τον ώμο 90 μοίρες και εκτείνει τον αγκώνα. Στη συνέχεια, τοποθετείται μια ταινία παράλληλα στον τοίχο στο ύψος του ακρωμίου. Σημειώνεται το σημείο που αντιστοιχεί το τρίτο δάκτυλο του ασθενή και του ζητείται να φτάσει όσο πιο μπροστά μπορεί χωρίς να κάνει βήμα ή να αγγίξει τον τοίχο, και σημειώνεται το σημείο αυτό που αντιστοιχεί το τρίτο του δάκτυλο εκ νέου. Η απόσταση σε εκατοστά των δύο αυτών σημείων είναι το αποτέλεσμα του τεστ. (Behrman et al., 2002)

Activity Specific Balance Confidence - Η Activity-Specific Balance Confidence Scale (ABC) είναι μια υποκειμενική κλίμακα αξιολόγησης της εκτέλεσης διαφόρων περιπατητικών δραστηριοτήτων χωρίς ο ασθενής να πέφτει ή να βιώσει αίσθημα αστάθειας. Αποτελείται από 16 ερωτήσεις που απαντά ο ασθενής όσον αφορά την άνεση που έχει να εκτελέσει ένα σύνολο δραστηριοτήτων. (Powell and Myers, 1995)

Balance Evaluation Systems Test - Το BESTest είναι μια κλίμακα ποσοτικής αξιολόγησης που στοχεύει στον εντοπισμό των διαταραγμένων συστημάτων που υπονομεύουν τον ορθοστατικό έλεγχο που είναι υπεύθυνος για την κακή λειτουργική ισορροπία. Αρχικά αναπτύχθηκε από τον Dr. Horak το 2009 για τους κλινικούς ιατρούς ώστε να διαφοροποιήσουν τα προβλήματα ισορροπίας σε έξι υποκείμενα συστήματα που μπορεί να περιορίσουν την

ισορροπία. Αναπτύχθηκε από τη θεωρητική κατανόηση των συστημάτων ελέγχου ισορροπίας με βάση την έννοια του Bernstein ότι ο ορθοστατικός έλεγχος προκύπτει από ένα σύνολο αλληλεπιδρώντων συστημάτων. Διαθέτει 36 αντικείμενα που αξιολογούν την απόδοση 6 συστημάτων ισορροπίας: βιο-μηχανικοί περιορισμοί, όρια ορθοστατικής σταθερότητας, αναμενόμενες αποκρίσεις, στάσεις του σώματος, αισθητικός προσανατολισμός και σταθερότητα στο βάδισμα. Κάθε στοιχείο βαθμολογείται με βάση τη βαθμολογία της κανονικής κλίμακας από το 0-3, όπου 3 αντιπροσωπεύει τις καλύτερες επιδόσεις και το 0 αντιπροσωπεύει τις χειρότερες επιδόσεις. Οι βαθμολογίες παρέχονται ως ποσοστό των συνολικών σημείων, δηλ. 108. Επιπροσθέτως, 6 βαθμολογίες υποσυστημάτων μπορούν να δημιουργηθούν ξεχωριστά σε ποσοστό της συνολικής βαθμολογίας που το καθένα αντιπροσωπεύει ένα συγκεκριμένο σύστημα ισορροπίας. (Horak et al., 2009)

Balance Evaluation Systems Mini Test - Το Mini Balance Evaluation Systems Test είναι η σύντομη έκδοση του BESTest. Έχει ως στόχο την αναγνώριση έξι διαφορετικών συστημάτων της ισορροπίας για σχεδιασμό της καταλληλότερης θεραπευτικής προσέγγισης όσον αφορά τις απώλειες της ισορροπίας. Τα συστήματα είναι:

1. Οι βιομηχανικοί περιορισμοί.
2. Όρια ορθοστατικής σταθερότητας.
3. Προσωρινές προσαρμογές της στάσης.
4. Αντίδραση στάσης,
5. Αισθητικός προσανατολισμός,
6. Σταθερότητα στη βάδιση

Η τρέχουσα έκδοση του Mini BESTest απαρτίζεται από 14 σημεία, που αποτελούνται από τέσσερις επιμέρους κλίμακες με το σύστημα σημείων 0-2 με μέγιστο αποτέλεσμα - 28 μονάδες. (King and Horak, 2013)

2.2 Βάδιση

2.2.1 Ισορροπία και βάδιση

Η ανθρώπινη βάδιση αντιπροσωπεύει μια εξαιρετικά περίπλοκη εργασία κινητικού ελέγχου που απαιτεί συνειδητό έλεγχο της δυναμικής ισορροπίας ενός ατόμου ενώ προσπαθεί να προχωρήσει προς τα εμπρός. Μια πρόκληση ισορροπίας είναι ότι οι άνθρωποι είναι δίποδα που συνήθως περνούν το 80% του χρόνου βάδισής τους σε ένα άκρο. Έτσι, μόνο δύο περίοδοι διπλής στήριξης με ποσοστό 10% του συνόλου της βάδισης, είναι διαθέσιμες για επανασταθεροποίηση της ισορροπίας και αυτός ο χρόνος μειώνεται όσο αυξάνεται ο ρυθμός μέχρι να ξεκινήσει ένα τρέξιμο, όπου γίνεται μηδενικός χρόνος διπλής στήριξης και

αντικαθίσταται από μια περίοδο ελεύθερης αιώρησης. Φυσικά, τα άτομα με υψηλό κίνδυνο πτώσης τείνουν να αντισταθμίζουν αλλάζοντας τη στρατηγική βάδισης αυξάνοντας τη διάρκεια του χρόνου διπλής στήριξης. (Frank and Patla, 2003) Μια άλλη πρόκληση ισορροπίας κατά τη βάδιση είναι η κατανομή της μάζας σώματος, έτσι ώστε τα δύο τρίτα της μάζας σώματος δηλαδή, το κεφάλι, τα χέρια και τον κορμό να βρίσκονται στα δύο τρίτα του ύψους του σώματος πάνω από το έδαφος. Ένα τέτοιο «ανεστραμμένο εκκρεμές» είναι εγγενώς αποσταθεροποιητικό, ειδικά όταν λαμβάνουμε υπόψη την ορμή του σώματος προς τα εμπρός. Μια τρίτη πρόκληση ισορροπίας είναι ότι η προβολή του κέντρου βάρους του σώματος σε σχέση με το έδαφος δεν περνά μέσα στο πόδι. Μάλλον, περνά μπροστά από το πόδι και κατά μήκος του έσω ορίου του ποδιού. (Shimba, 1984) Το πόδι, ειδικά στην έσω-πλάγια κατεύθυνση, παρέχει μια πολύ μικρή βάση στήριξης. Σε αυτό το έργο ισορροπίας, για την επίτευξη ασφαλούς τροχιάς κίνησης προς τα εμπρός, απαιτείται μεταφορά του αιωρούμενου άκρου, με ελάχιστη απόσταση μικρότερη από 2 cm, από τα δάχτυλα του άκρου στήριξης και ασφαλή (ήπια) προσγείωση του ποδιού. (Winter, 1991) Για να ελαχιστοποιηθεί η διαταραχή των οπτικών και αιθουσαίων αισθητηριακών πληροφοριών κατά τη βάδιση, οι αδρανειακές διαταραχές από τα πόδια, που έρχονται σε επαφή με το έδαφος, πρέπει να καταστέλλονται μέχρι να φτάσουν στο κεφάλι. Επομένως, η ισορροπία του σώματος κατά τη βάδιση εξασφαλίζεται από μια συνεχή κατάσταση δυναμικής ανισορροπίας προς την κεντρική γραμμή του επιπέδου προόδου, με το κέντρο βάρους του σώματος να περνάει προς τα μέσα και μπροστά από το πόδι στήριξης. Ο έλεγχος της μεσαίας επιτάχυνσης του κέντρου βάρους δημιουργείται από μια βαρυντική ροπή γύρω από το πόδι στήριξης, το μέγεθος της οποίας καθορίζεται στην αρχική επαφή με την πλευρική τοποθέτηση του νέου ποδιού στήριξης σε σχέση με την οριζόντια θέση του κέντρου βάρους. Η ισορροπία του κορμού και του αιωρούμενου άκρου γύρω από το ισχίο στήριξης διατηρείται από την ενεργή απαγωγή του ισχίου και την πλάγια ροπή του κορμού, η οποία αντιμετωπίζει μια μεγάλη αποσταθεροποιητική βαρυντική ροπή. Ωστόσο, ο έλεγχος της πλάγιας στάσης υποβοηθείται επίσης από την έσω-πλάγια τοποθέτηση του ποδιού με κάποια βοήθεια από την υπαστραγαλική άρθρωση. Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ του υποστηρικτικού ποδιού και των μυών του ισχίου επιτρέπουν μεταβλητότητα στις στρατηγικές που χρησιμοποιούνται για τη διατήρηση της ισορροπίας. (Winter et al., 1993)

2.2.2 Βάδιση στη Νόσο Πάρκινσον

Στα αρχικά στάδια της νόσου του Πάρκινσον, η βάδιση των ασθενών επιβραδύνεται και το μήκος του βήματος βραχύνεται, σε σύγκριση με εκείνα των υγιών ενηλίκων με όμοια την ηλικία. (Albani et al., 2014) Αυτές οι αλλαγές στη βάδιση είναι συνηθισμένες, αλλά δεν αποτελούν αποκλειστικό χαρακτηριστικό της νόσου καθώς μπορεί να συμβεί και σε άλλες

παθολογικές καταστάσεις. Ωστόσο, μειωμένο πλάτος αιώρησης του βραχίονα και μειωμένη ομαλότητα της κίνησης αυτής, καθώς και η αυξημένη ασυμμετρία μεταξύ των άκρων είναι πιο συγκεκριμένα χαρακτηριστικά για τη νόσο του Πάρκινσον και συχνά είναι τα πρώτα κινητικά συμπτώματα. (Pistacchi et al., 2017) Στα αρχικά στάδια της νόσου τα συμπτώματα είναι συχνά μονόπλευρα, τα οποία αντιστοιχούν σε νευροπαθολογία ασύμμετρων βασικών γαγγλίων. (Sterling et al., 2015) Ο χρονισμός της διάρκειας της αιώρησης της βάδισης, είναι επίσης μειωμένος. (Djurić-Joničić et al., 2017) Το εύρος κίνησης του ισχίου, του γονάτου και του αστραγάλου κατά τη βάδιση αρχίζει να μειώνεται, ιδιαίτερα κατά τη φάση της τελικής στήριξης του κύκλου βάδισης. (Albani et al., 2014) Αλλαγές στη στάση του σώματος και το εύρος κίνησης επηρεάζουν περαιτέρω την κίνηση, για παράδειγμα συμβάλλοντας στη μείωση του μήκους του βήματος. Η ποικιλία στον τρόπο βάδισης είναι μεγαλύτερη απ' ό τι στον υγιή πληθυσμό, και η απόδοση σε περίπλοκους κινητικούς στόχους είναι μειωμένη (π.χ. μειωμένη γωνιακή ταχύτητα στροφής). (Djurić-Joničić et al., 2017) Επιπλέον, όσο η κίνηση σε αυτό το στάδιο γίνεται λιγότερο αυτόματη, πολλές αλλαγές στη βάδιση γίνονται εμφανείς ή υπερβολικές όταν ζητείται από τους ασθενείς να περπατήσουν και να κάνουν μια άλλη εργασία ταυτόχρονα (π.χ. dual-tasking).

Κατά την μέση εξέλιξη της νόσου πολλά από τα χωροχρονικά χαρακτηριστικά που μεταβλήθηκαν στα αρχικά στάδια της νόσου, έχουν προχωρήσει διμερώς, έτσι ώστε η ασυμμετρία να έχει μειωθεί στην πραγματικότητα και να γίνει κίνηση πιο βραδεία καθώς εξελίσσεται η νόσος. (Albani et al., 2014) Τα μπερδεμένα βήματα, η αυξημένη φάση διπλής στήριξης κατά τη βάδιση καθώς και ο αυξημένος ρυθμός βάδισης είναι συνηθισμένα χαρακτηριστικά σε αυτό το στάδιο. Το μέγεθος της ταλάντευσης του βραχίονα μειώνεται αμφίπλευρα με συνοδευόμενη μείωση της αξονικής περιστροφής. (Mirelman et al., 2016) Αλλαγές στη στάση, όπως η σκυμμένη στάση, μπορεί να συμβάλουν περαιτέρω στην επιδείνωση της βάδισης επειδή προκαλούν αλλαγή στην κινηματική της βάδισης. (Pistacchi et al., 2017) Ο κινητικός αυτοματισμός εξασθενείται, με αποτέλεσμα τη διάσπαση της κινητικής λειτουργίας και δυσκολίες στην έναρξη της βάδισης. (Mellone et al., 2016) Σε αυτό το στάδιο αρχίζει να εμφανίζεται πάγωμα στη βάδιση και αυξάνεται ο κίνδυνος πτώσης. (Palmerini et al., 2017)

Σε αυτό το σημείο θα ήταν χρήσιμο να γίνει ειδική αναφορά στο πάγωμα της βάδισης γνωστό ως «Freezing of Gait (FOG)» επειδή αποτελεί μια από τις πιο εξουθενωτικές, αλλά και πιο δύσκολες για την αξιολόγηση διαταραχή της βάδισης, καθώς είναι επεισοδιακή και μεταβλητή εκ φύσεως. (Nieuwboer and Giladi, 2013) Το Freezing of Gait (FOG) ορίζεται ως μια «σύντομη, επεισοδιακή απουσία ή μεγάλη μείωση της μετακίνησης των ποδιών πρόσθια παρά την πρόθεση για βάδιση» (Nutt et al., 2011) Οι ασθενείς με ΝΠ που έχουν FOG συχνά

νιώθουν τα πόδια τους να είναι κολλημένα στο έδαφος παρόλο που προσπαθούν να αναγκάσουν τον εαυτό τους να περπατήσει. (Lo et al., 2010) Τα πιθανά ερεθίσματα για FOG περιλαμβάνουν τη μη φυσιολογική βάδιση, όπως η ασυμμετρία και η αρρυθμία. (Plotnik and Hausdorff, 2008) Τα ελλείμματα ισορροπίας σε άτομα με ΝΠ που παγώνουν είναι πιο έντονα στη βάδιση και στις προληπτικές προσαρμογές της στάσης. Οι τομείς αντιδραστικών βημάτων και ορθοστατικής ταλάντωσης επηρεάζονται λιγότερο σε ασθενείς με ΝΠ που αντιμετωπίζουν FOG σε σύγκριση με αυτούς που δεν το κάνουν. (Peterson et al., 2020) Αυτό το σύμπτωμα της νόσου πέρα από κινητικές δυσκολίες προκαλεί επίσης ορισμένες μη κινητικές διαταραχές, όπως η κοινωνική απομόνωση, το άγχος και η κατάθλιψη, που επηρεάζουν σημαντικά την ποιότητα ζωής των ασθενών με ΝΠ. (Moore et al., 2007) Μια πρόσφατη συστηματική ανασκόπηση έδειξε ότι τα άτομα με FOG έχουν χειρότερη απόδοση σε κλίμακες αξιολόγησης της ισορροπίας, όπως το Mini-BEST, η κλίμακα Berg Balance Scale, κ.λπ., από τα άτομα που δεν εμφανίζουν FOG στην ΝΠ. (Bekkers et al., 2017)

Στο προχωρημένο στάδιο της νόσου οι αλλαγές στη βάδιση επιδεινώνονται. Επιπλέον, εμπόδια στην κινητική λειτουργία (π.χ. FOG) γίνονται πιο συχνά, συνοδευόμενα από μειωμένη ισορροπία και έλεγχο της στάσης και σοβαρό κίνδυνο πτώσης. Κινητικές διακυμάνσεις και δυσκινησία υπάρχουν στους περισσότερους ασθενείς και επηρεάζουν αρνητικά τη βάδιση. Η αντοχή και η μυϊκή δύναμη μειώνονται περαιτέρω, οδηγώντας σε μειωμένη κινητική ικανότητα και την ανάγκη για χρήση βοηθημάτων ή αναπηρικού αμαξιδίου. (Rezvanian et al., 2018)

Αυτό που παρατηρήθηκε συνολικά είναι ότι οι αντιληπτές δυσκολίες στη βάδιση αυξάνονται με την πάροδο του χρόνου σε άτομα με ΝΠ. Τόσο οι προσωπικοί παράγοντες (δηλαδή οι ανησυχίες για πτώση) όσο και οι κινητικές πτυχές (δηλαδή προβλήματα ισορροπίας κατά το «dual-tasking») φαίνεται να έχουν προγνωστικό ρόλο. Επίσης, τα μη κινητικά συμπτώματα (π.χ. πόνος και ελλειμματική γνωστική λειτουργία) φαίνεται να είναι σημαντικά για τις μελλοντικές αντιληπτές δυσκολίες βάδισης. (Lindh-Rengifo et al., 2021)

2.3 Πτώσεις

Η ανάλυση ερευνών έδειξε πως η πιο αργή ταχύτητα, ο χαμηλότερος ρυθμός και τα μικρότερα και πιο αργά βήματα σχετίζονται όλα με μελλοντικές πτώσεις στην ιδιοπαθή ΝΠ. Επιπλέον, η μεγαλύτερη μεσο- πλάγια κίνηση της κεφαλής και της λεκάνης συσχετίστηκε με μελλοντικές πτώσεις σε αυτόν τον πληθυσμό. Το πλάτος του βήματος δεν διέφερε μεταξύ των υποψήφιων ατόμων που πέφτουν και των μη πτωτικών. Ένας αριθμός πρόσθετων χωροχρονικών και κινηματικών μεταβλητών που σχετίζονται με τη μεταβλητότητα και τη συμμετρία βάδισης βρέθηκε ότι είτε δεν διαφέρει μεταξύ των ατόμων με ΝΠ που πέφτουν και των ατόμων που δεν πέφτουν, είτε δεν υπήρχαν επαρκείς πληροφορίες. (Creaby and Cole, 2018) Η πρόβλεψη

πτώσεων σε πάσχοντες από τη νόσο Πάρκινσον οι οποίοι δεν έχουν ξαναπέσει στο παρελθόν παραμένει δύσκολη. Ο καλύτερος προγνωστικός δείκτης πτώσης είναι δύο ή περισσότερες πτώσεις κατά το προηγούμενο έτος (που δεν είναι ικανοποιητικό ως προγνωστικό γιατί οι ασθενείς έχουν ήδη αρχίσει να πέφτουν), και ακόμη και αυτό έχει μια σχετικά μέτρια προγνωστική ικανότητα (ευαισθησία μόνο 68%, ειδικότητα αποδεκτή στο 81%). (Pickering et al., 2007) Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί ότι σε πάσχοντες, που δεν έχουν πέσει ακόμα, ο φόβος πτώσης είχε μια μέτρια ευαισθησία στην πρόβλεψη πτώσεων, οπότε ίσως οι άνθρωποι αισθάνονται τη δική τους αστάθεια πριν μπορέσουν οι γιατροί καταφέρουν να την εντοπίσουν. Ο φόβος της πτώσης μπορεί να αξιολογηθεί χρησιμοποιώντας το Activity-specific Balance Confidence (ABC) scale, η οποία έχει επικυρωθεί για χρήση στη νόσο του Πάρκινσον και, πιο πρόσφατα, επίσης σε συντομευμένη μορφή (χρησιμοποιώντας μόνο έξι από τις αρχικές 16 ερωτήσεις) (Peretz et al., 2006) Ο φόβος για πτώσεις έχει συνδεθεί και με την ύπαρξη προηγούμενων πτώσεων αν και πιο καθοριστικοί προγνωστικοί παράγοντες πτώσεων είναι οι διαταραχές στην κίνηση, η μειωμένη κινητικότητα των κάτω άκρων και η ορθοστάτηση. (Williams et al., 2006) Η αυτόνομη αστάθεια ήταν ένας από τους λίγους παράγοντες που ανεξάρτητα προέβλεψε τον χρόνο μέχρι την πρώτη πτώση. Ένας άλλος δυνητικά ενδιαφέρον προγνωστικός παράγοντας των πτώσεων είναι η ερώτηση για προηγούμενες παραλίγο πτώσεις, καθώς αυτές μπορεί να προηγηθούν μιας κανονικής πτώσης, αλλά χρειάζεται παραπάνω διερεύνηση πως μπορεί να αναπτυχθεί ένας αξιόπιστος τρόπος διαπίστωσης των παραλίγο πτώσεων. (Pickering et al., 2007) Ένας ακόμα πιθανός προγνωστικός παράγοντας φαίνεται να αποτελεί η ηλικία και η κόπωση καθώς βρέθηκε πως τα ηλικιωμένα άτομα είχαν πιο αργούς χρόνους αντίδρασης και χρειάστηκαν περισσότερο χρόνο για να ολοκληρώσουν το TUG από τα νεότερα άτομα, υποδηλώνοντας μια συνδυαστική επίδραση της διαδικασίας γήρανσης και κόπωσης. (Papa et al., 2021) Οι Jehu et al βρήκαν πως ο δυναμικός έλεγχος στάσης αποκάλυψε καλύτερη διάκριση από τον στατικό μεταξύ των ομάδων ελέγχου στην έρευνα τους. Άτομα με ΝΠ που πέφτουν και δεν πέφτουν, και ενήλικες μεγαλύτερης ηλικίας υιοθέτησαν διαφορετικές αντισταθμιστικές στρατηγικές κατά τη διάρκεια στατικών και δυναμικών κινήσεων, παρέχοντας έτσι σημαντικές πληροφορίες για την αξιολόγηση του κινδύνου πτώσης. Συγκεκριμένα, τα άτομα με ΝΠ, ιδιαίτερα τα άτομα που πέφτουν, μειώνουν την κίνηση και την ταχύτητα του κορμού, πιθανότατα για να αυξήσουν τον έλεγχο της στάσης του κορμού κατά τη βάδιση. (Jehu and Nantel, 2018)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

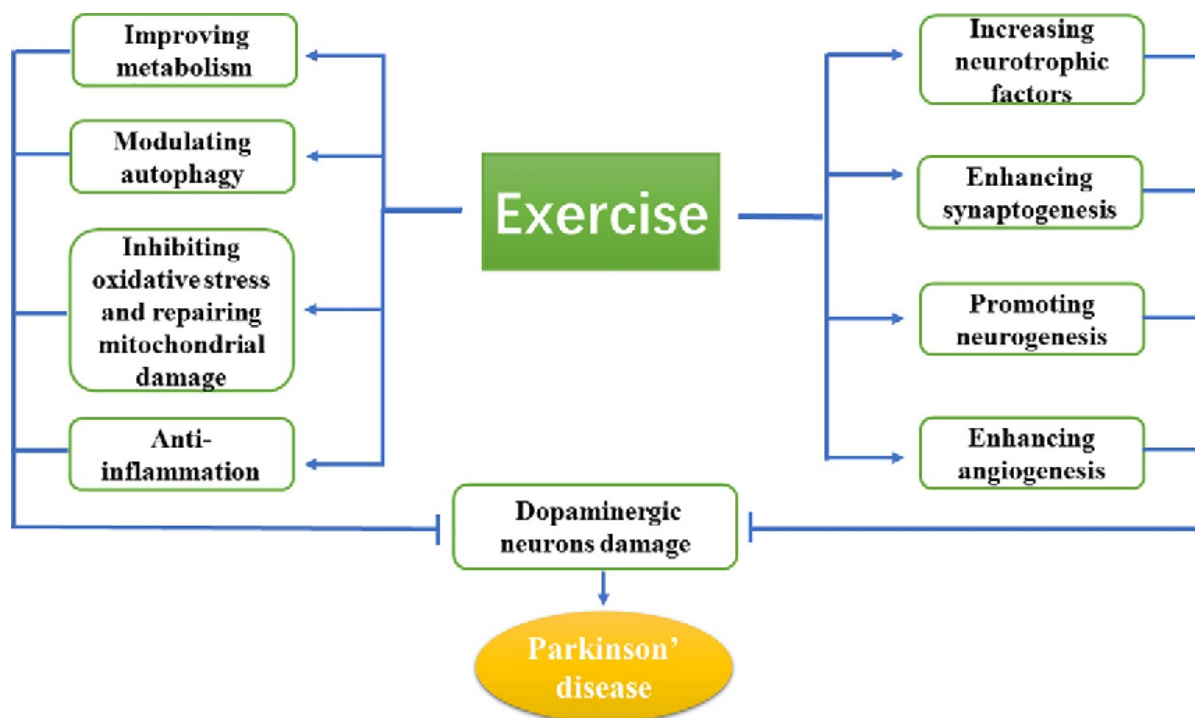
3.1 Βελτίωση ισορροπίας

3.1.1 Φυσικοθεραπεία και άσκηση στη Νόσο Πάρκινσον

Η άσκηση είναι ένα από τα πιο σημαντικά συστατικά της φυσικοθεραπείας, η οποία έχει αναπτυχθεί σημαντικά για την αποκατάσταση της νόσου Πάρκινσον τα τελευταία 25 χρόνια. Συγκεκριμένα, υπάρχει αυξανόμενο ενδιαφέρον για την κατανόηση των κινητικών δυσκολιών των ατόμων με ΝΠ, καθώς και για την εξέταση των αποτελεσμάτων της θεραπείας ειδικά στους τομείς της ισορροπίας και των διαταραχών βάδισης, των πτώσεων, της μυϊκής αδυναμίας και της μείωσης των λειτουργικών ικανοτήτων και της αερόβιας ικανότητας. Τις τελευταίες δύο δεκαετίες, σημαντικά στοιχεία έχουν δείξει ότι η φυσικοθεραπεία χρησιμοποιώντας διαφορετικές προσεγγίσεις άσκησης είναι αποτελεσματική και εφικτή στη μακροχρόνια αποκατάσταση της ΝΠ. (Mak et al., 2017) Τα αυξανόμενα στοιχεία δείχνουν ότι η άσκηση έχει θετικές επιπτώσεις στην ποιότητα ζωής των ηλικιωμένων και των ατόμων με νευροεκφυλιστικές διαταραχές. Η άσκηση έχει αποδειχθεί ότι βελτιώνει τόσο τα κινητικά όσο και τα μη κινητικά χαρακτηριστικά της ΝΠ. (van der Kolk and King, 2013) Επιπλέον, η άσκηση έχει συσχετιστεί με μειωμένο κίνδυνο εμφάνισης της νόσου του Πάρκινσον. Η φυσικοθεραπεία ως παρέμβαση προτείνεται για την ενίσχυση της ισορροπίας, της βάδισης, της μυϊκής δύναμης, της αερόβιας ικανότητας και της λειτουργικής κινητικότητας. (Keus et al., 2014) Μελέτες της ΝΠ πρότειναν ότι η άσκηση και η μάθηση μπορούν να προκαλέσουν μια δυναμική αλληλεπίδραση μεταξύ εκφυλιστικών μηχανισμών και μηχανισμών νευροαποκατάστασης και έχει υποτεθεί ότι οι εξαρτώμενες από τη δραστηριότητα διεργασίες μπορούν να επηρεάσουν τη ντοπαμινεργική και γλουταμινεργική νευροδιαβίβαση, ρυθμίζοντας έτσι την υπερδιέγερση που προκαλείται στο φλοιό. (Hirsch and Farley, 2009) Οι Fisher et al. τεκμηρίωσαν πως η άσκηση μπορεί να οδηγήσει σε νευροπλαστικότητα στη ντοπαμινεργική σηματοδότηση (αύξηση του δυναμικού δέσμευσης του υποδοχέα ντοπαμίνης D2) και να συμβάλει στη βελτίωση της λειτουργικότητας σε τέσσερις ασθενείς με ΝΠ πρώιμου σταδίου που ασκούσαν σε διάδρομο. (Fisher et al., 2013) Σε άτομα ήπιας έως μέτριας ΝΠ, η μορφομετρία βασισμένη σε voxel έδειξε συγκεκριμένες αλλαγές στη φαιά ουσία που εξαρτώνται από τη μάθηση (εκπαίδευση ισορροπίας) που συσχετίστηκαν με βελτιώσεις στην απόδοση. (Sehm et al., 2014) Η αναγκαστική άσκηση προκάλεσε αλλαγές στη συνδεσιμότητα του εγκεφάλου που ήταν συγκρίσιμες με τη φαρμακευτική αγωγή. (Beall et al., 2013) Η άσκηση μπορεί να αυξήσει τη

συναπτική δύναμη και να ενισχύσει τα λειτουργικά κυκλώματα, με αποτέλεσμα τη βελτιωμένη συμπεριφορά σε άτομα με ΝΠ. Ως εκ τούτου, η επαγόμενη από την άσκηση πλαστικότητα του εγκεφάλου (δηλαδή, η ικανότητα των κυττάρων του κεντρικού νευρικού συστήματος να τροποποιούν τη δομή και τη λειτουργία τους ως απόκριση σε μια ποικιλία εξωτερικών ερεθισμάτων, π.χ. εμπειρία) είναι πιθανό να αντιπροσωπεύει τη νευρική βάση της αποκατάστασης για τη Νόσο Πάρκινσον. (Petzinger et al., 2013) Επιπλέον, αυξανόμενα στοιχεία υποδηλώνουν ότι η σωματική άσκηση μειώνει το χρόνιο οξειδωτικό στρες (αυξημένη βιογένεση μιτοχονδρίων και αυξημένη ρύθμιση της αυτοφαγίας) και διεγείρει τη σύνθεση νευροδιαβιβαστών και τροφικών παραγόντων. (Monteiro-Junior et al., 2015) Και τα δύο αυτά νευροχημικά φαινόμενα συμβάλλουν στη νευροπλαστικότητα. Σημαντική παρατήρηση αποτελεί το γεγονός πως τα ποσοστά εξέλιξης των κινητικών συμπτωμάτων και της σωματικής απόδοσης παρουσιάζουν μείωση μεταξύ 2% και 7% ετησίως σε άτομα της κοινότητας με νόσο του Πάρκινσον. Ωστόσο, οι επιπτώσεις των συνεχιζόμενων συμπεριφορών άσκησης των πασχόντων, στους ρυθμούς εξέλιξης των συμπτωμάτων δεν έχουν ληφθεί υπόψη. Η έρευνα των Miller et al απέδειξε πως σε μια ομάδα τακτικών ασκούμενων με ΝΠ με διάρκεια 5 ετών, οι ετήσιοι ρυθμοί προόδου για όλες τις μεταβλητές αυτής της μελέτης, προσαρμοσμένες και μη προσαρμοσμένες, δεν ξεπέρασαν το 1,7% σε χρονικά σημεία, μικρότερο ποσοστό του 2-7% που αναφέρεται για άτομα που δεν ασκούνται. (Miller et al., 2019) Καθοριστικό ρόλο, επίσης, φαίνεται να παίζει και ο χρόνος έναρξης της άσκησης. Η έρευνα των Yang et al έδειξε πως η εφαρμογή ενός πλάνου άσκησης βελτίωσε τις κινητικές ικανότητες και την ποιότητα ζωής σε ασθενείς με ΝΠ, ειδικά στην πρώιμης έναρξης ομάδα άσκησης. Αυτά τα δεδομένα υποστηρίζουν την ιδέα ότι η επιδιωκόμενη άσκηση θα πρέπει να εφαρμοστεί ως μέρος της στρατηγικής αποκατάστασης για ασθενείς με ΝΠ όσο το δυνατόν νωρίτερα. (Yang et al., 2022)

Ως ομάδα, οι θεραπείες της φυσικοθεραπείας για την ΝΠ έχουν δείξει σταθερές βελτιώσεις σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της βάδισης (δηλαδή, μήκος βήματος και ρυθμός). (Tomlinson et al., 2012) Συγκεκριμένα, η προπόνηση σε διάδρομο θεωρείται ως μία από τις καλύτερες παρεμβάσεις για τη βελτίωση της ταχύτητας βάδισης (μαζί με την καρδιο-αναπνευστική ικανότητα). (Mehrholtz et al., 2015) Ωστόσο, η διατήρηση των οφελών είναι βραχείας διάρκειας και υπάρχουν λίγα στοιχεία σχετικά με την προσεκτική παρακολούθηση της βάδισης («dual-tasking», διαχείριση εμποδίων, κ.λπ.) και, γενικότερα, την κοινωνικογνωστική αλληλεπίδραση. Εκτός από την παραδοσιακή φυσικοθεραπεία, ασκήσεις βασισμένες στη νέα τεχνολογία, όπως η εικονική πραγματικότητα και η εκπαίδευση με τη βοήθεια ρομπότ καθώς και συμπληρωματικές ασκήσεις όπως Tai Chi, χορός, Qigong και γιόγκα έχουν δείξει οφέλη για τη βελτίωση των κινητικών και μη λειτουργιών στην Νόσο Πάρκινσον.



Εικόνα 3: Ο μηχανισμός της άσκησης βελτιώνει τη νόσο Πάρκινσον. Η άσκηση μπορεί να μειώσει τη βλάβη των ντοπαμινεργικών νευρώνων μειώνοντας τη φλεγμονή, αναστέλλοντας το οξειδωτικό στρες και επιδιορθώνοντας τη μιτοχονδριακή βλάβη, ρυθμίζοντας την αυτοφαγία και την επαγωγή νευροτροφικών παραγόντων, τη νευρογένεση και την αγγειογένεση.

Πηγή: (Mak and Wong-Yu, 2019)

3.1.2 Κινητική Μάθηση στη Νόσο Πάρκινσον

Η σωματική άσκηση και οι νευροπλαστικές αλλαγές που σχετίζονται με την άσκηση είναι τα βασικά στοιχεία της κινητικής μάθησης. Ωστόσο, ένα κρίσιμο ερώτημα είναι εάν οι ασθενείς με ΝΠ διατηρούν επαρκή ικανότητα για να αποκτήσουν εκ νέου ή να μάθουν νέες δεξιότητες. Η απάντηση από τη βιβλιογραφία σε αυτό το ερώτημα είναι ασαφής και γίνεται πιο περίπλοκη από το γεγονός ότι η ντοπαμινεργική φαρμακευτική αγωγή μπορεί να ενισχύσει τις κινητικές διαδικασίες που εμπλέκονται στην εκμάθηση μια αλληλουχίας κινήσεων, αλλά μπορεί να παρεμβαίνει και σε διαδικασίες που σχετίζονται με τη γνώση. Δεδομένου ότι το ραβδωτό σώμα εμπλέκεται στην ενοποίηση και την αυτοματοποίηση του μαθημένου υλικού, θα μπορούσε να υποθεθεί ότι η κινητική μάθηση επηρεάζεται σημαντικά στην ΝΠ. Ωστόσο, ένας αριθμός μελετών έδειξε ότι στη ΝΠ η απόκτηση απλών κινήσεων ή πολύπλοκων δεξιοτήτων (συμπεριλαμβανομένης της διπλής εργασίας) διατηρείται, αν και τα ποσοστά μάθησης και η απόδοση μειώνονται σε σύγκριση με τους ελέγχους υγιών ατόμων (Nieuwboer et al., 2009). Είναι επίσης προφανές ότι η μαθησιακή ικανότητα στη ΝΠ επηρεάζεται θετικά από τη χρήση της «επαυξημένης ανατροφοδότησης», η οποία, ωστόσο, συνεπάγεται πιθανή επιδείνωση της

απόδοσης όταν αφαιρεθούν τα ερεθίσματα «επαυξημένης ανατροφοδότησης», ή αλλάζουν οι περιβαλλοντικές συνθήκες. Από την άλλη πλευρά, η ενοποίηση και η διατήρηση είναι σημαντικά μειωμένες σε άτομα με ΝΠ. (Marinelli et al., 2009) Η δοκιμή RESCUE κατέγραψε μια περιορισμένη ικανότητα διατήρησης και μεταφοράς της μάθησης. (Nieuwboer et al., 2007) Ωστόσο, τα αποτελέσματα μεταφοράς είναι πιθανό να ενισχυθούν εάν εξωτερικά ερεθίσματα ενσωματωθούν στην κεντρική αναπαράσταση του κινητικού προγράμματος. Επιπλέον, πρόσφατες έρευνες υποδηλώνουν ότι ο συνδυασμός τεχνικών φυσικοθεραπείας και νευροτροποποίησης μπορεί να ενισχύσει την αποτελεσματικότητα της προπόνησης και να βελτιώσει τη διατήρηση της κινητικής μάθησης ρυθμίζοντας τη διεγερσιμότητα συγκεκριμένων περιοχών του φλοιού. (Moisello et al., 2015) Τα αποτελέσματά μιας έρευνας που διεξήχθη με σκοπό την εύρεση των αποτελεσμάτων της αερόβιας άσκησης στην μνήμη και κατ' επέκταση στην κινητική μάθηση, υποδηλώνουν ότι μία, μόνο, περίοδος αερόβιας άσκησης μέτριας έντασης είναι αποτελεσματική στη βελτίωση της εδραίωσης των κινητικών δεξιοτήτων σε ασθενείς με ΝΠ. Έτσι, η οξεία άσκηση μπορεί να αντιπροσωπεύει μια αποτελεσματική στρατηγική για την ενίσχυση του σχηματισμού κινητικής μνήμης σε αυτόν τον πληθυσμό. (Steib et al., 2018)

3.2 Μορφές άσκησης για βελτίωση της ισορροπίας

Η σωματική άσκηση προτάθηκε αρχικά ως θεραπεία της ΝΠ πριν από πολλά χρόνια και οι θεραπείες αποκατάστασης θεωρήθηκαν ως επικουρικές μη φαρμακολογικές και μη χειρουργικές θεραπείες με στόχο τη μεγιστοποίηση των λειτουργικών ικανοτήτων, τη βελτίωση της ποιότητας ζωής και την ελαχιστοποίηση των δευτερογενών επιπλοκών (Clark et al., 1956) Ωστόσο, τέτοιες προσεγγίσεις βασίστηκαν σε εμπειρικά δεδομένα με ανεπαρκή γνώση των υποκείμενων μηχανισμών. Τα κλινικά στοιχεία βασίστηκαν σε μελέτες κακής ποιότητας, σε μεγάλο βαθμό ετερογένειας του δείγματος και χωρίς ενιαία συνέπεια. Ωστόσο, την τελευταία δεκαετία, τόσο ο αριθμός όσο και η ποιότητα των ερευνών που αξιολογούν την αποτελεσματικότητα της φυσικοθεραπείας στην ΝΠ έχουν αυξηθεί σημαντικά.

Βασισμένοι στο πιο ενημερωμένο «International Parkinson and Movement Disorder Society Evidence-Based Medicine Review» το 2018, , η θεραπευτική άσκηση βρέθηκε πιθανότατα αποτελεσματική και κλινικά χρήσιμη στη θεραπεία των κινητικών συμπτωμάτων ως συμπλήρωμα σε φαρμακολογικές παρεμβάσεις. Αυτή η σύσταση σχετίζεται στενά με την αναδυόμενη τάση της υιοθέτησης διαφορετικών στρατηγικών άσκησης σε ερευνητικές μελέτες υψηλής ποιότητας, και την αποτελεσματικότητα της τακτικής άσκησης στη βελτίωση των κινητικών λειτουργιών και της κινητικότητας τα τελευταία 20 χρόνια. (Fox et al., 2018)

3.2.1 Προπόνηση βάδισης με συνθήματα (Cueing)

Η χρήση εξωτερικών ρυθμικών ενδείξεων έχει προταθεί για την προώθηση της κινητικής μάθησης στη ΝΠ όπως ορίζεται από την αυξημένη μάθηση, τον αυτοματισμό και τη διατήρηση. (Rochester et al., 2010) Μια μετα-ανάλυση ανέφερε ότι η κινητική θεραπεία με βάση τη μουσική παρήγαγε βραχυπρόθεσμα αποτελέσματα στην απόδοση βάδισης στον πληθυσμό με ΝΠ. (de Dreu et al., 2012) Η προπόνηση βάδισης με συνθήματα μουσικής έδειξε ασημαντή αλλά ουσιαστική βελτίωση στο μήκος του βηματισμού, στην ισορροπία και στη λειτουργική απόδοση. Η μουσική ως εξωτερικό σύνθημα μπορεί να διευκολύνει πιο σύνθετες κινήσεις κατά τη διάρκεια δύσκολων δραστηριοτήτων, βελτιώνοντας έτσι τις αποκρίσεις στάσης, τη βάδιση με «dual-tasking», δηλαδή με εκτέλεση δύο δραστηριοτήτων παράλληλα και τη μυϊκή δύναμη. (McNeely et al., 2015) Μια άλλη μετα-ανάλυση έδειξε ότι η ακουστική ένδειξη βελτίωσε τον ρυθμό, την ταχύτητα βάδισης και το μήκος βήματος, ενώ η οπτική ένδειξη αύξησε μόνο το μήκος βήματος. (Spaulding et al., 2013) Τα θετικά αποτελέσματα θα μπορούσαν να διατηρηθούν έως και 3-4 εβδομάδες μετά την ολοκλήρωση της προπόνησης. Η ακουστική ένδειξη προτάθηκε να είναι καλύτερη μέθοδος από την οπτική ένδειξη για αποκατάσταση βάδισης σε ΝΠ, καθώς το ακουστικό μας σύστημα είναι πιο ευαίσθητο στην επεξεργασία χρονικών πληροφοριών και επομένως αντιδρά πιο γρήγορα από το οπτικό σύστημα. (Thaut et al., 2001) Η βελτίωση της απόδοσης στη βάδιση είναι πιθανό να οφείλεται στην καλύτερη ενεργοποίηση του νευρικού κυκλώματος και στο συγχρονισμό της κίνησης με τον δυνατό, χρονικό μουσικό ρυθμό. Αυτή η ενεργοποίηση αντισταθμίζει την ελαττωματική λειτουργία εσωτερικού χρονισμού και μπορεί να μεταφράσει τα πλεονεκτήματα του σήματος σε άλλες λειτουργίες. Οι σημαντικές επιδράσεις της μουσικής σε άτομα με ΝΠ παίζουν πολλά υποσχόμενο ρόλο στη διευκόλυνση της συντονισμένης κίνησης και στην αυτοματοποίηση του ελέγχου της στάσης. (Nombela et al., 2013) Με βάση μια πρόσφατη έρευνα, η οποία βρήκε θετικά αποτελέσματα της πολυτροπικής προπόνησης ισορροπίας σε άτομα με ήπια έως μέτρια ΝΠ, με μεγαλύτερα και πιο παρατεταμένα αποτελέσματα όταν προστέθηκαν ρυθμικά ακουστικά ερεθίσματα. Επιπλέον, διεξήχθη και μια έρευνα η οποία συμπέρανε πως τόσο η πολυτροπική προπόνηση ισορροπίας που υποστηρίζεται από ρυθμικά ακουστικά ερεθίσματα όσο και η τακτική πολυτροπική προπόνηση ισορροπίας χωρίς ακουστικά ερεθίσματα, βελτιώνουν την ισορροπία σε ασθενείς με ΝΠ σε προχωρημένα στάδια της νόσου. Τα αποτελέσματα φαίνεται να διατηρούνται περισσότερο στην ομάδα προπόνησης με ρυθμικά ακουστικά ερεθίσματα. (Capato et al., 2020)

Η προπόνηση βάδισης με συνθήματα είναι, επίσης, μια χρήσιμη στρατηγική αποκατάστασης για την αντιμετώπιση του FOG σε άτομα πιο προχωρημένης νόσου. (Mak et al., 2017) Τα εξωτερικά ερεθίσματα μπορούν να διευκολύνουν τη διαδικασία έναρξης και/ή συνέχισης της

βάδισης, βοηθώντας τα άτομα με ΝΠ να επικεντρωθούν στη βάδιση ή/και να μετατοπίσουν την προσοχή τους πίσω στη βάδιση όταν εμφανίζεται FOG. (Morris et al., 2010) Τα εξωτερικά ερεθίσματα που χρησιμοποιούνται περιλαμβάνουν ακουστικά ή σωματο-αισθητηριακά ερεθίσματα και ρυθμικά ακουστικά ερεθίσματα που χρησιμοποιούν ρυθμούς του μετρονόμου. (Fietzek et al., 2014) Τα ακουστικά ερεθίσματα φάνηκαν επίσης πιο αποτελεσματικά από τα οπτικά ερεθίσματα για το FOG. (Zhao et al., 2016) Ωστόσο, η προπόνηση βάδισης με συνθήματα σε συνδυασμό με την άσκηση εφαρμόζονταν συνήθως για μικρή διάρκεια 2-3 εβδομάδων και είχαν ως αποτέλεσμα μόνο άμεσα οφέλη. Για παράδειγμα, η προπόνηση βάδισης με ακουστικά/σωματο-αισθητικά ερεθίσματα και οι στρατηγικές κίνησης με υποδείξεις μείωσαν την αντιληπτή σοβαρότητα του FOG σε άτομα με νόσο Πάρκινσον που το αντιμετωπίζουν. (Fietzek et al., 2014) Οι μακροπρόθεσμες επιπτώσεις του συνδυασμού σηματοδότησης και φυσικής προπόνησης παραμένουν άγνωστες και απαιτούνται μελλοντικές έρευνες. Πρόσφατα, αρκετές έρευνες έχουν διερευνήσει πιο προηγμένη τεχνολογία σηματοδότησης για FOG σε ΝΠ. Η χρήση μιας συσκευής βάδισης με οπτική ένδειξη λείζερ βρέθηκε ότι μειώνει μέτρια τη σοβαρότητα του FOG. (Donovan et al., 2011) Αναφέρθηκε ότι η δημιουργία νέων ερεθισμάτων με χρήση παπουτσιών με λείζερ μειώνει τον αριθμό και τη διάρκεια των επεισοδίων FOG. (Barthel et al., 2018) Ωστόσο, τα θετικά αποτελέσματα αυτών των μεθόδων συνεχούς παροχής ερεθισμάτων, μπορεί να μειωθούν με την πάροδο του χρόνου ή να γίνουν λιγότερο σημαντικά στο καθημερινό περιβάλλον. Αυτή η θεραπευτική προσέγγιση πιθανώς μπορεί να ενισχύσει τη μακροπρόθεσμη αποτελεσματικότητα στη διαχείριση του FOG σε καθημερινή βάση, ακόμη και σε ποικίλο και πολύπλοκο περιβάλλον βάδισης. Συγκεκριμένα, η εκπαίδευση με οπτικό και ακουστικό σήμα καθώς και η εκπαίδευση σε διάδρομο είναι αποτελεσματικές παρεμβάσεις για το FOG και τις διαταραχές της βάδισης σε ασθενείς με ΝΠ. (Rutz and Benninger, 2020) Σε γενικές γραμμές, η προπόνηση βάδισης με συνθήματα είναι συνήθως συγκεκριμένη για τη βελτίωση των κινητικών λειτουργιών και επομένως δεν έχει καμία γνωστή επίδραση στα μη κινητικά συμπτώματα της ΝΠ.

3.2.2 Γρήγορο περπάτημα

Το γρήγορο περπάτημα είναι μια βολική και μέτριας έντασης άσκηση για την ενίσχυση της αερόβιας ικανότητας και της ικανότητας βάδισης για άτομα με ΝΠ. (Tully et al., 2005) Αυτή η αερόβια προπόνηση αντοχής δίνει έμφαση στη βάδιση με ρυθμό πιο γρήγορο από το κανονικό και με μεγαλύτερα βήματα, έναν καλό συντονισμό επαρκούς ταλάντευσης του χεριού και περιστροφής του κορμού. Η προσέγγιση απαιτεί από τους συμμετέχοντες να φτάσουν τουλάχιστον σε μια ένταση προπόνησης 40-50% του μέγιστου καρδιακού ρυθμού. (Shulman et al., 2013) Επιπλέον, η επανεκπαίδευση της βάδισης με γρήγορο περπάτημα είναι χρήσιμη

για τη βελτίωση της κινητικότητας του κορμού και αύξηση της κίνησης ταλάντευσης του χεριού κατά τη βάδιση στην ΝΠ. Δεδομένου ότι η ΝΠ είναι μια προοδευτική νευροεκφυλιστική νόσος, είναι απαραίτητο να προωθηθούν οι μακροπρόθεσμες σωματικές λειτουργίες, το επίπεδο δραστηριότητας και η τήρηση της άσκησης. Διερευνήθηκαν τα αποτελέσματα ενός προγράμματος γρήγορου περπατήματος σε άτομα που κατοικούν στην κοινότητα με ήπια έως μέτρια ΝΠ. Υπήρξαν σημαντικές βελτιώσεις στην ικανότητα βάδισης και τον συνολικό ημερήσιο αριθμό βημάτων στην ομάδα γρήγορου περπατήματος μετά από 6 εβδομάδες προπόνησης. Τα θετικά αποτελέσματα της ικανότητας βάδισης εμφανίζονται σε 6 εβδομάδες μετά το τέλος της θεραπείας. Ένα άλλο πρόγραμμα αερόβιας άσκησης υψηλής έντασης 8 εβδομάδων σε άτομα με ΝΠ βελτίωσε τις στροφικές κινήσεις, τις μετρήσεις βάδισης και τον συντονισμό κατά τη διάρκεια διαδοχικών κινήσεων στις μεταφορές θέσεων, όπως μετρήθηκε με την χρήση του TUG. (Miller Koop et al., 2019) Μια πρόσφατη εν εξελίξει μελέτη έδειξε περαιτέρω ότι ένα πρόγραμμα γρήγορου περπατήματος βασισμένο στην τεχνολογία κινητής τηλεφωνίας ήταν ασφαλές και εφικτό και βελτίωσε τη δυναμική ισορροπία και την απόδοση της κίνησης και την αερόβια ικανότητα για άτομα με ΝΠ μετά την προπόνηση. Τα χαρακτηριστικά της άσκησης του ατόμου ως προς τη συχνότητα και την ένταση παρακολουθούνται συνεχώς από έναν προσωπικό ανιχνευτή δραστηριότητας και τα δεδομένα συλλέγονται μέσω μιας διαδικτυακής πύλης για αναλύσεις. Περαιτέρω μελέτη είναι σημαντική για την εξέταση των μακροπρόθεσμων επιπτώσεων του προγράμματος γρήγορου περπατήματος στα κινητικά και μη κινητικά συμπτώματα ΝΠ καθώς και στη συμμόρφωση των συμμετεχόντων στην αερόβια άσκηση. (Benka Wallén et al., 2015) Με βάση τα πιο σύγχρονα δεδομένα η αερόβια άσκηση είναι ικανή να προάγει βελτιώσεις στη βάδιση (ταχύτητα βάδισης και μήκος βηματισμού), την κινητικότητα και τη μυϊκή δύναμη κάτω άκρων σε άτομα με ΝΠ στα πρώιμα έως ελαφρώς προχωρημένα στάδια. Δεν διαπιστώθηκε σημαντική βελτίωση στην ποιότητα ζωής λόγω της αερόβιας άσκησης. (de Oliveira et al., 2021)

3.2.3 Περπάτημα Nordic

Το περπάτημα Nordic είναι μια προπόνηση αερόβιας βάδισης με ειδικά σχεδιασμένα μπατόν. Το μπατόν μοιάζει με μπατόν του σκι αλλά με λαστιχένιες άκρες, ρυθμιζόμενο μήκος και λουρί. Το περπάτημα Nordic εξελίχθηκε από μια δραστηριότητα εκπαίδευσης σκι εκτός εποχής, γνωστή ως περπάτημα σκι στη Φινλανδία, δεκαετία του 1980. Έγινε δημοφιλές μεταξύ αθλητών, καθώς και ατόμων με ΝΠ. Υπάρχουν τέσσερα βήματα εκμάθησης του περπατήματος Nordic. Το πρώτο βήμα είναι το περπάτημα με κίνηση χεριού αλλά χωρίς να κρατάτε τα μπατόν.. Το δεύτερο βήμα εκμάθησης είναι να πιάσετε ελαφρά τα μπατόν με τα δάχτυλα και να περπατήσετε με τα χέρια σε ταλάντευση. Το επόμενο βήμα προόδου είναι να κρατάτε τα

μπατόν με τα χέρια και να τα σπρώχνετε στο έδαφος όσο το δυνατόν πιο πίσω όταν ο βραχίονας κινείται πίσω από τον κορμό κατά την διάρκεια ταλάντευσής του. Το τελευταίο βήμα είναι να απελευθερώσετε τη χειρολαβή στο τέλος της ταλάντευσης και να την πιάσετε ξανά στην αρχή της ταλάντευσης με το χέρι. Το περπάτημα Nordic περιλαμβάνει τα χέρια στο περπάτημα και απαιτεί μεγάλα βήματα και μεγάλη ταλάντευση χεριού που μπορεί να ενεργοποιήσει πολλούς σημαντικούς μύες του σώματός μας. Με αυτόν τον τρόπο το περπάτημα Nordic αυξάνει το μήκος του βήματος και την ταχύτητα βαδίσματος, κινητοποιεί το χέρι και τους ώμους και έχει καλύτερη απόδοση στη βάδιση.

Μερικές μελέτες έχουν εξετάσει τα αποτελέσματα του περπατήματος Nordic σε άτομα με ΝΠ. Αυτές οι μελέτες είχαν δείγματα από 19 έως 33 άτομα και η εκπαίδευση διήρκεσε από 6 εβδομάδες (Monteiro et al., 2017; van Eijkeren et al., 2008) έως 12 εβδομάδες. (Cugusi et al., 2015) Μια μελέτη είχε μεγαλύτερο δείγμα 90 ασθενών με ΝΠ και η εκπαίδευση διήρκεσε 6 μήνες. (Reuter et al., 2011) Μετά από 6-12 εβδομάδες προπόνησης, το περπάτημα Nordic βρέθηκε να είναι βελτιώνει τη ταχύτητα βάδισης, την αντοχή στη βάδιση και τη λειτουργική κινητικότητα, παραδείγματος χάρη η μεταφορά από καθιστή θέση σε όρθια στάση. (van Eijkeren et al., 2008) Η βάδιση και το στρίψιμο μετρούνται με τον χρονομετρημένο Time up and go test. (Monteiro et al., 2017) Οι Cugusi et al. (2015) ανέφεραν επίσης βελτιώσεις στην απόδοση ισορροπίας και στη δύναμη των κάτω άκρων. (Cugusi et al., 2015) Σε συμφωνία με τα παραπάνω πορίσματα βρίσκεται μια ακόμη έρευνα, όπου συμπέρανε πως η εξάμηνη προπόνηση με περπάτημα Nordic είχε ευεργετικά αποτελέσματα στην αυξημένη ταχύτητα βάδισης, στο αυξημένο μήκος διασκελισμού και στη μειωμένη μεταβλητότητα βάδισης. (Reuter et al., 2011) Με βάση τους Szeffler-Derela et al το πρόγραμμα περπατήματος Nordic 6 εβδομάδων βελτιώνει τη λειτουργική απόδοση, την ποιότητα βάδισης και την ποιότητα ζωής σε ασθενείς με ΝΠ και έχει συγκρίσιμη αποτελεσματικότητα με την τυπική αποκατάσταση. (Szeffler-Derela et al., 2020) Η αυξημένη μεταβλητότητα βάδισης είναι χαρακτηριστικό της ΝΠ και συσχετίστηκε με κίνδυνο πτώσεων. Επομένως, μια μεγαλύτερη ταχύτητα και ένα πιο σταθερό μοτίβο βάδισης θα μπορούσε να βελτιώσει τη σταθερότητα και να μειώσει τον κίνδυνο πτώσης. Δύο έρευνες ανέφεραν, επίσης, καλύτερη ποιότητα ζωής (van Eijkeren et al., 2008) και μειωμένη καταθλιπτική διάθεση και κόπωση. (Cugusi et al., 2015) Μόνο μια μελέτη εξέτασε τα αποτελέσματα του περπατήματος Nordic όσον αφορά τις μεταφορές και διαπίστωσε ότι οι βελτιώσεις στην ταχύτητα βάδισης και στη λειτουργική κινητικότητα διατηρήθηκαν για 5 μήνες μετά την ολοκλήρωση της προπόνησης. (van Eijkeren et al., 2008) Είναι ενδιαφέρον ότι οι Herfurth et al. (2015) παρατήρησαν ότι τα άτομα με ΝΠ που είχαν μεγαλύτερη αδυναμία στη μία πλευρά του σώματός τους, είχαν μεγαλύτερη βελτίωση στην απόδοση βάδισης. (Herfurth et al., 2015) Τα μπατόν μπορεί να αντιπροσώπευαν εξωτερικά ερεθίσματα για να

ωθήσουν τους ασθενείς να χρησιμοποιήσουν τον πιο προσβεβλημένο βραχίονα και να αποκαταστήσουν την ισορροπία της χρήσης των αμφίπλευρων βραχιόνων. Συνοπτικά, το περπάτημα Nordic αυξάνει την ταχύτητα και την αντοχή στη βάδιση σε άτομα με ΝΠ. Οι περισσότερες μελέτες έχουν μικρό μέγεθος δείγματος και οι μακροπρόθεσμες επιπτώσεις του περπατήματος Nordic δεν είναι ξεκάθαρες. Απαιτούνται περισσότερες μελέτες για να εξεταστούν οι επιπτώσεις του περπατήματος Nordic στη λειτουργία, την ισορροπία και την ποιότητα ζωής.

3.2.4 Εκπαίδευση βάδισης με διάδρομο

Πολλές μελέτες έχουν εξετάσει την επιρροή της βάδισης με διάδρομο σε άτομα με ΝΠ και τα αποτελέσματα είναι θετικά. Κατά τη διάρκεια της προπόνησης στη βάδιση με διάδρομο, τα άτομα με ΝΠ φορούσαν μια ζώνη για να έχουν στήριξη του κορμού, για την πρόληψη της πτώσης (Bello et al., 2013; Picelli et al., 2013; Toole et al., 2005) με ή χωρίς μερική υποστήριξη του σωματικού βάρους. (Ganesan et al., 2014; Miyai et al., 2002) Κατά τη διάρκεια μιας προπόνησης, τα άτομα με ΝΠ ενθαρρύνθηκαν να περπατούν με μεγάλο βηματισμό. Η ταχύτητα του ιμάντα του διαδρόμου συνήθως ξεκινούσε από το 40-50% της ταχύτητας βαδίσματος των ατόμων. Υπάρχουν δύο κύρια πρωτόκολλα εκπαίδευσης. Τα άτομα με ΝΠ εκπαιδεύτηκαν να βαδίζουν με σταθερή ταχύτητα και η ταχύτητα θα αυξανόταν στην επόμενη συνεδρία. (Herman et al., 2007) Ορισμένες μελέτες αύξησαν την ταχύτητα του ιμάντα διαδρόμου σταδιακά για να μπορούν οι ασθενείς να βαδίζουν με τη μέγιστη ανεκτή ταχύτητά τους. (Cakit et al., 2007) Τα άτομα με ΝΠ έκαναν προπόνηση βάδισης στον διάδρομο δύο με τρεις συνεδρίες την εβδομάδα και η προπόνηση διήρκεσε τέσσερις με οχτώ εβδομάδες συνολικά. Αυτές οι μελέτες ανέφεραν, με συνέπεια, θετικές επιδράσεις της προπόνησης σε διάδρομο στην ταχύτητα βάδισης, το μήκος του διασκελισμού και την αντοχή στη βάδιση. Ορισμένες μελέτες ανέφεραν επίσης βελτίωση στη συνολική απόδοση ισορροπίας. (Ganesan et al., 2014) Η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της βάδισης σε διάδρομο πραγματοποιήθηκε σε αρκετές μελέτες και απέδειξαν ότι τα αποτελέσματα της προπόνησης σε διάδρομο θα μπορούσαν να διατηρηθούν για τρεις έως έξι μήνες μετά την ολοκλήρωση της προπόνησης. Μια πρόσφατη έρευνα εξέτασε την επίδραση της υψηλής έντασης προπόνησης σε διάδρομο στα κινητικά συμπτώματα σε ασθενείς με «de novo PD» (δηλαδή, εκείνους που δεν έχουν ξεκινήσει φαρμακευτική αγωγή κατά της ΝΠ). (Schenkman et al., 2018) Η ομάδα προπόνησης σε διάδρομο υψηλής έντασης εκτέλεσε προπόνηση βάδισης με διάδρομο που στοχεύει στο 80–85% του μέγιστου καρδιακού ρυθμού, ενώ η ομάδα προπόνησης σε διάδρομο μέτριας έντασης στόχευσε στο 60–65% του μέγιστου καρδιακού ρυθμού. Η εκπαίδευση διήρκεσε 6 μήνες. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι μόνο η ομάδα υψηλής έντασης είχε λιγότερη αλλαγή στη βαθμολογία των κινητικών

συμπτωμάτων σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου της λίστας αναμονής. Η προπόνηση υψηλής έντασης σε διάδρομο δεν οδήγησε σε σοβαρές δυσμενείς επιπτώσεις. Αυτά τα ευρήματα καταδεικνύουν ότι η προπόνηση υψηλής έντασης σε διάδρομο είναι εφικτή σε άτομα με ΝΠ σε πρώιμο στάδιο και απαιτείται περαιτέρω μελέτη της αποτελεσματικότητας της προπόνησης σε διάδρομο για να εξεταστούν τα κλινικά οφέλη. Επίσης, μια ακόμα έρευνα έφερε στο φως το συμπέρασμα πως μια προπόνηση σε διάδρομο ήπιας έως μέτριας έντασης έχει σημαντικά και επίμονα οφέλη για την ισορροπία, τη λειτουργική ικανότητα και την ποιότητα ζωής σε ασθενείς με ΝΠ. (Arfa-Fatollahkhani et al., 2019)

Η επίδραση της προπόνησης είναι συγκεκριμένη για κάθε εργασία. Αποτελείται από μια επαναλαμβανόμενη πρακτική βάρδισης με σταδιακή αύξηση της ταχύτητας του ιμάντα του διαδρόμου που οδηγεί σε αύξηση της ταχύτητας και της αντοχής της βάρδισης. Επιπλέον, τα άτομα με ΝΠ ενθαρρύνθηκαν και υπενθυμίστηκαν να βαδίζουν με μακρύ βηματισμό, και αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει σε αύξηση του μήκους του διασκελισμού. Είναι ενδιαφέρον ότι ακόμη και οι ασθενείς φορούσαν ζώνη κατά τη διάρκεια της προπόνησης σε διάδρομο, η απόδοση ισορροπίας βελτιώθηκε. (Ganesan et al., 2014; Picelli et al., 2013) Είναι πιθανό η βάρδιση σε όρθια θέση να περιλαμβάνει έλεγχο του κορμού και ρύθμιση της στάσης του σώματος. Η έναρξη και η διακοπή της προπόνησης σε διάδρομο εκπαιδεύουν την προσαρμογή της στάσης των ατόμων με ΝΠ. Μετά από εντατική προπόνηση στη βάρδιση, ο μαθημένος έλεγχος της στάσης θα μπορούσε να μεταφερθεί στη διατήρηση της ισορροπίας κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων ορθοστάτησης και βάρδισης σε μη κεκλιμένο έδαφος. Το ενθαρρυντικό αποτέλεσμα της προπόνησης σε διάδρομο μετά την ολοκλήρωση της θεραπείας υποδηλώνει ότι η κινητική μάθηση είναι ακόμα δυνατή σε άτομα με ΝΠ και κάποιες νευροπλαστικές αλλαγές θα μπορούσαν να έχουν συμβεί, οδηγώντας σε μακροπρόθεσμη βελτίωση.

3.2.5 Εκπαίδευση ισορροπίας

Γενικά, η προπόνηση ισορροπίας είναι μια μορφή άσκησης που επιζητά από έναν άνθρωπο τον έλεγχο του κέντρου βάρους του σώματος του κατά την διάρκεια κινήσεων αποσταθεροποίησης και/ή μείωσης του μεγέθους της βάσης στήριξής του. (Allen et al., 2011) Οι Shen et al. ανέφεραν ότι η προπόνηση ισορροπίας και βάρδισης έχει θετικά αποτελέσματα για τη βελτίωση της ισορροπίας και της λειτουργίας της βάρδισης σε ασθενείς με ΝΠ, όπως και τη μείωση των πτώσεων τους, βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα. (Shen and Mak, 2015) Επιπλέον, μια μετα-ανάλυση έδειξε ότι η άκρως απαιτητική προπόνηση ισορροπίας είχε μεγαλύτερο αντίκτυπο στην απόδοση των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με την ισορροπία από τις παρεμβάσεις που δεν είχαν ή των οποίων το περιεχόμενο της εκπαίδευσης ισορροπίας ήταν

ασαφές. Επίσης, ένα θεραπευτικό πρόγραμμα τεσσάρων εβδομάδων που δεν περιλαμβάνει εκπαίδευση βάδισης, αλλά επικεντρώνεται σε απαιτητικές ασκήσεις ισορροπίας, οδηγεί σε σημαντική βελτίωση της βάδισης σε ασθενείς με ήπια έως μέτρια πάθηση. (Giardini et al., 2018) Αυτή την άποψη μπορεί να την υποστηρίξει και η μελέτη των Rennie et al σύμφωνα με την οποία, η εξαιρετικά απαιτητική προπόνηση ισορροπίας και βάδισης βελτίωσε βραχυπρόθεσμα τις πτυχές της βάδισης, όπως του ρυθμού και της μεταβλητότητας της βάδισης σε άτομα με ΝΠ, αλλά τα αποτελέσματα δεν διατηρούνται μακροπρόθεσμα. (Rennie et al., 2021) Επιπλέον, οι Wong et al. απέδειξαν ότι η πολυδιάστατη προπόνηση ισορροπίας σε εξωτερικούς και εσωτερικούς χώρους και διάρκειας 12 μηνών μπορεί βελτιώσει την ισορροπία και την απόδοση της βάδισης με «dual-tasking» σε ασθενείς με ΝΠ. (Wong-Yu and Mak, 2015) Επίσης, έχει υποδειχθεί ότι η προπόνηση ισορροπίας θα μπορούσε να βελτιώσει τον έλεγχο της στάσης σε ασθενείς με ΝΠ μέσω της βελτίωσης της αισθητηριακής ολοκλήρωσης, ειδικά όταν οι ασθενείς δεν είχαν αισθητηριακό πλεονασμό. (Yen et al., 2011)

Το HiBalance είναι ένα εξελιγμένο και εξαιρετικά απαιτητικό πρόγραμμα εκπαίδευσης που στοχεύει στη θεραπεία της ελλειμματικού ελέγχου ισορροπίας σε ασθενείς με ήπια έως μέτρια νόσο. (Conradsson et al., 2012) Το HiBalance έχει αποδειχθεί ότι βελτιώνει σημαντικά τη λειτουργία βάδισης και ισορροπίας. (Conradsson et al., 2015) Όσον αφορά τις μακροπρόθεσμες επιδράσεις του HiBalance, αναφέρθηκε ότι τα προπονητικά οφέλη μειώθηκαν εντός έξι μηνών μετά την παρέμβαση, υποδεικνύοντας ότι μπορεί να απαιτείται τακτική επανάληψη της θεραπείας για να διατηρηθεί το θεραπευτικό αποτέλεσμα του προγράμματος. (Wallén et al., 2018) Επομένως, το HiBalance μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τη διαταραχή ισορροπίας ενός ασθενούς με ΝΠ, αλλά αυτό απαιτεί τακτική επανάληψη. Η σκοπιμότητα του HiBalance μελετήθηκε από τους Joseph et al, οι οποίοι συμπέραναν πως τα ευρήματα υποστηρίζουν τη σκοπιμότητα, όσον αφορά τη διαδικασία και την επιστημονική αξιολόγηση, του προσαρμοσμένου προγράμματος HiBalance για εφαρμογή εντός κλινικών πλαισίων. Παρ' όλα αυτά απαιτείται μια αρκετά ισχυρή μελέτη για να εξακριβωθεί εάν το πρόσφατα προτεινόμενο πρόγραμμα προσφέρει παρόμοια βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα αποτελέσματα με το αρχικό πρόγραμμα. (Joseph et al., 2018)

Ένα πρόσφατο ομαδικό πρόγραμμα που συνδυάζει την άσκηση ισορροπίας με την παρατήρηση δράσης έδειξε βραχυπρόθεσμα θετικά αποτελέσματα στην ισορροπία, τη λειτουργική απόδοση και τη βαθμολογία FOG. (Pelosin et al., 2018) Είναι ενδιαφέρον ότι ένα πρωτόκολλο υδροθεραπείας που περιελάμβανε βάδιση με «dual-tasking» μέσα σε νερό φαινόταν πιο αποτελεσματικό από την παραδοσιακή υδροθεραπεία για το FOG, στη λειτουργία βάδισης σε άτομα με ΝΠ και τα αποτελέσματα διήρκεσαν για 6 μήνες. (Zhu et al., 2018) Μια άλλη μετα-ανάλυση έδειξε περαιτέρω ότι η εκπαίδευσης με στόχο περισσότερα ελλείμματα

ισορροπίας θα μπορούσε να οδηγήσει σε μεγαλύτερη βελτίωση της ικανότητας βραχυπρόθεσμης ισορροπίας. Ωστόσο, τα αποτελέσματα αυτής της προσέγγισης μακροπρόθεσμα είναι ασαφή και απαιτούνται περαιτέρω έρευνες για την αιτιολόγηση της συνολικής στόχευσης των τομέων ισορροπίας.

Μόνο πολύ λίγες μελέτες έχουν διερευνήσει τις επιπτώσεις της προπόνησης ισορροπίας στα μη κινητικά συμπτώματα σε άτομα με ΝΠ. Μια τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη μελέτη προπόνησης ισορροπίας 7 εβδομάδων δεν είχε καμία επίδραση στα καταθλιπτικά συμπτώματα. (Smania et al., 2010)

3.2.6 Προοδευτικές ασκήσεις αντίστασης

Η προοδευτική προπόνηση ενδυνάμωσης με βάρη στους καρπούς, βαριά γιλέκα, δυναμόμετρο και εργόμετρο ποδηλάτου, έχει χρησιμοποιηθεί για την αύξηση της μυϊκής δύναμης ή/και της αντοχής στην άσκηση. Τα προγράμματα προπόνησης στις έρευνες διήρκεσαν από 8 έως 12 εβδομάδες. Οι μύες που εκπαιδούνταν περιλάμβαναν μύες γονάτου και αστραγάλου, κοιλιακούς και βραχιονίου. Χρησιμοποιώντας την προπόνηση με δυναμόμετρο, οι ασκήσεις περιλαμβάνουν πίεση στο στήθος, πλάγια έλξη προς τα κάτω, διπλή πίεση ποδιών, ασκήσεις δικέφαλου και τρικέφαλου, έκταση ώμου και προπόνηση έκτασης πλάτης. (Corcos et al., 2013) Η αντίσταση εξελίσσεται από 30% ένα επαναλαμβανόμενο μέγιστο σε 50–60% ένα επαναλαμβανόμενο μέγιστο. Μια προηγούμενη έρευνα από τους Hirsch et al ανέφερε ότι δέκα εβδομάδες εντατικής προπόνησης με αντίσταση αύξησαν τη μυϊκή δύναμη των κάτω άκρων κατά 50%. (Hirsch et al., 2003) Αρκετές έρευνες βρήκαν επίσης θετικά αποτελέσματα της προοδευτικής προπόνησης δύναμης στην ενίσχυση της μυϊκής δύναμης μετά από προπόνηση 8-12 εβδομάδων. (Dibble et al., 2006; Paul et al., 2014; Schilling et al., 2010) Άλλες έρευνες ανέφεραν ότι η προοδευτική προπόνηση με αντίσταση οδήγησε σε αυξημένη αντοχή στην άσκηση, όπως μετρήθηκε με το 6 minute walk test. Ωστόσο, μια πρόσφατη μετα-ανάλυση (Saltychev et al., 2016) ανέφερε ότι το αποτέλεσμα της απόστασης του 6 minute walk test αυξήθηκε κατά 16,7 μέτρα, η οποία είναι μικρότερη από την ελάχιστη ανιχνεύσιμη αλλαγή των 82 μέτρων. (Steffen and Seney, 2008) Οι Corcos et al. (2013) πραγματοποίησαν ένα πρόγραμμα προπόνησης αντίστασης που διήρκεσε για 2 χρόνια (δύο συνεδρίες την εβδομάδα). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ομάδα προπόνησης είχε καλύτερα αποτελέσματα από την ομάδα ελέγχου στη μυϊκή δύναμη και την ταχύτητα κίνησης. Το πιο σημαντικό εύρημα είναι ότι η ομάδα προπόνησης ήταν καλύτερη από την ομάδα που δεν προπονήθηκε για τη βαθμολογία UPDRS κατά τη χρονική περίοδο μη χρήσης φαρμακευτικής αγωγής, το οποίο σημαίνει ότι η προπόνηση δύναμης έχει επιβραδύνει την εξέλιξη της νόσου. (Corcos et al., 2013) Μια έρευνα ανέφερε ότι η προπόνηση δύναμης με προοδευτική αύξηση αντίστασης ενίσχυσε την ταχύτητα

βάδισης σε ασθενείς που δεν λάμβαναν φαρμακευτική αγωγή, αλλά δεν εντοπίστηκε σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων προπόνησης και ελέγχου. (Rafferty et al., 2017) Το πόρισμα αυτό της όμοιας ταχύτητας βάδισης σε ασκούμενους και μη αναφέρθηκε και σε μια ακόμα ανασκόπηση μετα-ανάλυσης. (Saltychev et al., 2016) Οι Ortiz-Rubio et al συμπεράναν πως ένα πρόγραμμα αντίστασης 8 εβδομάδων είναι αποτελεσματικό στη βελτίωση της δυναμικής ισορροπίας και της κόπωσης σε ασθενείς με ΝΠ. (Ortiz-Rubio et al., 2018) Βρέθηκε επίσης ότι η προσαρμοσμένη προπόνηση αντίστασης σε ασταθές περιβάλλον μπορεί να προκαλέσει σημαντική κλινική βελτίωση και πλαστικότητα του εγκεφάλου σε άτομα με FOG. (Silva-Batista et al., 2020) Η συστηματική ανασκόπηση των de Lima et al έδειξε πως η προπόνηση με αντιστάσεις είναι μια αποτελεσματική εναλλακτική λύση για τη βελτίωση των κινητικών δραστηριοτήτων σε άτομα με Πάρκινσον. Όσον αφορά την ισορροπία, θα πρέπει να πραγματοποιηθεί ειδική εκπαίδευση για την αύξηση του ελέγχου της στάσης και τη μείωση της αστάθειας. Αυτή η μελέτη έχει τονίσει ότι η προπόνηση με αντίσταση και η προπόνηση ισορροπίας βελτιώνουν σημαντικά τη στατική ισορροπία, τη δυναμική ισορροπία και τις παραμέτρους της αστάθειας της στάσης. (Palheta De Lima et al., 2022) Μια συνδυασμένη μορφή προπόνησης αντίστασης η οποία προτάθηκε από τους Silva-Batista et al είναι η προπόνηση αντίστασης σε ασταθές περιβάλλον. Η προπόνηση με αντίσταση σε αστάθεια χρησιμοποιεί ασκήσεις με υψηλή κινητική πολυπλοκότητα που επιβάλλουν υψηλό έλεγχο της στάσης και γνωστικές απαιτήσεις που μπορεί να είναι σημαντικές για τη βελτίωση της ισορροπίας και του φόβου πτώσης σε άτομα με νόσο του Πάρκινσον. (Silva-Batista et al., 2018) Μια ακόμα έρευνα που συνδράμει στις παραπάνω απόψεις κατέληξε πως η άσκηση με αντίσταση βελτιώνει τη μυϊκή δύναμη, την κινητική βλάβη, την κινητικότητα και την ισορροπία, την ποιότητα ζωής και την κατάθλιψη σε ασθενείς με ΝΠ. Ωστόσο, δεν είναι ανώτερη από άλλες σωματικά ενεργές παρεμβάσεις. Επομένως, η άσκηση είναι σημαντική για τους ασθενείς με ΝΠ, αλλά σύμφωνα με αυτήν την ανάλυση, ο τύπος της είναι δευτερεύοντος ενδιαφέροντος. (Gollan et al., 2022) Συμπερασματικά, η μυϊκή αδυναμία είναι παρούσα σε ασθενείς με ΝΠ και οι ασκήσεις προοδευτικής αντίστασης είναι αποτελεσματικές για τη βελτίωση της μυϊκής δύναμης. Η συνεχής προπόνηση αντίστασης θα μπορούσε να επιβραδύνει την εξέλιξη της νόσου. Τα ευεργετικά αποτελέσματα της προοδευτικής προπόνησης με αντίσταση στην ταχύτητα και την αντοχή στη βάδιση δεν είναι οριστικά και χρειάζονται περισσότερες μελέτες για να εξεταστεί αυτό το ζήτημα.

3.2.7 Εικονική πραγματικότητα

Η παρέμβαση εικονικής πραγματικότητας είναι μια ηλεκτρονική προσομοίωση που επιτρέπει στους συμμετέχοντες να αλληλοεπιδρούν σε πραγματικό χρόνο με εικόνες και αντικείμενα,

κάτω από ένα περιβάλλον μέσω πολλαπλών αισθητηριακών ερεθισμάτων. (Bisson et al., 2007) Με τις εξελίξεις στην τεχνολογία εικονικής πραγματικότητας, υπάρχει μια αυξανόμενη τάση διαδραστικής προπόνησης άσκησης και παιχνιδιών exergames μέσω υπολογιστή ως ένα νέο πολλά υποσχόμενο εργαλείο στην αποκατάσταση της ΝΠ. Αυτή η εκπαίδευση επιτρέπει στους χρήστες να εκτελούν κινήσεις μεγάλου πλάτους και απαιτητικής ισορροπίας, καθώς και λειτουργικές δραστηριότητες και να λαμβάνουν βιο-ανατροφοδότηση σχετικά με την απόδοση σε ένα ενθαρρυντικό αλλά ελεγχόμενο περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας. Μερικοί ερευνητές χρησιμοποίησαν έναν προσαρμοσμένο σταθμό εργασίας εικονικής πραγματικότητας (Yang et al., 2016) ή χρησιμοποίησαν τόσο ένα εμπορικό σύστημα χορού εικονικής πραγματικότητας όσο και το Balance Master για παρέμβαση. (Shen and Mak, 2015) Τα εμπορικά συστήματα εικονικής πραγματικότητας, τα οποία έχουν τα πλεονεκτήματα της εύκολης εγκατάστασης για ασκήσεις στο σπίτι ή της λιγότερης επίβλεψης που απαιτείται κατά την παρέμβαση, χρησιμοποιήθηκαν στις περισσότερες κλινικές έρευνες. Με βάση τα τρέχοντα ευρήματα μιας ανασκόπησης που αποτελείται από επτά μελέτες (Dockx et al., 2016), τέσσερις με δώδεκα εβδομάδες προπόνησης άσκησης υποβοηθούμενης από τεχνολογία εικονικής πραγματικότητας αύξησαν το μήκος βήματος μακροπρόθεσμα (Shen and Mak, 2015) και παράγαγαν παρόμοιες βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στην ισορροπία, τη βάδιση (Liao et al., 2015; Shen and Mak, 2015; van den Heuvel et al., 2014; Yang et al., 2016), τις λειτουργικές δραστηριότητες της καθημερινής ζωής (Pompeu et al., 2012), την ποιότητα ζωής (Pedreira et al., 2013) και τη γνωστική λειτουργία (Pompeu et al., 2012) σε σύγκριση με παρεμβάσεις ενεργού ελέγχου. Τα θετικά αποτελέσματα της μείωσης του ρυθμού πτώσης και της βελτιωμένης εμπιστοσύνης στην ισορροπία έως τους 12 μήνες πιθανότατα οφείλονταν στις επιδράσεις μεταφοράς στην απόδοση ισορροπίας και βάδισης και στη μείωση του κινδύνου πτώσης μετά από προπόνηση επαυξημένης άσκησης εικονικής πραγματικότητας. (Shen and Mak, 2015) Επιπλέον, τα παιχνίδια exergames έδειξαν μεγαλύτερες βραχυπρόθεσμες βελτιώσεις στη βάδιση, την ισορροπία, τη λειτουργία στις δραστηριότητες καθημερινής ζωής και την ποιότητα ζωής σε σύγκριση με την ομάδα παθητικού ελέγχου. Η άσκηση χορού εικονικής πραγματικότητας μπορεί επίσης να έχει μια δυνητικά θετική επίδραση στις καταθλιπτικές διαταραχές. (Lee et al., 2015) Στην πιο πρόσφατη μελέτη των Yuan et al διαπιστώθηκε ότι η εξατομικευμένη προπόνηση άσκησης με βάση το διαδραστικό βιντεοπαιχνίδι βελτιώνει την ισορροπία, τη σταθερότητα της στάσης και την εμπιστοσύνη στην πρόληψη πτώσεων σε ηλικιωμένους με ήπια έως μέτρια ΝΠ. Ωστόσο, αυτή η άσκηση διαδραστικού βιντεοπαιχνιδιού δεν έχει σημαντικό αντίκτυπο στην ποιότητα ζωής. (Yuan et al., 2020)

Πιο πρόσφατες μελέτες παρείχαν περαιτέρω υποστηρικτικά στοιχεία για τη χρήση θεραπείας εικονικής πραγματικότητας σε άτομα με ΝΠ. Εκτός από τη βελτίωση του ελέγχου κατεύθυνσης στα όρια της σταθερότητας (Shih et al., 2016) και της δυναμικής ισορροπίας, υπήρξε μειωμένο επίπεδο κόπωσης στους συμμετέχοντες με ΝΠ μετά από 12 εβδομάδες παιχνιδιών exergames. (Ribas et al., 2017) Η προπόνηση εικονικής πραγματικότητας για 8–12 εβδομάδες βρέθηκε να είναι εξίσου αποτελεσματική με τη συμβατική άσκηση ή τις λειτουργικές ασκήσεις (Ferraz et al., 2018) στην ενίσχυση της ικανότητας βάδισης που φαίνεται στο 6-min walking test. Λόγω της μικρής διάρκειας της θεραπείας και του χρονικού διαστήματος παρατήρησης χωρίς θεραπεία, τα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα της προπόνησης εικονικής πραγματικότητας και της άσκησης παραμένουν ασαφή. Μια ανασκόπηση που διεξήχθη το 2019 συμπέρανε ότι η θεραπεία με βάση τα παιχνίδια exergames έχει αποδειχθεί ευρέως εφικτή, ασφαλής και τουλάχιστον εξίσου αποτελεσματική με την παραδοσιακή αποκατάσταση ΝΠ. (Garcia-Agundez et al., 2019) Επίσης, η μελέτη των Brachman et al διαπίστωσε ότι η εκπαίδευση με παιχνίδια exergames που δημιουργήθηκε για ασθενείς με νόσο Πάρκινσον ενίσχυσε τη στατική και δυναμική ισορροπία, ενώ η συμβατική προπόνηση ισορροπίας βελτίωσε μόνο τη στατική ισορροπία. (Brachman et al., 2021) Η μελέτη που διεξήχθη για την αξιολόγηση της αξιοπιστίας της χρήσης βιντεοπαιχνιδιών ως μορφή θεραπείας για το FOG υποδηλώνει ότι η αποκατάσταση με ένα προσαρμοσμένο βιντεοπαιχνίδι για τη θεραπεία των διαταραχών της βάδισης και της ισορροπίας είναι εφικτή, καλά αποδεκτή και αποτελεσματική σε ασθενείς με νόσο Πάρκινσον. (Nuic et al., 2018) Μια διαφορετική εικόνα έδωσε μια άλλη έρευνα, η οποία συμπέρανε πως οκτώ εβδομάδες παρέμβασης σε διάδρομο και άσκηση με παιχνίδια exergames σε ένα άτομο με ΝΠ, βελτίωσαν τα στατικά και δυναμικά μέτρα ελέγχου της στάσης, αλλά όχι τη βάδιση, τη γνωστική λειτουργία, την αντοχή και τα κλινικά μέτρα ισορροπίας. (Vallabhajosula et al., 2017) Αν και δεν έχουν αναφερθεί αρνητικά αποτελέσματα από τις υπάρχουσες μελέτες, η σωστή επιλογή των ασκήσεων εικονικής πραγματικότητας είναι απαραίτητη καθώς οι ασκήσεις πρέπει να αποτρέπουν τη γνωστική υπερφόρτωση, την εξάρτηση από αντισταθμιστικές κινήσεις και τα ατυχήματα όπως τραυματισμοί και πτώσεις, ειδικά κατά τη διάρκεια της άσκησης στο σπίτι χωρίς ή με ελάχιστη επίβλεψη. Η προπόνηση εικονικής πραγματικότητας χρησιμοποιώντας συστήματα όπως το Wii Fit σε όρθια θέση ενδέχεται να μην έχει σημαντικές επιπτώσεις στη δυναμική ισορροπία και τις λειτουργίες βάδισης. Οι Santos et al βρήκαν πως το Nintendo Wii μαζί με συμβατικές ασκήσεις ήταν στατιστικά τόσο αποτελεσματικά όσο κάθε παρέμβαση μόνη της στην αποκατάσταση ασθενών με ΝΠ, ωστόσο, η χρήση αυτού του συνδυασμού παρείχε μεγαλύτερες βελτιώσεις σύμφωνα με τις κλίμακες αξιολόγησης των αποτελεσμάτων. (Santos et al., 2019) Με βάση όλα τα παραπάνω, αλλά και την έρευνα των Canning et al, μέχρι σήμερα υπάρχουν

ελάχιστα στοιχεία για την ανωτερότητα της αποκατάστασης εικονικής πραγματικότητας σε σύγκριση με την αποκατάσταση χωρίς εικονική πραγματικότητα όσον αφορά τα αποτελέσματα της βάδισης και της ισορροπίας, αν και είναι ανώτερες από τη μη παρέμβαση όταν χορηγούνται με πλήρως εποπτευόμενο τρόπο. Η εικονική πραγματικότητα προσφέρει ευκαιρίες για τον ασφαλή εντοπισμό των συγκεκριμένων αιτιών FOG ενός ατόμου και των ελλειμμάτων ισορροπίας, ενημερώνοντας έτσι τους εξατομικευμένους στόχους εκπαίδευσης. (Canning et al., 2020) Απαιτούνται περισσότερες έρευνες για να τεκμηριωθούν οι μακροπρόθεσμες θετικές επιδράσεις της εικονικής πραγματικότητας και της αποκατάστασης που βασίζεται στην άσκηση, ιδιαίτερα στα μη κινητικά συμπτώματα, καθώς και για τη σύγκριση της αποτελεσματικότητας μεταξύ διαφορετικών συστημάτων εικονικής πραγματικότητας.

3.2.8 Tai-chi

Το Tai Chi (TC) είναι μια παραδοσιακή κινεζική πολεμική τέχνη και αποτελείται από χαρακτηριστικά αργά, κυκλικά μοτίβα κινήσεων. Εκτός από τη φυσικοθεραπεία και την άσκηση, το TC είναι μια κοινή θεραπευτική άσκηση που εκτελείται από ασθενείς με ΝΠ, πιθανώς λόγω των σχετικά ήπιων κινήσεών της και των θετικών επιδράσεων που επιφέρει ως θεραπευτική άσκηση στην υγεία των ηλικιωμένων ανθρώπων. Μια μελέτη ανέφερε θετικές επιδράσεις της TC στην ισορροπία, τη βάδιση και την κινητικότητα. (Ni et al., 2014) Η πρόσφατη ανασκόπηση ερευνών (Mak et al., 2017) επιβεβαίωσε περαιτέρω τα πλεονεκτήματα της συνολικής απόδοσης ισορροπίας, ειδικά διευρύνοντας τα όρια σταθερότητας και τη μέγιστη εκτροπή του κέντρου βάρους του σώματος. Αυτοί οι ασθενείς είχαν επίσης βελτιώσεις στην ταχύτητα βάδισης και στο μήκος του διασκελισμού, μειωμένο χρόνο για να σηκωθούν από την καρέκλα και βελτιωμένη λειτουργική κινητικότητα όπως η βάδιση και η στροφή. Δύο μελέτες ανέφεραν ότι η πρακτική της TC για 12 εβδομάδες (Gao et al., 2014) και 24 εβδομάδες (Li et al., 2012) μείωσε το ποσοστό πτώσης των ατόμων με ΝΠ για τρεις έως έξι μήνες μετά.

Οι τυπικές ισορροπιστικές κινήσεις του σώματος που εφαρμόζονται στο TC, όπως η μετατόπιση του σωματικού βάρους από το ένα πόδι στο άλλο, η μετατόπιση του κέντρου βάρους του σώματος στο όριο σταθερότητας ενός ατόμου και η προσέγγιση σε διαφορετικές κατευθύνσεις βελτιώνουν τη σταθερότητα. Επιπλέον, η μετάβαση από διπλή στήριξη σε μονοποδική στήριξη κατά τη διάρκεια βημάτων σε διαφορετικές κατευθύνσεις, η έμφαση στα μεγάλα βήματα και οι στροφικές κινήσεις βελτιώνουν την ικανότητα βάδισης. Η πρακτική TC βρέθηκε επίσης ότι αυξάνει τη δύναμη των μυών του γόνατος. (Li et al., 2012) Είναι πιθανό ότι το παρατεταμένο κάθισμα, «squat» και οι επαναλαμβανόμενες ελεγχόμενες κινήσεις βελτίωσαν τη μυϊκή δύναμη των ποδιών. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι μια μεγαλύτερη διάρκεια προπόνησης, εβδομαδιαίων εβδομάδων, είχε ως αποτέλεσμα τη διατήρηση των

κερδών στην ισορροπία και στην σταθερότητα κατά την βάδιση και τη λειτουργική κινητικότητα έως και 3 μήνες μετά την προπόνηση. Μια από τις πιο πρόσφατες έρευνες συμπάνε πως η μακροχρόνια προπόνηση Tai Chi βελτιώνει την κινητική λειτουργία, ιδιαίτερα τη βάδιση και την ισορροπία, σε ΝΠ. Οι υποκείμενοι μηχανισμοί μπορεί να περιλαμβάνουν την ενισχυμένη λειτουργία του εγκεφαλικού δικτύου, τη μειωμένη φλεγμονή, τον βελτιωμένο μεταβολισμό αμινοξέων, τον ενεργειακό μεταβολισμό και μεταβολισμό νευροδιαβιβαστών και τη μειωμένη ευπάθεια στον ντοπαμινεργικό εκφυλισμό. (G. Li et al., 2022) Η προπόνηση Tai Chi σε συνδυασμό με την καθημερινή άσκηση άλλου τύπου, π.χ. άσκηση γυμναστηρίου, μπορεί επίσης να είναι ιδιαίτερα πιο χρήσιμη για τη βελτίωση της ποιότητας του ύπνου και της γνωστικής λειτουργίας στη νόσο του Πάρκινσον. (Zhu et al., 2020) Με βάση αυτά τα ευρήματα, η διαρκής πρακτική του TC συνιστάται σε άτομα με ΝΠ για τη βελτίωση της ισορροπίας, της βάδισης και της λειτουργικής κινητικότητάς τους και για την καταπολέμηση της εξέλιξης της νόσου. Ως άσκηση νου-σώματος, το TC είναι επίσης ευεργετικό για τη βελτίωση της νοημοσύνης, της διάθεσης και της συμπεριφοράς (Choi et al., 2013) και της ποιότητας ζωής (Li et al., 2014) για άτομα με ΝΠ. Τις παραπάνω απόψεις υποστήριξαν και οι Liu et al οι οποίοι συμπέραναν πως το Tai Chi θα μπορούσε να είναι μια καλή στρατηγική φυσικής προπόνησης για την πρόληψη πτώσεων και τη βελτίωση της ισορροπίας και της λειτουργικής κινητικότητας σε άτομα με ΝΠ. (Liu et al., 2019)

3.2.9 Χορός

Ο χορός ως θεραπευτική παρέμβαση για άτομα με νόσο Πάρκινσον έχει κερδίσει περισσότερη προσοχή πρόσφατα. Ο χορός είναι μια διαδοχική κίνηση που εκτελείται με μουσική. Ο χορός αργεντίνικο «tango» μελετήθηκε περισσότερο, ακολουθούμενος από τον ιρλανδικό χορό, το βαλς, το μπαλέτο κ.λπ. Κατά τη διάρκεια της χοροθεραπείας, οι συμμετέχοντες με ΝΠ συνοδεύονται από έναν υγιή παρτενέρ. Οι περισσότερες θεραπείες χορού διήρκεσαν συνολικά δώδεκα με δεκατρείς εβδομάδες. Ο χορός tango βρέθηκε ότι βελτιώνει την απόδοση ισορροπίας και την αερόβια ικανότητα, που μετρήθηκε με το 6-min walk test. Επιπλέον, μειώνει το FOG. (Hackney et al., 2007; Hackney and Earhart, 2009) Μια μεγαλύτερη περίοδος εκπαίδευσης έξι έως δώδεκα μήνες μειώνει τις βελτιωμένες βαθμολογίες του UPDRS-III. (Duncan et al., 2011) Ο χορός samba φαίνεται να είναι εφικτός και ασφαλής για ασθενείς με ΝΠ. Επιπλέον, έχει ευχάριστα χαρακτηριστικά και προσφέρει επαρκή φυσικά οφέλη για συνδυασμό με φαρμακευτική θεραπεία. Υπήρχαν, επίσης, οφέλη στις κοινωνικές σχέσεις και φαίνεται να αποτελεί πιθανό εργαλείο αποκατάστασης σε άτομα με νόσο του Πάρκινσον. Σε μία μετα-ανάλυση μετά από 12 εβδομάδες, η πειραματική ομάδα είχε βελτιώσεις στην παγκόσμια βαθμολογία της Unified Parkinson's Disease Rating Scale, στις καθημερινές

δραστηριότητες και στην κινητική εξέταση. Υπήρξε επίσης βελτίωση στις βαθμολογίες ισορροπίας και στον τομέα της κινητικότητας της ποιότητας ζωής στην πειραματική ομάδα. (Tillmann et al., 2020) Σε σύγκριση με άλλα είδη άσκησης ή καθόλου δραστηριότητας, ο χορός βελτιώνει τα συμπτώματα και τα αποτελέσματα σε ασθενείς με ΝΠ, ιδιαίτερα τα κινητικά συμπτώματα. Ο χορός έχει επίσης θετικά αποτελέσματα στην ισορροπία, τη λειτουργική κινητικότητα και τη γνωστική λειτουργία. (Hasan et al., 2022)

Ο χορός μπορεί επίσης να προωθήσει μια σειρά από στρατηγικές συνθημάτων τα γνωστά «cues». Τα δυνατά «beat» της μουσικής, που συνοδεύουν ειδικά τον χορό tango παρέχουν ακουστικές ενδείξεις, που βοηθούν στην προώθηση της έναρξης και της εκτέλεσης της κίνησης. Οπτικές ενδείξεις όπου ένα άτομο συντονίζει τα βήματα με έναν παρτενέρ ή ακολουθεί τα βήματα του παρτενέρ, συμβάλλουν στην αύξηση του μεγέθους του βήματος και στην σύνδεση με τις ακολουθίες κινήσεων. Η κινητική προπόνηση χρησιμοποιώντας εξωτερικά ερεθίσματα θα μπορούσε βοηθά στη μείωση του FOG. Ο χορός περιλαμβάνει πολλά βήματα, στροφές και περπάτημα σε διαφορετικές κατευθύνσεις. Το tango απαιτεί συχνή έναρξη και διακοπή της κίνησης, αυθόρμητες αλλαγές κατευθύνσεων και ταχύτητα κίνησης. Αυτά μπορεί να στοχεύουν την έναρξη κίνησης, τη στροφή και την ταχύτητα κίνησης. Σε αντίθεση, το μπαλέτο ενισχύει τη δύναμη και την ευελιξία για να τονίσει τη στάση, την ευθυγράμμιση του σώματος και την κάμψη και την έκταση των χεριών και των ποδιών, καθώς και συνολικά τον συντονισμό του σώματος. Το tango είναι μια βέλτιστη και αποτελεσματική επιλογή για τη βελτίωση της λειτουργικής κινητικότητας των ασθενών με ΝΠ. (Tang et al., 2019) Η χοροθεραπεία οδηγεί σε βελτιώσεις στον έλεγχο της στάσης, στην σταθερότητα της βάδισης και στην αερόβια αντοχή. Μελέτες έχουν δείξει ότι τα άτομα με ΝΠ που είχαν κίνητρα να παρευρεθούν μαθήματα χορού τακτικά, είχαν υψηλό ποσοστό συμμόρφωσης με χαμηλό ποσοστό εγκατάλειψης και συχνά συνέχισαν τη δραστηριότητα μετά την περίοδο μελέτης. Όταν οι συμμετέχοντες απολαμβάνουν το χορό, μπορούν να τον ενσωματώσουν στις συνήθειες μορφές άσκησης τους. (Duncan et al., 2011) Αυτό μπορεί να εξηγήσει τη μείωση της κινητικής βαθμολογίας της MDS-Unified Parkinson's Disease Rating Scale μετά από προπόνηση 6 έως 12 μηνών και αυτό συνεπάγεται επιβράδυνση της εξέλιξης της νόσου Πάρκινσον. Συνοψίζοντας ο χορός είναι μια προσιτή μορφή άσκησης που μπορεί να ωφελήσει την κινητικότητα και την ποιότητα ζωής σε άτομα με ΝΠ. (Emmanouilidis et al., 2021)

3.2.10 Άλλες ασκήσεις

Οι πιθανές επιπτώσεις στην υγεία των ασκήσεων νου-σώματος όπως το Qigong και η γιόγκα σε άτομα με ΝΠ έχουν διερευνηθεί. Μια μετα-ανάλυση έδειξε ότι οι ασκήσεις νου-σώματος έδειξαν άμεσες, μέτριες έως μεγάλες ευεργετικές επιδράσεις στα κινητικά συμπτώματα, την

ισορροπία και τη λειτουργική κινητικότητα μεταξύ ατόμων με ήπια έως μέτρια ΝΠ. (Kwok et al., 2016)

Στην πρακτική του Qigong, οι ασκήσεις χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας εκτελούνται με συνεχείς κινήσεις των άκρων και του κορμού, καθώς και με συντονισμό της αναπνοής. (Zou et al., 2017) Η άσκηση Baduanjin Qigong βρέθηκε ότι είναι ευεργετική για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής, της ποιότητας του ύπνου, της ευλυγισίας και της ισορροπίας σε πληθυσμούς χρόνιων ασθενειών όπως ο σακχαρώδης διαβήτης τύπου 2, η νόσος Πάρκινσον, η υπέρταση και το σύνδρομο χρόνιας κόπωσης. Για τον πληθυσμό με ΝΠ, η άσκηση Qigong για 10 εβδομάδες βελτίωσε την ισορροπία και τη λειτουργική απόδοση σε άτομα με ήπια έως μέτρια ΝΠ. (Liu et al., 2016) Μια έρευνα ανέφερε ότι 4 μήνες πρακτικής Qigong οδήγησαν σε βελτιωμένη απόδοση της κίνησης και τα ευεργετικά αποτελέσματα συνεχίστηκαν για 6 μήνες μετά την ολοκλήρωση της θεραπείας. (Schmitz-Hübsch et al., 2006) Μια πιο πρόσφατη έρευνα με πρόγραμμα ασκήσεων ισορροπίας 40 λεπτών τη φορά, είχε ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της ικανότητας εστίασης στη βάση στήριξης και τη σταθερότητα της στάσης, καθώς και για την ενίσχυση των μυών του κορμού για την πίεση των αρθρώσεων που φέρουν βάρος και για την αύξηση της ιδιοδεκτικότητας των αρθρώσεων του κορμού και των κάτω άκρων. (Li et al., 2019) Το Tuoro, ένα υβριδικό πρόγραμμα χορού Qigong αναπτύχθηκε για την ανακούφιση των συμπτωμάτων σε ασθενείς με ΝΠ. Με βάση την έρευνα που διεξήχθη η ομάδα εκπαίδευσης Tuoro έδειξε σημαντικές βελτιώσεις στις δραστηριότητες της καθημερινής ζωής, στις κινήσεις του σώματος και στη συνολική βαθμολογία της Unified Parkinson's Disease Rating Scale. (Lee et al., 2018) Μια άλλη μορφή Qigong αποτελεί το Health Qigong. Το Health Qigong είναι μια πολλά υποσχόμενη μέθοδος αποκατάστασης που χρησιμοποιεί το μυαλό, την αναπνοή και την κίνηση του σώματος και χρησιμεύει ως πρόσθετη θεραπεία για αρκετές νευροεκφυλιστικές ασθένειες. Η άσκηση Health Qigong είναι ένα δομημένο, προγραμματισμένο και επαναλαμβανόμενο πρόγραμμα φυσικής δραστηριότητας που συνταγογραφείται από γιατρό ή ειδικό αποκατάστασης. Οι ασκήσεις Health Qigong βελτιώνουν σημαντικά τις σωματικές λειτουργίες σε ασθενείς με ΝΠ, συμπεριλαμβανομένης της ισορροπίας, της βάδισης και του εύρους κίνησης των αρθρώσεων. Επίσης, μπορούν να μειώσουν τον κίνδυνο κινητικών διαταραχών σε ασθενείς με ΝΠ. Ως εκ τούτου μπορεί να θεωρηθεί μια ασφαλής και αποτελεσματική κλινική εναλλακτική θεραπεία. (Wan et al., 2021)

Η γιόγκα είναι μια άλλη δημοφιλής μορφή άσκησης νου-σώματος για την βελτίωση της ευθυγράμμισης του σώματος, της ισορροπίας, της ευκινησίας, της γενικής φυσικής κατάστασης, της αντοχής και της συναισθηματικής ευεξίας. Μια πρόσφατη έρευνα έδειξε ότι 8 εβδομάδες παρέμβασης γιόγκα μπορεί να μειώσει τον κίνδυνο πτώσης και να ενισχύσει τη σταθερότητα της στάσης, τη λειτουργική ικανότητα και το FOG σε άτομα με ΝΠ. (Van

Puymbroeck et al., 2018) Ωστόσο, η τελευταία συστηματική ανασκόπηση κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η γιόγκα δεν είχε ισχυρά στοιχεία για την απόδοση ισορροπίας. (Green et al., 2019) Μια αντίθετη άποψη αποδόθηκε από τους Hawkins et al οι οποίοι βρήκαν πως η σύγκριση ποιοτικών και ποσοτικών δεδομένων έδειξε ότι η παρέμβαση της γιόγκα οδήγησε σε βελτιωμένη ισορροπία, κινητικότητα και λειτουργική βάδιση και λιγότερες πτώσεις. Αυτά τα αποτελέσματα έφτασαν πέρα από την παρέμβαση και στην καθημερινή ζωή των συμμετεχόντων. (Hawkins et al., 2018) Σύμφωνα με την άποψη ότι η ισορροπία βελτιώνεται από την προπόνηση γιόγκα είναι και μια ακόμη έρευνα, της οποίας το πόρισμα είναι πως η γιόγκα και η προπόνηση βάδισης είναι σημαντικές επιλογές για την αύξηση της λειτουργικής κινητικότητας και της λειτουργίας ισορροπίας. Επιπλέον, η γιόγκα μπορεί να είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική για τη μείωση των καταθλιπτικών συμπτωμάτων και της γνωστικής εξασθένησης και τη βελτίωση των δραστηριοτήτων της καθημερινής ζωής στη ΝΠ. Η πιθανή βέλτιστη δόση γιόγκα για την ενίσχυση της κινητικής ικανότητας σε ασθενείς με ΝΠ είναι συνεδρίες 60 λεπτών, δύο φορές την εβδομάδα. (Wu et al., 2021) Με βάση τα χαρακτηριστικά του στυλ Vinyasa της γιόγκα, αναπτύχθηκε ένα νέο πρόγραμμα «Power Yoga» για την εξάσκηση πιο δυναμικών, βασισμένων στη φυσική κατάσταση ενεργειών και σε γρήγορες μεταβάσεις από τη μια στάση στην άλλη, με στόχο τη μείωση της βραδυκινήσιας και της ακαμψίας στην ΝΠ. Το 3μηνο πρόγραμμα «Power Yoga» βελτίωσε σημαντικά την ταχύτητα κίνησης, την ακαμψία, τη μυϊκή δύναμη και την ποιότητα ζωής σε άτομα με ΝΠ. (Ni et al., 2016) Το Qigong και η γιόγκα έχουν τη δυνατότητα να ενισχύσουν τον έλεγχο της στάσης, αλλά οι επιπτώσεις στις μη κινητικές λειτουργίες είναι ασαφείς. Απαιτούνται περισσότερες μελέτες για να εξεταστούν οι επιδράσεις του Qigong και της γιόγκα στα κινητικά και μη κινητικά συμπτώματα της ΝΠ.

Το καράτε είναι μια πολεμική τέχνη που συνδυάζει αερόβιες και μεγάλου πλάτους κινήσεις, ισορροπία και προπόνηση του κορμού, καθώς και ενσυνειδητότητα, υποδηλώνοντας ένα πιθανό όφελος για τα άτομα με ΝΠ από πολλές οπτικές γωνίες. Σε μια μικρή, διάρκειας 10 εβδομάδων, δοκιμή μαθημάτων καράτε στην κοινότητα για άτομα με ήπια και μέτρια ΝΠ, σημειώθηκε υψηλή συμμετοχή και συνέπεια στα μαθήματα καράτε. Η ποιότητα ζωής και η ευημερία βελτιώθηκαν σημαντικά, χωρίς αλλαγές στην κινητικότητα ή στα νευροψυχολογικά αποτελέσματα. Όμως, η μελέτη ήταν ανεπαρκής. (Fleisher et al., 2020)

Η πυγμαχία για ασθενείς με ΝΠ αυξάνεται γρήγορα σε δημοτικότητα. Παρά την πρόσφατη αύξηση της δημοτικότητας της πυγμαχίας για τη ΝΠ και ορισμένα θετικά ευρήματα, υπάρχουν περιορισμένα στοιχεία αποτελεσματικότητας. Μια έρευνα που χρησιμοποίησε ένα πρόγραμμα πυγμαχίας στην κοινότητα συμπέρανε πως μετά από 6 εβδομάδες προπόνησης υπήρχε βελτίωση της ισορροπίας, αν και δεν αποδείχθηκε πως αυτό συνεπάγεται και μείωση στις

πτώσεις των ασθενών. (Moore et al., 2021) Τα δεδομένα μιας άλλης έρευνας που διεξήχθη κατά την διάρκεια του «Covid-19 lockdown» προτείνουν ότι η προπόνηση πυγμαχίας μπορεί να μειώσει τον κίνδυνο πτώσεων σε ασθενείς με ΝΠ. Ενώ και άλλες θεραπείες έχουν σίγουρα αξία, η τελική χρησιμότητά τους εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα κίνητρα και το ενδιαφέρον του συμμετέχοντος. Η προπόνηση πυγμαχίας μπορεί να έχει μοναδική απήχηση λόγω της καινοτομίας και της σχέσης του με ένα άθλημα που έχει πολύ μεγάλη ιστορία σε πολλούς πολιτισμούς. (Horbinski et al., 2021) Δεν έχουν αναφερθεί κίνδυνοι και τροποποιήσεις στο προπονητικό πρόγραμμα της πυγμαχίας που αφορούν συγκεκριμένες ασθένειες, όπως η νόσος Πάρκινσον. Οι κατευθυντήριες γραμμές για την ασφάλεια και η εκπαίδευση των επαγγελματιών υγείας είναι βασικά στοιχεία για την εφαρμογή. (Morris et al., 2019)

Η ποδηλασία είναι μια ευέλικτη μορφή σωματικής άσκησης για ασθενείς με ΝΠ. Βρέθηκαν πολλές έρευνες που αφορούσαν την ποδηλασία στην ΝΠ, εκ των οποίων τα αποτελέσματα υποστηρίζουν την εφαρμογή της ποδηλασίας, ιδίως για τη βελτίωση των παραμέτρων ισορροπίας που σχετίζονται με τη βάδιση, της ταχύτητας βάδισης και της συνολικής ικανότητας βάδισης. Η διάρκεια της θεραπείας κυμαινόταν μεταξύ 1 και 12 εβδομάδων με μέσο όρο 5,3 εβδομάδες και τυπική απόκλιση 4 εβδομάδες. Οι συνεδρίες ανά εβδομάδα κυμαίνονταν από 1 έως 5 συνεδρίες την εβδομάδα. Τα οφέλη της ποδηλασίας υπερβαίνουν τη σωματική βελτίωση, με αποτέλεσμα την αυξημένη ποιότητα της καθημερινής ζωής. Επιπλέον, τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι η αποτελεσματικότητα της ποδηλασίας βασίζονται στη μακροχρόνια άσκηση και όχι σε άμεσα αποτελέσματα μεμονωμένων συνεδριών. Ως εκ τούτου, η ποδηλασία είναι ένας ουσιαστικός τρόπος βελτίωσης της ζωής των ασθενών που πάσχουν από τη νόσο του Πάρκινσον. (Tiihonen et al., 2021)

Το Pilates είναι μια προσέγγιση άσκησης νου-σώματος, που δημιουργήθηκε αρχικά από τον Joseph Pilates. Για σκοπούς αποκατάστασης, η μέθοδος Pilates στοχεύει στη βελτίωση της στάσης και του ελέγχου της κίνησης μέσω τεχνικών νευρομυϊκού ελέγχου, οι οποίες πιστεύεται ότι βελτιώνουν τη σταθερότητα της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης στοχεύοντας τους τοπικούς σταθεροποιητές μυς της οσφυϊκής-πυελικής περιοχής. Το Pilates μπορεί να συνταγογραφηθεί με ασφάλεια σε άτομα με ήπια έως μέτρια ΝΠ. Τα προκαταρκτικά στοιχεία δείχνουν ότι η πρακτική του θα μπορούσε να έχει θετικό αντίκτυπο στη φυσική κατάσταση, την ισορροπία και τη σωματική λειτουργία. Τα οφέλη του στη λειτουργία του κάτω μέρους του σώματος φαίνεται να είναι ανώτερα από εκείνα άλλων συμβατικών ασκήσεων. (Suárez-Iglesias et al., 2019) Τα αποτελέσματά των Marciel et al δείχνουν ότι το προτεινόμενο πρωτόκολλο Pilates είχε κάποια βελτίωση στον έλεγχο της ισορροπίας, συμπεριλαμβανομένων των δυναμικών και ορθοστατικών στοιχείων. (Maciel et al., 2020) Σε ένα πρόγραμμα Mat Pilates με theraband, διάρκειας 12 εβδομάδων, παρατηρήθηκαν βελτιώσεις στη δυναμική ισορροπία

και οι συμμετέχοντες παρουσίασαν αυξημένη δύναμη στα κάτω άκρα, αλλά τέτοιες βελτιώσεις δεν ήταν μόνιμες μετά τη διακοπή της δραστηριότητας. (Mollinedo-Cardalda et al., 2018) Στην αναζήτηση των ευεργετικών αποτελεσμάτων του Mat Pilates μια άλλη έρευνα συμπέρανε πως το Mat Pilates είναι εφικτό και μπορεί να είναι μια ευεργετική στρατηγική αποκατάστασης για τη βελτίωση της φυσικής κατάστασης και της ποιότητας ζωής σε άτομα με ήπια έως μέτρια ΝΠ. (Cancela et al., 2018) Απαιτούνται μελλοντικές τυχαιοποιημένες μελέτες με μεγαλύτερα δείγματα για να επιβεβαιωθούν αυτές οι παρατηρήσεις.

Η άσκηση στο νερό είναι μια άλλη μορφή μη συμβατικής άσκησης που έχει αυξηθεί σε δημοτικότητα στο πλαίσιο της νευροαποκατάστασης. (Denning et al., 2012) Η άσκηση σε νερό προσφέρει συγκεκριμένα μηχανικά πλεονεκτήματα λόγω των υδροστατικών και υδροδυναμικών αρχών της άνωσης. Η άνοση εξισώνεται με το βάρος, το οποίο όταν συνδυάζεται με τη ζεστασιά του νερού, έχει συσχετιστεί με μειωμένο πόνο και δυσκαμψία. (Hall et al., 2008) Τα χαρακτηριστικά του υδάτινου περιβάλλοντος επιτρέπουν σε ορισμένα άτομα με αστάθεια στάσης, υψηλό κίνδυνο πτώσης, μυϊκή αδυναμία των ποδιών και διαταραχή βάδισης, την επιτυχή άσκηση όταν αυτό δεν είναι εφικτό ή δεν είναι ασφαλές στη ξηρά. (Becker, 2009) Η άσκηση στο νερό βελτιώνει τις κινητικές βλάβες σε άτομα με ΝΠ πολύ περισσότερο από τους μη ασκούμενους πάσχοντες. Έχει, επίσης, ελαφρώς έως μέτρια μεγαλύτερα οφέλη από την άσκηση στην ξηρά για την ικανότητα ισορροπίας, τον φόβο της πτώσης και την ποιότητα ζωής που σχετίζεται με την υγεία. Σε άλλα αποτελέσματα, τα οφέλη της άσκησης στο νερό είναι παρόμοια με αυτά της άσκησης στην ξηρά. (Cugusi et al., 2019) Παράλληλα, σε μια άλλη έρευνα αποδείχθηκε ότι ένα προτεινόμενο πρόγραμμα άσκησης στο νερό με «dual-tasking» είναι σε θέση να βελτιώσει τη λειτουργική κινητικότητα, την ισορροπία και την βάδιση των ατόμων με ΝΠ, γεγονός που δείχνει ότι ένας τέτοιος τύπος άσκησης αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη θεραπεία. (Silva and Israel, 2019) Οι Di Marco et al στην προσπάθεια τους να ερευνήσουν τα οφέλη της άσκησης σε θερμό νερό κατέληξαν πως η ισορροπία όλων των συμμετεχόντων βελτιώθηκε σημαντικά όπως αξιολογήθηκε μέσω της βαθμολογίας Mini-BESTest. (Di Marco et al., 2022) Σε μια άλλη πρόσφατη έρευνα παρατηρήθηκε ότι παρά το γεγονός ότι τα άτομα με ΝΠ είναι ευάλωτος πληθυσμός, η φυσιοθεραπεία σε νερό, συμπεριλαμβανομένου του στυλ «Halliwick» είναι μια ασφαλής θεραπευτική επιλογή. Παρατηρήθηκαν, επίσης, πολλά υποσχόμενα αποτελέσματα για την ισορροπία στην ομάδα άσκησης «Halliwick» στο νερό, αλλά απαιτούνται περαιτέρω μελέτες με μεγαλύτερα μεγέθη δειγμάτων για να είναι αξιόπιστα στα αποτελέσματα. (Terrens et al., 2020)

Το επιτραπέζιο τένις, ή αλλιώς πινγκ-πονγκ, είναι μια δημοφιλής άσκηση παγκοσμίως και μπορεί να την απολαύσουν άτομα ανεξαρτήτως ηλικίας ή φύλου. Ορισμένες ομάδες ασθενών

με ΝΠ έχουν ήδη ξεκινήσει δραστηριότητες που ενσωματώνουν ασκήσεις πινγκ-πονγκ. Το να παίζεις πινγκ-πονγκ απαιτεί δυνητικά ευκινησία, ταχύτητα και οπτική οξύτητα για να ανταποκριθείς στην κίνηση της μπάλας και στον αντίπαλο, σε σύγκριση με άλλες ασκήσεις που έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικές κατά της ΝΠ. Επιπλέον, το πινγκ-πονγκ μπορεί να είναι ευνοϊκότερο έναντι των σωματικών παρεμβάσεων, καθώς είναι μια δραστηριότητα που οι ασθενείς μπορούν να απολαύσουν ως παιχνίδι καθώς ανταγωνίζονται για την κατάκτηση για πόντων. Αυτά τα πιθανά πλεονεκτήματα μπορεί να βελτιώσουν περαιτέρω την έκβαση για ασθενείς με ΝΠ. Επιπροσθέτως, φάνηκε πως ένα πρόγραμμα άσκησης πινγκ-πονγκ είναι δυνητικά ασφαλές και χρήσιμο για τη βελτίωση των δραστηριοτήτων καθημερινής ζωής και των κινητικών συμπτωμάτων ασθενών με ΝΠ, αν και μελλοντικές έρευνες απαιτούνται για να επιβεβαιώσουν το παραπάνω εύρημα. Είναι, επίσης, πιο εύκολο στην εκμάθηση από άλλες θεραπείες αποκατάστασης που είναι διαθέσιμες για τη ΝΠ. (Inoue et al., 2021) Μια ακόμα μελέτη καταδεικνύει ότι η προπόνηση στο πινγκ-πονγκ είναι ασφαλής και εφικτή και μπορεί να έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει τον έλεγχο της ισορροπίας, την ψυχική ευεξία και το επίπεδο σωματικής δραστηριότητας που αναφέρεται από τον ασθενή. Απαιτούνται περαιτέρω μελέτες προτού το πινγκ-πονγκ μπορεί να θεωρηθεί ως κατάλληλη παρέμβαση, βασισμένη σε στοιχεία, για άτομα με νόσο Πάρκινσον. (Olsson et al., 2020)

Η προπόνηση βάδισης με τη βοήθεια ρομπότ είναι μια μέθοδος αποκατάστασης που επαναλαμβάνει ένα κανονικό μοτίβο βάδισης με υψηλή ένταση. Το ρομπότ βάδισης αναπτύχθηκε με την προσδοκία ότι η επαναλαμβανόμενη προπόνηση βάδισης θα προκαλούσε πλαστικότητα του εγκεφάλου και του νωτιαίου μυελού και θα επιλύσει τη διαταραχή βάδισης που προκαλείται από τη νόσο του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος. (Esquenazi and Packel, 2012) Αυτά τα ρομποτικά εργαλεία, χάρη στις σταθερές και συμμετρικές τροχιές των κάτω άκρων τους, παρέχουν ιδιοδεκτικές εισόδους που μπορεί να αυξήσουν την ενεργοποίηση της κινητικότητας και την κινητική λειτουργία, καθώς και να βελτιστοποιήσουν τις συμβατικές στρατηγικές αποκατάστασης. (Ridgel et al., 2009) Τα ευρήματά μιας σύγχρονης έρευνας έδειξαν ότι η προπόνηση βάδισης με τη βοήθεια ρομπότ θα μπορούσε να είναι ένα πολύτιμο εργαλείο για τη βελτίωση της ικανότητας βάδισης και των κινητικών επιδόσεων σε ασθενείς με ΝΠ, με μακροχρόνιες επιπτώσεις. Επιπλέον, ασθενείς που υποβλήθηκαν σε προπόνηση βάδισης με τη βοήθεια ρομπότ διατήρησαν το λειτουργικό τους κινητικό κέρδος σε τρίμηνη παρακολούθηση. (Furnari et al., 2017) Σε μια άλλη έρευνα που βρέθηκε σύμφωνη με αυτή των Furnari et al, παρατηρήθηκε βελτιωμένη ισορροπία σε ασθενείς που εκτέλεσαν προπόνηση βάδισης με βοήθεια ρομπότ έως και ένα μήνα μετά τη θεραπεία. Όμως, δεν υπήρξε σημαντική αλλαγή στην αποτελεσματικότητα των πτώσεων σε όλα τα σημεία αξιολόγησης παρά τη βελτίωση της ταχύτητας βάδισης και της λειτουργίας ισορροπίας. (Yun et al., 2021)

Η άσκηση στο σπίτι είναι ένα σύγχρονο και χαμηλού κόστους εργαλείο που χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο τα τελευταία χρόνια. Ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την άσκηση στο σπίτι είναι η απώλεια μνήμης. Οι Fung et al ανέπτυξαν το smarter balance system (SBS) που ενσωματώνει πολυτροπική βιοανάδραση και προορίζεται για κλινική και οικιακή αποκατάσταση ισορροπίας. Επίσης, αξιολόγησαν την αποτελεσματικότητά του στις συνιστώμενες δυναμικές ασκήσεις ισορροπίας μετατόπισης βάρους (Dynamic WSBE) σε άτομα με νόσο Parkinson. Το SBS αποτελείται από ένα smartphone και μια προσαρμοσμένη ζώνη που φιλοξενεί μια μονάδα επεξεργασίας, μικροσκοπικούς αισθητήρες και δονητικούς ενεργοποιητές. Η οπτική και δονητική καθοδήγηση βιοανάδρασης κατά τη διάρκεια των δυναμικών ασκήσεων ισορροπίας μετατόπισης βάρους, παράγεται από την προσαρμοσμένη εφαρμογή του SBS με βάση το 90% των ορίων της σταθερότητας του χρήστη. Τα όρια της σταθερότητας των συμμετεχόντων αυξήθηκαν σημαντικά μετά από μία συνεδρία με δυναμικές ασκήσεις ισορροπίας. Τα άτομα με νόσο Πάρκινσον μπορούσαν να ακολουθήσουν με ακρίβεια τις κινήσεις στόχου κατά τη διάρκεια του προγράμματος χρησιμοποιώντας το SBS. (Fung et al., 2018) Μια έρευνα που μελέτησε την χρησιμότητα του προγράμματος SBS στο σπίτι συμπέρανε πως υπάρχει βελτίωση στα όρια της σταθερότητας μετά την ολοκλήρωση 6 εβδομάδων προπόνησης με δυναμικές ασκήσεις ισορροπίας μετατόπισης βάρους στο σπίτι και αυτές οι βελτιώσεις διατηρήθηκαν για ένα μήνα μετά την 6η εβδομάδα. Το αποτέλεσμα υποδηλώνει ότι οι συμμετέχοντες πέτυχαν βιώσιμες βελτιώσεις στον έλεγχο της στάσης μετά από την προπόνηση στο σπίτι με το SBS. (An et al., 2020) Μελλοντικές μελέτες θα αξιολογήσουν την αποτελεσματικότητα και την αποδοχή του SBS κατά τη διάρκεια μακροχρόνιας εκπαίδευσης αποκατάστασης στο σπίτι για άτομα με μειωμένη ισορροπία.

Στο πλαίσιο της άσκησης στο σπίτι είναι ενδιαφέρον να ερευνηθεί η βάδιση με σκύλο. Η ιδιοκτησία ενός σκύλου έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζει θετικά την ψυχολογική υγεία, συμπεριλαμβανομένης της μείωσης του στρες, του άγχους και της κατάθλιψης και της αύξησης των συναισθημάτων ικανότητας και αυτοεκτίμησης. (Wells, 2007) Η βόλτα σκύλου έχει, επίσης, αποδειχθεί ότι προάγει τη σωματική δραστηριότητα, καθώς σχετίζεται με λιγότερη αναπηρία και αυξημένη σωματική δραστηριότητα, μεταξύ άλλων οφελών για την υγεία. Μελέτες που αφορούσαν ιδιοκτήτες σκύλων και σωματική δραστηριότητα ανέφεραν ότι οι ιδιοκτήτες σκύλων είχαν υψηλότερο εβδομαδιαίο αριθμό βημάτων από τους μη ιδιοκτήτες σκύλων και ότι οι ιδιοκτήτες σκύλων ήταν πιο πιθανό να περπατούν περισσότερο και πιο συχνά από τους μη ιδιοκτήτες σκύλων. (Thorpe et al., 2006) Επιπλέον, οι ιδιοκτήτες σκύλων αποδείχθηκε ότι έχουν μεγαλύτερες ταχύτητες βάδισης σε σύγκριση με τους μη ιδιοκτήτες σκύλων. (Gretebeck et al., 2013) Από την άλλη, η παρουσία σκύλων στο νοικοκυριό έχει αποδειχθεί ότι αυξάνει τον κίνδυνο πτώσεων (Pluijm et al., 2006) και, στην πραγματικότητα,

μελέτες που εξέτασαν τους λόγους πτώσεων λόγω της κατοχής ενός σκύλου διαπίστωσαν ότι η πράξη του να πηγαίνεις βόλτα έναν σκύλο ήταν ο πιο συνηθισμένος μηχανισμός πτώσεων που οδηγούν σε τραυματισμούς. Μια και μοναδική έρευνα βρέθηκε να έχει διεξαχθεί στο πλαίσιο εξερεύνησης των αποτελεσμάτων της βάδισης με σκύλο ως άσκηση στη νόσο Πάρκινσον. Στην παρούσα μελέτη, η βάδισης με σκύλο επιδείνωσε περαιτέρω τα χαρακτηριστικά της βάδισης οδηγώντας σε πιο αργή ταχύτητα βάδισης, μειωμένο μήκος βήματος, μειωμένο μήκος διασκελισμού, μειωμένη βάση στήριξης και αυξημένο χρόνο διπλής στήριξης των άκρων. Επομένως, βρέθηκε μη ωφέλιμη πρακτική για την ισορροπία και την βάδιση. (O'Neal et al., 2020)

Γενικότερα, οι ασκήσεις μυαλού-σώματος βρέθηκαν να έχουν σημαντικές βελτιώσεις στην κινητική λειτουργία, τα συμπτώματα κατάθλιψης και την ποιότητα ζωής σε ασθενείς με νόσο Πάρκινσον και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αποτελεσματική μέθοδος για την παρέμβαση κλινικής άσκησης σε ασθενείς με ΝΠ. (Jin et al., 2019) Συγκρίνοντας τις εξής δραστηριότητες: προπόνηση γιόγκα, προπόνηση αντίστασης, προπόνηση στο νερό, προπόνηση Taiji Qigong, προπόνηση σε διάδρομο, προπόνηση εικονικής πραγματικότητας, εκπαίδευση χορού με μουσική, προπόνηση βάδισης, προπόνηση ποδηλασίας, εκπαίδευση Baduanjin Qigong παρατηρήθηκε ότι ο χορός, η γιόγκα, η προπόνηση εικονικής πραγματικότητας και η προπόνηση με αντιστάσεις προσφέρουν καλύτερα πλεονεκτήματα από άλλες παρεμβάσεις άσκησης για την κινητική λειτουργία των ασθενών. (Hao et al., 2022) Επιπλέον, βρέθηκε πως η πιο αποτελεσματική παρέμβαση άσκησης νου-σώματος ποικίλλει ανάλογα με τον τομέα λειτουργικής απόδοσης. Ο χορός ήταν μια αποτελεσματική άσκηση για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής που σχετίζεται με την υγεία μεταξύ των ατόμων με ΝΠ. (Mustafaoglu et al., 2022) Σε μια άλλη έρευνα έγινε σύγκριση των Wuqinxi Qigong και των ασκήσεων διάταξης. Το πόρισμα ήταν πως το Wuqinxi Qigong είναι μια αποτελεσματική μέθοδος για τη βελτίωση της βάδισης «single-tasking» ή «dual-tasking». Ενώ και οι δύο ασκήσεις βελτιώνουν τα κινητικά συμπτώματα, το Wuqinxi Qigong έχει ως αποτέλεσμα καλύτερη κινητικότητα, ισορροπία και ποιότητα ζωής σε σύγκριση με τις διατάξεις μόνο. (Z. Li et al., 2022)

3.3 Μελλοντικές κατευθύνσεις

Η τεχνολογία «wearables» μπορεί να βελτιώσει την ευαισθησία και την αξιοπιστία της αξιολόγησης των τομέων ελέγχου ισορροπίας στη νόσο του Πάρκινσον. Στο μέλλον, η αξιολόγηση της βάδισης και της ποιότητας της κινητικότητας, κατά τη διάρκεια της καθημερινής ζωής, θα χρησιμοποιείται για την καλύτερη ενημέρωση της θεραπευτικής ομάδας. Έτσι, με επίκεντρο τον ασθενή, θα γίνονται ορθότερες κλινικές αποφάσεις ώστε να οδηγούν στο βέλτιστο θεραπευτικό αποτέλεσμα. Οι νέες τεχνολογίες οι οποίες παρέχουν ακριβή,

ευαίσθητα μέτρα ελέγχου της ισορροπίας, θα βελτιώσουν την αποκατάσταση των διαταραχών ισορροπίας επιτρέποντας στους φυσιοθεραπευτές να εστιάσουν τη θεραπεία τους στα εξατομικευμένα ελλείμματα ισορροπίας που αξιολογούν σε κάθε άτομο. Οι αισθητήρες που φοριούνται από το σώμα μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την παροχή βιο-ανατροφοδότησης σε πραγματικό χρόνο, δίνοντας πληροφορίες για τη βελτίωση του ελέγχου ισορροπίας με την εκπαίδευση, στους ίδιους τους ασθενείς ή στους θεραπευτές. Τέλος, απαιτούνται παραπάνω έρευνες για το διακρανιακό συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα, για την ενίσχυση της νευρικοπλαστικότητας και της κινητικής μάθησης για ισορροπία και αποκατάσταση βάδισης. (Mancini et al., 2020)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Είναι προφανές ότι η Νόσος Πάρκινσον είναι μια νευρολογική πάθηση που με την εμφάνιση της δημιουργεί πολλά ερωτηματικά όσον αφορά την ορθή διάγνωση, τη διαχείριση και τη θεραπεία των συμπτωμάτων της, κινητικών και μη κινητικών. Ένα από τα πιο σημαντικά κομμάτια της κίνησης σε ασθενείς με ΝΠ είναι η προσβεβλημένη ισορροπία. Κάθε άτομο με νόσο Πάρκινσον θα αντιμετωπίσει δυσκολίες ισορροπίας κατά τη διάρκεια της νόσου. Στην πραγματικότητα, ορισμένες ανωμαλίες ισορροπίας και βάδισης εμφανίζονται πολύ νωρίς στη νόσο. Η ισορροπία είναι απαραίτητη για την κινητικότητα και είναι πολύ σημαντική για την ποιότητα ζωής, περισσότερο από τη λειτουργία των άκρων. Τα προβλήματα ισορροπίας οδηγούν σε προβλήματα βάδισης και στη συνέχεια σε πτώσεις. Οι πτώσεις είναι πιο συχνές, πιο σοβαρές και πιο απειλητικές για τη ζωή στην ΝΠ σε σύγκριση με άλλες νευρολογικές παθήσεις. Στα πλαίσια της μη φαρμακολογικής θεραπείας η άσκηση αποτελεί κλειδί για βελτίωση της ισορροπίας.

Συνολικά, διάφοροι τύποι θεραπευτικής άσκησης έχουν αναφερθεί ότι έχουν ευνοϊκά αποτελέσματα σε κινητικές διαταραχές και μη κινητικές διαταραχές σε ασθενείς με ΝΠ. Παρατηρείται τεράστια ποικιλομορφία στον τύπο της άσκησης, στη διάρκεια και στα αποτελέσματα που φέρει η καθεμία από αυτές. Επομένως, υπάρχουν πολλές ελπιδοφόρες θεραπείες που, σε ποικίλο βαθμό, επηρεάζουν τις διαταραχές βάδισης και ισορροπίας στην Νόσο Πάρκινσον. Αξιοσημείωτες αναφορές μορφών άσκησης είναι η βάδισης με συνθήματα «cueing», το περπάτημα Nordic, η βάδιση σε διάδρομο, η προπόνηση ισορροπίας, η θεραπεία με χρήση εικονικής πραγματικότητας, το Tai Chi, το Qigong, η γιόγκα, ο χορός και άλλες. Ωστόσο, καμία θεραπεία δεν είναι η «ασημένια σφαίρα» που παρέχει πλήρη ανακούφιση και τελικά βελτιώνει ουσιαστικά την ποιότητα ζωής του ασθενούς. Η καθιστική ζωή, η απάθεια και η εμφάνιση αδυναμίας στην προχωρημένη ΝΠ, ειδικά στο πλαίσιο ιατρικών συννοσηροτήτων, είναι ίσως οι μεγαλύτερες απειλές για την εξασφάλιση παρατεταμένων οφελών με οποιαδήποτε από τις διαθέσιμες θεραπευτικές επιλογές και ως εκ τούτου πρέπει να αντιμετωπίζονται επιθετικά όσο το δυνατόν νωρίτερα.

Ανεξάρτητα από τη μορφή άσκησης, η διατήρηση της συμμετοχής κατά τη διάρκεια της νόσου είναι πιθανότατα κρίσιμος παράγοντας. Ως εκ τούτου, η προτίμηση και το κίνητρο του ασθενούς, εκτός από τη σκοπιμότητα και την αποτελεσματικότητα των διαφορετικών προσεγγίσεων άσκησης, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για να καθοριστεί ποιες δραστηριότητες θα είναι χρήσιμες για ένα δεδομένο άτομο. Αυτό που είναι απαραίτητο χαρακτηριστικό στην επιλογή του θεραπευτικού πρωτοκόλλου, για κάθε ασθενή, είναι ότι η

αποκατάσταση θα πρέπει να είναι εξατομικευμένη. Οι ανάγκες, οι ικανότητες και οι απαιτήσεις κάθε ασθενούς είναι διαφορετικές.

Τέλος, μεγαλύτερης κλίμακας κλινική έρευνα και πιο αυστηρά πειράματα απαιτούνται για να επιβεβαιωθούν τα αποτελέσματα της θεραπευτικής άσκησης σε ασθενείς με ΝΠ. Παρά τις μέχρι τώρα υπάρχουσες έρευνες που δείχνουν στην πλειοψηφία τους ευνοϊκά αποτελέσματα στη χρήση της άσκησης ως μέσω βελτίωσης της ισορροπίας χρειάζεται να διερευνηθούν περαιτέρω οι μηχανισμοί που σχετίζονται με τη θεραπευτική άσκηση για την βελτίωση της ισορροπίας και κατ' επέκταση της κίνησης στη Νόσο Πάρκινσον.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Albani, G., Cimolin, V., Fasano, A., Trotti, C., Galli, M., Mauro, A., 2014. “Masters and servants” in parkinsonian gait: a three-dimensional analysis of biomechanical changes sensitive to disease progression. *Funct. Neurol.* 29, 99–105.
- Allen, N.E., Sherrington, C., Paul, S.S., Canning, C.G., 2011. Balance and falls in Parkinson’s disease: a meta-analysis of the effect of exercise and motor training. *Mov. Disord. Off. J. Mov. Disord. Soc.* 26, 1605–1615. <https://doi.org/10.1002/mds.23790>
- Almeida, L., Deeb, W., Spears, C., Opri, E., Molina, R., Martinez-Ramirez, D., Gunduz, A., Hess, C.W., Okun, M.S., 2017. Current Practice and the Future of Deep Brain Stimulation Therapy in Parkinson’s Disease. *Semin. Neurol.* 37, 205–214. <https://doi.org/10.1055/s-0037-1601893>
- An, J., Kim, J., Lai, E.C., Lee, B.-C., 2020. Effects of a Smartphone-Based Wearable Telerehabilitation System for In-Home Dynamic Weight-Shifting Balance Exercises by Individuals with Parkinson’s Disease. *Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. Annu. Int. Conf.* 2020, 5678–5681. <https://doi.org/10.1109/EMBC44109.2020.9175967>
- Arfa-Fatollahkhani, P., Safar Cherati, A., Habibi, S.A.H., Shahidi, G.A., Sohrabi, A., Zamani, B., 2019. Effects of treadmill training on the balance, functional capacity and quality of life in Parkinson’s disease: A randomized clinical trial. *J. Complement. Integr. Med.* 17, /j/jcim.2019.17.issue-1/jcim-2018-0245/jcim-2018-0245.xml. <https://doi.org/10.1515/jcim-2018-0245>
- Baltadjieva, R., Giladi, N., Gruendlinger, L., Peretz, C., Hausdorff, J.M., 2006. Marked alterations in the gait timing and rhythmicity of patients with de novo Parkinson’s disease. *Eur. J. Neurosci.* 24, 1815–1820. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2006.05033.x>
- Barthel, C., Nonnekes, J., van Helvert, M., Haan, R., Janssen, A., Delval, A., Weerdesteyn, V., Debû, B., van Wezel, R., Bloem, B.R., Ferraye, M.U., 2018. The laser shoes: A new ambulatory device to alleviate freezing of gait in Parkinson disease. *Neurology* 90, e164–e171. <https://doi.org/10.1212/WNL.00000000000004795>
- Beach, T.G., Adler, C.H., 2018. Importance of low diagnostic Accuracy for early Parkinson’s disease. *Mov. Disord. Off. J. Mov. Disord. Soc.* 33, 1551–1554. <https://doi.org/10.1002/mds.27485>
- Beall, E.B., Lowe, M.J., Alberts, J.L., Frankemolle, A.M.M., Thota, A.K., Shah, C., Phillips, M.D., 2013. The effect of forced-exercise therapy for Parkinson’s disease on motor cortex functional connectivity. *Brain Connect.* 3, 190–198. <https://doi.org/10.1089/brain.2012.0104>

- Becker, B.E., 2009. Aquatic therapy: scientific foundations and clinical rehabilitation applications. *PM R* 1, 859–872. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2009.05.017>
- Behrman, A.L., Light, K.E., Flynn, S.M., Thigpen, M.T., 2002. Is the functional reach test useful for identifying falls risk among individuals with Parkinson's disease? *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 83, 538–542. <https://doi.org/10.1053/apmr.2002.30934>
- Bekkers, E.M.J., Dijkstra, B.W., Dockx, K., Heremans, E., Verschueren, S.M.P., Nieuwboer, A., 2017. Clinical balance scales indicate worse postural control in people with Parkinson's disease who exhibit freezing of gait compared to those who do not: A meta-analysis. *Gait Posture* 56, 134–140. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.05.009>
- Bell, F., 1998. Principles of mechanics and biomechanics. Singular, San Diego London.
- Bello, O., Sanchez, J.A., Lopez-Alonso, V., Márquez, G., Morenilla, L., Castro, X., Giraldez, M., Santos-García, D., Fernandez-del-Olmo, M., 2013. The effects of treadmill or overground walking training program on gait in Parkinson's disease. *Gait Posture* 38, 590–595. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2013.02.005>
- Benka Wallén, M., Franzén, E., Nero, H., Hagströmer, M., 2015. Levels and Patterns of Physical Activity and Sedentary Behavior in Elderly People With Mild to Moderate Parkinson Disease. *Phys. Ther.* 95, 1135–1141. <https://doi.org/10.2522/ptj.20140374>
- Berg, D., Postuma, R.B., Adler, C.H., Bloem, B.R., Chan, P., Dubois, B., Gasser, T., Goetz, C.G., Halliday, G., Joseph, L., Lang, A.E., Liepelt-Scarfone, I., Litvan, I., Marek, K., Obeso, J., Oertel, W., Olanow, C.W., Poewe, W., Stern, M., Deuschl, G., 2015. MDS research criteria for prodromal Parkinson's disease. *Mov. Disord. Off. J. Mov. Disord. Soc.* 30, 1600–1611. <https://doi.org/10.1002/mds.26431>
- Berg, K.O., Wood-Dauphinee, S.L., Williams, J.I., Maki, B., 1992. Measuring balance in the elderly: validation of an instrument. *Can. J. Public Health Rev. Can. Sante Publique* 83 Suppl 2, S7-11.
- Bisson, E., Contant, B., Sveistrup, H., Lajoie, Y., 2007. Functional balance and dual-task reaction times in older adults are improved by virtual reality and biofeedback training. *Cyberpsychology Behav. Impact Internet Multimed. Virtual Real. Behav. Soc.* 10, 16–23. <https://doi.org/10.1089/cpb.2006.9997>
- Bloem, B.R., Grimbergen, Y.A., Cramer, M., Willemsen, M., Zwinderman, A.H., 2001. Prospective assessment of falls in Parkinson's disease. *J. Neurol.* 248, 950–958. <https://doi.org/10.1007/s004150170047>
- Brachman, A., Marszałek, W., Kamieniarz, A., Michalska, J., Pawłowski, M., Juras, G., 2021. Biomechanical measures of balance after balance-based exergaming training dedicated for

patients with Parkinson's disease. *Gait Posture* 87, 170–176.
<https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2021.04.036>

Cakit, B.D., Saracoglu, M., Genc, H., Erdem, H.R., Inan, L., 2007. The effects of incremental speed-dependent treadmill training on postural instability and fear of falling in Parkinson's disease. *Clin. Rehabil.* 21, 698–705. <https://doi.org/10.1177/0269215507077269>

Cancela, J.M., Mollinedo Cardalda, I., Ayán, C., de Oliveira, I.M., 2018. Feasibility and Efficacy of Mat Pilates on People with Mild-to-Moderate Parkinson's Disease: A Preliminary Study. *Rejuvenation Res.* 21, 109–116. <https://doi.org/10.1089/rej.2017.1969>

Canning, C.G., Allen, N.E., Nackaerts, E., Paul, S.S., Nieuwboer, A., Gilat, M., 2020. Virtual reality in research and rehabilitation of gait and balance in Parkinson disease. *Nat. Rev. Neurol.* 16, 409–425. <https://doi.org/10.1038/s41582-020-0370-2>

Capato, T.T.C., Nonnekes, J., de Vries, N.M., Int'Hout, J., Barbosa, E.R., Bloem, B.R., 2020. Effects of multimodal balance training supported by rhythmical auditory stimuli in people with advanced stages of Parkinson's disease: a pilot randomized clinical trial. *J. Neurol. Sci.* 418, 117086. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2020.117086>

Choi, H.-J., Garber, C.E., Jun, T.-W., Jin, Y.-S., Chung, S.-J., Kang, H.-J., 2013. Therapeutic effects of tai chi in patients with Parkinson's disease. *ISRN Neurol.* 2013, 548240. <https://doi.org/10.1155/2013/548240>

Clark, E.C., Clements, B.G., Erickson, D.J., Maccarty, C.S., Mulder, D.W., 1956. Therapeutic exercises in management of paralysis agitans. *J. Am. Med. Assoc.* 162, 1041–1043. <https://doi.org/10.1001/jama.1956.02970280021008>

Conradsson, D., Löfgren, N., Nero, H., Hagströmer, M., Ståhle, A., Lökk, J., Franzén, E., 2015. The Effects of Highly Challenging Balance Training in Elderly With Parkinson's Disease: A Randomized Controlled Trial. *Neurorehabil. Neural Repair* 29, 827–836. <https://doi.org/10.1177/1545968314567150>

Conradsson, D., Löfgren, N., Ståhle, A., Hagströmer, M., Franzén, E., 2012. A novel conceptual framework for balance training in Parkinson's disease-study protocol for a randomised controlled trial. *BMC Neurol.* 12, 111. <https://doi.org/10.1186/1471-2377-12-111>

Corcos, D.M., Robichaud, J.A., David, F.J., Leurgans, S.E., Vaillancourt, D.E., Poon, C., Rafferty, M.R., Kohrt, W.M., Comella, C.L., 2013. A two-year randomized controlled trial of progressive resistance exercise for Parkinson's disease. *Mov. Disord. Off. J. Mov. Disord. Soc.* 28, 1230–1240. <https://doi.org/10.1002/mds.25380>

Creaby, M.W., Cole, M.H., 2018. Gait characteristics and falls in Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis. *Parkinsonism Relat. Disord.* 57, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2018.07.008>

- Cugusi, L., Manca, A., Bergamin, M., Di Blasio, A., Monticone, M., Deriu, F., Mercuro, G., 2019. Aquatic exercise improves motor impairments in people with Parkinson's disease, with similar or greater benefits than land-based exercise: a systematic review. *J. Physiother.* 65, 65–74. <https://doi.org/10.1016/j.jphys.2019.02.003>
- Cugusi, L., Solla, P., Serpe, R., Carzedda, T., Piras, L., Oggianu, M., Gabba, S., Di Blasio, A., Bergamin, M., Cannas, A., Marrosu, F., Mercuro, G., 2015. Effects of a Nordic Walking program on motor and non-motor symptoms, functional performance and body composition in patients with Parkinson's disease. *NeuroRehabilitation* 37, 245–254. <https://doi.org/10.3233/NRE-151257>
- Curran, T., Lang, A.E., 1994. Parkinsonian syndromes associated with hydrocephalus: case reports, a review of the literature, and pathophysiological hypotheses. *Mov. Disord. Off. J. Mov. Disord. Soc.* 9, 508–520. <https://doi.org/10.1002/mds.870090503>
- de Carvalho, K.S., Coelho, D.B., de Souza, C.R., Silva-Batista, C., Shida, T.K.F., Teixeira, L.A., de Lima-Pardini, A.C., 2021. Preserved flexibility of dynamic postural control in individuals with Parkinson's disease. *Gait Posture* 86, 240–244. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2021.03.027>
- de Dreu, M.J., van der Wilk, A.S.D., Poppe, E., Kwakkel, G., van Wegen, E.E.H., 2012. Rehabilitation, exercise therapy and music in patients with Parkinson's disease: a meta-analysis of the effects of music-based movement therapy on walking ability, balance and quality of life. *Parkinsonism Relat. Disord.* 18 Suppl 1, S114-119. [https://doi.org/10.1016/S1353-8020\(11\)70036-0](https://doi.org/10.1016/S1353-8020(11)70036-0)
- de Oliveira, M.P.B., Lobato, D.F.M., Smaili, S.M., Carvalho, C., Borges, J.B.C., 2021. Effect of aerobic exercise on functional capacity and quality of life in individuals with Parkinson's disease: A systematic review of randomized controlled trials. *Arch. Gerontol. Geriatr.* 95, 104422. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2021.104422>
- Denning, W.M., Bressel, E., Dolny, D., Bressel, M., Seeley, M.K., 2012. A Review of Biophysical Differences between Aquatic and Land-Based Exercise. *Int. J. Aquat. Res. Educ.* 6. <https://doi.org/10.25035/ijare.06.01.07>
- Di Marco, R., Pistonesi, F., Cianci, V., Biundo, R., Weis, L., Tognolo, L., Baba, A., Rubega, M., Gentile, G., Tedesco, C., Carecchio, M., Antonini, A., Masiero, S., 2022. Effect of Intensive Rehabilitation Program in Thermal Water on a Group of People with Parkinson's Disease: A Retrospective Longitudinal Study. *Healthc. Basel Switz.* 10, 368. <https://doi.org/10.3390/healthcare10020368>
- Dibble, L.E., Hale, T.F., Marcus, R.L., Droge, J., Gerber, J.P., LaStayo, P.C., 2006. High-intensity resistance training amplifies muscle hypertrophy and functional gains in persons

with Parkinson's disease. *Mov. Disord. Off. J. Mov. Disord. Soc.* 21, 1444–1452.
<https://doi.org/10.1002/mds.20997>

Djurić-Jovičić, M., Belić, M., Stanković, I., Radovanović, S., Kostić, V.S., 2017. Selection of gait parameters for differential diagnostics of patients with de novo Parkinson's disease. *Neurol. Res.* 39, 853–861. <https://doi.org/10.1080/01616412.2017.1348690>

Dockx, K., Bekkers, E.M., Van den Bergh, V., Ginis, P., Rochester, L., Hausdorff, J.M., Mirelman, A., Nieuwboer, A., 2016. Virtual reality for rehabilitation in Parkinson's disease. *Cochrane Database Syst. Rev.* 12, CD010760.
<https://doi.org/10.1002/14651858.CD010760.pub2>

Donovan, S., Lim, C., Diaz, N., Browner, N., Rose, P., Sudarsky, L.R., Tarsy, D., Fahn, S., Simon, D.K., 2011. Laserlight cues for gait freezing in Parkinson's disease: an open-label study. *Parkinsonism Relat. Disord.* 17, 240–245.
<https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2010.08.010>

Driver, J.A., Logroscino, G., Gaziano, J.M., Kurth, T., 2009. Incidence and remaining lifetime risk of Parkinson disease in advanced age. *Neurology* 72, 432–438.
<https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000341769.50075.bb>

Duncan, R.P., Leddy, A.L., Earhart, G.M., 2011. Five times sit-to-stand test performance in Parkinson's disease. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 92, 1431–1436.
<https://doi.org/10.1016/j.apmr.2011.04.008>

Emmanouilidis, S., Hackney, M.E., Slade, S.C., Heng, H., Jazayeri, D., Morris, M.E., 2021. Dance Is an Accessible Physical Activity for People with Parkinson's Disease. *Park. Dis.* 2021, 7516504. <https://doi.org/10.1155/2021/7516504>

Esquenazi, A., Packel, A., 2012. Robotic-assisted gait training and restoration. *Am. J. Phys. Med. Rehabil.* 91, S217–227; quiz S228–231.
<https://doi.org/10.1097/PHM.0b013e31826bce18>

Fahn, S., Elton, R., Members of the UPDRS Development Committee, 1987. The Unified Parkinson's Disease Rating Scale. *Recent developments in Parkinson's disease Vol 2*, 153–163.

Fearnley, J.M., Lees, A.J., 1991. Ageing and Parkinson's disease: substantia nigra regional selectivity. *Brain J. Neurol.* 114 (Pt 5), 2283–2301. <https://doi.org/10.1093/brain/114.5.2283>

Feng, Y.-S., Yang, S.-D., Tan, Z.-X., Wang, M.-M., Xing, Y., Dong, F., Zhang, F., 2020. The benefits and mechanisms of exercise training for Parkinson's disease. *Life Sci.* 245, 117345.
<https://doi.org/10.1016/j.lfs.2020.117345>

Ferraz, D.D., Trippo, K.V., Duarte, G.P., Neto, M.G., Bernardes Santos, K.O., Filho, J.O., 2018. The Effects of Functional Training, Bicycle Exercise, and Exergaming on Walking

Capacity of Elderly Patients With Parkinson Disease: A Pilot Randomized Controlled Single-blinded Trial. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 99, 826–833.

<https://doi.org/10.1016/j.apmr.2017.12.014>

Fietzek, U.M., Schroeteler, F.E., Ziegler, K., Zwosta, J., Ceballos-Baumann, A.O., 2014.

Randomized cross-over trial to investigate the efficacy of a two-week physiotherapy programme with repetitive exercises of cueing to reduce the severity of freezing of gait in patients with Parkinson's disease. *Clin. Rehabil.* 28, 902–911.

<https://doi.org/10.1177/0269215514527299>

Fisher, B.E., Li, Q., Nacca, A., Salem, G.J., Song, J., Yip, J., Hui, J.S., Jakowec, M.W.,

Petzing, G.M., 2013. Treadmill exercise elevates striatal dopamine D2 receptor binding potential in patients with early Parkinson's disease. *Neuroreport* 24, 509–514.

<https://doi.org/10.1097/WNR.0b013e328361dc13>

Fleisher, J.E., Sennott, B.J., Myrick, E., Niemet, C.J., Lee, M., Whitelock, C.M., Sanghvi, M.,

Liu, Y., Ouyang, B., Hall, D.A., Comella, C.L., Chodosh, J., 2020. KICK OUT PD:

Feasibility and quality of life in the pilot karate intervention to change kinematic outcomes in Parkinson's Disease. *PloS One* 15, e0237777. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237777>

Fox, S.H., Katzenschlager, R., Lim, S.-Y., Barton, B., de Bie, R.M.A., Seppi, K., Coelho, M., Sampaio, C., Movement Disorder Society Evidence-Based Medicine Committee, 2018.

International Parkinson and movement disorder society evidence-based medicine review:

Update on treatments for the motor symptoms of Parkinson's disease. *Mov. Disord. Off. J.*

Mov. Disord. Soc. 33, 1248–1266. <https://doi.org/10.1002/mds.27372>

Frank, J.S., Patla, A.E., 2003. Balance and mobility challenges in older adults: implications for preserving community mobility. *Am. J. Prev. Med.* 25, 157–163.

[https://doi.org/10.1016/s0749-3797\(03\)00179-x](https://doi.org/10.1016/s0749-3797(03)00179-x)

Fung, A., Lai, E.C., Lee, B.-C., 2018. Usability and Validation of the Smarter Balance

System: An Unsupervised Dynamic Balance Exercises System for Individuals With

Parkinson's Disease. *IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng. Publ. IEEE Eng. Med. Biol.*

Soc. 26, 798–806. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2018.2808139>

Furnari, A., Calabrò, R.S., De Cola, M.C., Bartolo, M., Castelli, A., Mapelli, A., Buttacchio,

G., Farini, E., Bramanti, P., Casale, R., 2017. Robotic-assisted gait training in Parkinson's

disease: a three-month follow-up randomized clinical trial. *Int. J. Neurosci.* 127, 996–1004.

<https://doi.org/10.1080/00207454.2017.1288623>

Galbiati, A., Verga, L., Giora, E., Zucconi, M., Ferini-Strambi, L., 2019. The risk of

neurodegeneration in REM sleep behavior disorder: A systematic review and meta-analysis of longitudinal studies. *Sleep Med. Rev.* 43, 37–46. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2018.09.008>

Ganesan, M., Sathyaprabha, T.N., Gupta, A., Pal, P.K., 2014. Effect of partial weight-supported treadmill gait training on balance in patients with Parkinson disease. *PM R* 6, 22–33. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2013.08.604>

Gao, Q., Leung, A., Yang, Y., Wei, Q., Guan, M., Jia, C., He, C., 2014. Effects of Tai Chi on balance and fall prevention in Parkinson's disease: a randomized controlled trial. *Clin. Rehabil.* 28, 748–753. <https://doi.org/10.1177/0269215514521044>

Garcia-Agundez, A., Folkerts, A.-K., Konrad, R., Caserman, P., Tregel, T., Goosses, M., Göbel, S., Kalbe, E., 2019. Recent advances in rehabilitation for Parkinson's Disease with Exergames: A Systematic Review. *J. Neuroengineering Rehabil.* 16, 17. <https://doi.org/10.1186/s12984-019-0492-1>

Giardini, M., Nardone, A., Godi, M., Guglielmetti, S., Arcolin, I., Pisano, F., Schieppati, M., 2018. Instrumental or Physical-Exercise Rehabilitation of Balance Improves Both Balance and Gait in Parkinson's Disease. *Neural Plast.* 2018, 5614242. <https://doi.org/10.1155/2018/5614242>

Gilman, S., Low, P.A., Quinn, N., Albanese, A., Ben-Shlomo, Y., Fowler, C.J., Kaufmann, H., Klockgether, T., Lang, A.E., Lantos, P.L., Litvan, I., Mathias, C.J., Oliver, E., Robertson, D., Schatz, I., Wenning, G.K., 1999. Consensus statement on the diagnosis of multiple system atrophy. *J. Neurol. Sci.* 163, 94–98. [https://doi.org/10.1016/s0022-510x\(98\)00304-9](https://doi.org/10.1016/s0022-510x(98)00304-9)

Goldman, J.G., Holden, S.K., 2022. Parkinson's disease, in: *Reference Module in Neuroscience and Biobehavioral Psychology*. Elsevier, p. B9780323914970001000. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91497-0.00064-3>

Gollan, R., Ernst, M., Lieker, E., Caro-Valenzuela, J., Monsef, I., Dresen, A., Roheger, M., Skoetz, N., Kalbe, E., Folkerts, A.-K., 2022. Effects of Resistance Training on Motor- and Non-Motor Symptoms in Patients with Parkinson's Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J. Park. Dis.* 12, 1783–1806. <https://doi.org/10.3233/JPD-223252>

Green, E., Huynh, A., Broussard, L., Zunker, B., Matthews, J., Hilton, C.L., Aranha, K., 2019. Systematic Review of Yoga and Balance: Effect on Adults With Neuromuscular Impairment. *Am. J. Occup. Ther. Off. Publ. Am. Occup. Ther. Assoc.* 73, 7301205150p1-7301205150p11. <https://doi.org/10.5014/ajot.2019.028944>

Gretebeck, K.A., Radius, K., Black, D.R., Gretebeck, R.J., Ziemba, R., Glickman, L.T., 2013. Dog ownership, functional ability, and walking in community-dwelling older adults. *J. Phys. Act. Health* 10, 646–655. <https://doi.org/10.1123/jpah.10.5.646>

Hackney, M.E., Earhart, G.M., 2009. Effects of dance on movement control in Parkinson's disease: a comparison of Argentine tango and American ballroom. *J. Rehabil. Med.* 41, 475–481. <https://doi.org/10.2340/16501977-0362>

Hackney, M.E., Kantorovich, S., Levin, R., Earhart, G.M., 2007. Effects of tango on functional mobility in Parkinson's disease: a preliminary study. *J. Neurol. Phys. Ther. JNPT* 31, 173–179. <https://doi.org/10.1097/NPT.0b013e31815ce78b>

Hall, J., Swinkels, A., Briddon, J., McCabe, C.S., 2008. Does aquatic exercise relieve pain in adults with neurologic or musculoskeletal disease? A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 89, 873–883. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.09.054>

Hallett, M., Khoshbin, S., 1980. A physiological mechanism of bradykinesia. *Brain J. Neurol.* 103, 301–314. <https://doi.org/10.1093/brain/103.2.301>

Hao, Z., Zhang, X., Chen, P., 2022. Effects of Ten Different Exercise Interventions on Motor Function in Parkinson's Disease Patients-A Network Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Brain Sci.* 12, 698. <https://doi.org/10.3390/brainsci12060698>

Hasan, S.M., Alshafie, S., Hasabo, E.A., Saleh, M., Elnaiem, W., Qasem, A., Alzu'bi, Y.O., Khaled, A., Zaazouee, M.S., Ragab, K.M., Nourelden, A.Z., Doheim, M.F., 2022. Efficacy of dance for Parkinson's disease: a pooled analysis of 372 patients. *J. Neurol.* 269, 1195–1208. <https://doi.org/10.1007/s00415-021-10589-4>

Hawkins, B.L., Van Puymbroeck, M., Walter, A., Sharp, J., Woshkolup, K., Urrea-Mendoza, E., Revilla, F., Schmid, A.A., 2018. Perceived Activities and Participation Outcomes of a Yoga Intervention for Individuals with Parkinson's Disease: A Mixed Methods Study. *Int. J. Yoga Ther.* 28, 51–61. <https://doi.org/10.17761/2018-00018R2>

Herfurth, M., Godau, J., Kattner, B., Rombach, S., Grau, S., Maetzler, W., Berg, D., 2015. Gait velocity and step length at baseline predict outcome of Nordic walking training in patients with Parkinson's disease. *Parkinsonism Relat. Disord.* 21, 413–416. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2015.01.016>

Herman, T., Giladi, N., Gruendlinger, L., Hausdorff, J.M., 2007. Six weeks of intensive treadmill training improves gait and quality of life in patients with Parkinson's disease: a pilot study. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 88, 1154–1158. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.05.015>

Hirsch, M.A., Farley, B.G., 2009. Exercise and neuroplasticity in persons living with Parkinson's disease. *Eur. J. Phys. Rehabil. Med.* 45, 215–229.

Hirsch, M.A., Toole, T., Maitland, C.G., Rider, R.A., 2003. The effects of balance training and high-intensity resistance training on persons with idiopathic Parkinson's disease. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 84, 1109–1117. [https://doi.org/10.1016/s0003-9993\(03\)00046-7](https://doi.org/10.1016/s0003-9993(03)00046-7)

Horak, F.B., 1987. Clinical measurement of postural control in adults. *Phys. Ther.* 67, 1881–1885. <https://doi.org/10.1093/ptj/67.12.1881>

Horak, F.B., Wrisley, D.M., Frank, J., 2009. The Balance Evaluation Systems Test (BESTest) to differentiate balance deficits. *Phys. Ther.* 89, 484–498.
<https://doi.org/10.2522/ptj.20080071>

Horbinski, C., Zumpf, K.B., McCortney, K., Eoannou, D., 2021. Longitudinal observational study of boxing therapy in Parkinson's disease, including adverse impacts of the COVID-19 lockdown. *BMC Neurol.* 21, 326. <https://doi.org/10.1186/s12883-021-02359-6>

Hughes, A.J., Daniel, S.E., Blankson, S., Lees, A.J., 1993. A clinicopathologic study of 100 cases of Parkinson's disease. *Arch. Neurol.* 50, 140–148.
<https://doi.org/10.1001/archneur.1993.00540020018011>

Inoue, K., Fujioka, S., Nagaki, K., Suenaga, M., Kimura, K., Yonekura, Y., Yamaguchi, Y., Kitano, K., Imamura, R., Uehara, Y., Kikuchi, H., Matsunaga, Y., Tsuboi, Y., 2021. Table tennis for patients with Parkinson's disease: A single-center, prospective pilot study. *Clin. Park. Relat. Disord.* 4, 100086. <https://doi.org/10.1016/j.prdoa.2020.100086>

Jehu, D., Nantel, J., 2018. Fallers with Parkinson's disease exhibit restrictive trunk control during walking. *Gait Posture* 65, 246–250. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.07.181>

Jiménez-Jiménez, F.J., García-Ruiz, P.J., Molina, J.A., 1997. Drug-induced movement disorders. *Drug Saf.* 16, 180–204. <https://doi.org/10.2165/00002018-199716030-00004>

Jin, X., Wang, L., Liu, S., Zhu, L., Loprinzi, P.D., Fan, X., 2019. The Impact of Mind-body Exercises on Motor Function, Depressive Symptoms, and Quality of Life in Parkinson's Disease: A Systematic Review and Meta-analysis. *Int. J. Environ. Res. Public. Health* 17, 31. <https://doi.org/10.3390/ijerph17010031>

Johansson, C., Lindström, B., Forsgren, L., Johansson, G.M., 2020. Balance and mobility in patients with newly diagnosed Parkinson's disease - a five-year follow-up of a cohort in northern Sweden. *Disabil. Rehabil.* 42, 770–778.
<https://doi.org/10.1080/09638288.2018.1509240>

Joseph, C., Leavy, B., Mattsson, S., Falk, L., Franzén, E., 2018. Implementation of the HiBalance training program for Parkinson's disease in clinical settings: A feasibility study. *Brain Behav.* 8, e01021. <https://doi.org/10.1002/brb3.1021>

Kalia, L.V., Lang, A.E., 2016. Evolving basic, pathological and clinical concepts in PD. *Nat. Rev. Neurol.* 12, 65–66. <https://doi.org/10.1038/nrneurol.2015.249>

Keus, S., Munneke, M., Graziano, M., et al, 2014. European physiotherapy guideline for Parkinson's disease. KNGF/ParkinsonNet, Netherlands.

King, L., Horak, F., 2013. On the mini-BESTest: scoring and the reporting of total scores. *Phys. Ther.* 93, 571–575. <https://doi.org/10.2522/ptj.2013.93.4.571>

King, M.B., Judge, J.O., Wolfson, L., 1994. Functional base of support decreases with age. *J. Gerontol.* 49, M258-263. <https://doi.org/10.1093/geronj/49.6.m258>

Kwok, J.Y.Y., Choi, K.C., Chan, H.Y.L., 2016. Effects of mind-body exercises on the physiological and psychosocial well-being of individuals with Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis. *Complement. Ther. Med.* 29, 121–131. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2016.09.016>

Lang, K.C., Hackney, M.E., Ting, L.H., McKay, J.L., 2019. Antagonist muscle activity during reactive balance responses is elevated in Parkinson's disease and in balance impairment. *PloS One* 14, e0211137. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211137>

Lee, H.-J., Kim, S.-Y., Chae, Y., Kim, M.-Y., Yin, C., Jung, W.-S., Cho, K.-H., Kim, S.-N., Park, H.-J., Lee, H., 2018. Turo (Qi Dance) Program for Parkinson's Disease Patients: Randomized, Assessor Blind, Waiting-List Control, Partial Crossover Study. *Explore N. Y. N* 14, 216–223. <https://doi.org/10.1016/j.explore.2017.11.002>

Lee, N.-Y., Lee, D.-K., Song, H.-S., 2015. Effect of virtual reality dance exercise on the balance, activities of daily living, and depressive disorder status of Parkinson's disease patients. *J. Phys. Ther. Sci.* 27, 145–147. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.145>

Li, F., Harmer, P., Fitzgerald, K., Eckstrom, E., Stock, R., Galver, J., Maddalozzo, G., Batya, S.S., 2012. Tai chi and postural stability in patients with Parkinson's disease. *N. Engl. J. Med.* 366, 511–519. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1107911>

Li, F., Harmer, P., Liu, Y., Eckstrom, E., Fitzgerald, K., Stock, R., Chou, L.-S., 2014. A randomized controlled trial of patient-reported outcomes with tai chi exercise in Parkinson's disease. *Mov. Disord. Off. J. Mov. Disord. Soc.* 29, 539–545. <https://doi.org/10.1002/mds.25787>

Li, G., Huang, Pei, Cui, S.-S., Tan, Y.-Y., He, Y.-C., Shen, X., Jiang, Q.-Y., Huang, Ping, He, G.-Y., Li, B.-Y., Li, Y.-X., Xu, J., Wang, Z., Chen, S.-D., 2022. Mechanisms of motor symptom improvement by long-term Tai Chi training in Parkinson's disease patients. *Transl. Neurodegener.* 11, 6. <https://doi.org/10.1186/s40035-022-00280-7>

Li, Z., Wang, T., Shen, M., Song, T., He, J., Guo, W., Wang, Z., Zhuang, J., 2022. Comparison of Wuqinxi Qigong with Stretching on Single- and Dual-Task Gait, Motor Symptoms and Quality of Life in Parkinson's Disease: A Preliminary Randomized Control Study. *Int. J. Environ. Res. Public. Health* 19, 8042. <https://doi.org/10.3390/ijerph19138042>

Li, Z., Zhuang, J., Jiang, Y., Xiao, G., Jie, K., Wang, T., Yin, W., Zhang, Y., Wang, Z., 2019. Study protocol for a single-blind randomised controlled trial to evaluate the clinical effects of an Integrated Qigong exercise intervention on freezing of gait in Parkinson's disease. *BMJ Open* 9, e028869. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-028869>

- Liao, Y.-Y., Yang, Y.-R., Cheng, S.-J., Wu, Y.-R., Fuh, J.-L., Wang, R.-Y., 2015. Virtual Reality-Based Training to Improve Obstacle-Crossing Performance and Dynamic Balance in Patients With Parkinson's Disease. *Neurorehabil. Neural Repair* 29, 658–667.
<https://doi.org/10.1177/1545968314562111>
- Lindh-Rengifo, M., Jonasson, S.B., Ullén, S., Mattsson-Carlén, N., Nilsson, M.H., 2021. Perceived walking difficulties in Parkinson's disease - predictors and changes over time. *BMC Geriatr.* 21, 221. <https://doi.org/10.1186/s12877-021-02113-0>
- Liu, H.-H., Yeh, N.-C., Wu, Y.-F., Yang, Y.-R., Wang, R.-Y., Cheng, F.-Y., 2019. Effects of Tai Chi Exercise on Reducing Falls and Improving Balance Performance in Parkinson's Disease: A Meta-Analysis. *Park. Dis.* 2019, 9626934. <https://doi.org/10.1155/2019/9626934>
- Liu, X.L., Chen, S., Wang, Y., 2016. Effects of Health Qigong Exercises on Relieving Symptoms of Parkinson's Disease. *Evid.-Based Complement. Altern. Med. ECAM* 2016, 5935782. <https://doi.org/10.1155/2016/5935782>
- Lo, A.C., Chang, V.C., Gianfrancesco, M.A., Friedman, J.H., Patterson, T.S., Benedicto, D.F., 2010. Reduction of freezing of gait in Parkinson's disease by repetitive robot-assisted treadmill training: a pilot study. *J. Neuroengineering Rehabil.* 7, 51.
<https://doi.org/10.1186/1743-0003-7-51>
- Maciel, D.P., Mesquita, V.L., Marinho, A.R., Ferreira, G.M., Abdon, A.P., Maia, F.M., 2020. Pilates method improves balance control in Parkinson's disease patients: An open-label clinical trial. *Parkinsonism Relat. Disord.* 77, 18–19.
<https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2020.05.037>
- Mak, M.K., Wong-Yu, I.S., Shen, X., Chung, C.L., 2017. Long-term effects of exercise and physical therapy in people with Parkinson disease. *Nat. Rev. Neurol.* 13, 689–703.
<https://doi.org/10.1038/nrneurol.2017.128>
- Mak, M.K.Y., Wong-Yu, I.S.K., 2019. Exercise for Parkinson's disease. *Int. Rev. Neurobiol.* 147, 1–44. <https://doi.org/10.1016/bs.irn.2019.06.001>
- Maki, B.E., McIlroy, W.E., 1997. The Role of Limb Movements in Maintaining Upright Stance: The “Change-in-Support” Strategy. *Phys. Ther.* 77, 488–507.
<https://doi.org/10.1093/ptj/77.5.488>
- Mancini, M., Nutt, J.G., Horak, F.B., 2020. Why is balance so important in Parkinson disease?, in: *Balance Dysfunction in Parkinson's Disease*. Elsevier, pp. 25–36.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813874-8.00002-7>
- Marinelli, L., Crupi, D., Di Rocco, A., Bove, M., Eidelberg, D., Abbruzzese, G., Ghilardi, M.F., 2009. Learning and consolidation of visuo-motor adaptation in Parkinson's disease. *Parkinsonism Relat. Disord.* 15, 6–11. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2008.02.012>

Marras, C., Rochon, P., Lang, A.E., 2002. Predicting motor decline and disability in Parkinson disease: a systematic review. *Arch. Neurol.* 59, 1724–1728.
<https://doi.org/10.1001/archneur.59.11.1724>

McGeer, P.L., McGeer, E.G., Suzuki, J.S., 1977. Aging and extrapyramidal function. *Arch. Neurol.* 34, 33–35. <https://doi.org/10.1001/archneur.1977.00500130053010>

McKeith, I., Del Ser, T., Spano, P., Emre, M., Wesnes, K., Anand, R., Cicin-Sain, A., Ferrara, R., Spiegel, R., 2000. Efficacy of rivastigmine in dementia with Lewy bodies: a randomised, double-blind, placebo-controlled international study. *Lancet Lond. Engl.* 356, 2031–2036.
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(00\)03399-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(00)03399-7)

McNeely, M.E., Duncan, R.P., Earhart, G.M., 2015. A comparison of dance interventions in people with Parkinson disease and older adults. *Maturitas* 81, 10–16.
<https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2015.02.007>

Mehrholz, J., Kugler, J., Storch, A., Pohl, M., Elsner, B., Hirsch, K., 2015. Treadmill training for patients with Parkinson’s disease. *Cochrane Database Syst. Rev.* CD007830.
<https://doi.org/10.1002/14651858.CD007830.pub3>

Mellone, S., Mancini, M., King, L.A., Horak, F.B., Chiari, L., 2016. The quality of turning in Parkinson’s disease: a compensatory strategy to prevent postural instability? *J. Neuroengineering Rehabil.* 13, 39. <https://doi.org/10.1186/s12984-016-0147-4>

Miller Koop, M., Rosenfeldt, A.B., Alberts, J.L., 2019. Mobility improves after high intensity aerobic exercise in individuals with Parkinson’s disease. *J. Neurol. Sci.* 399, 187–193.
<https://doi.org/10.1016/j.jns.2019.02.031>

Miller, S.A., Mayol, M., Moore, E.S., Heron, A., Nicholas, V., Ragano, B., 2019. Rate of Progression in Activity and Participation Outcomes in Exercisers with Parkinson’s Disease: A Five-Year Prospective Longitudinal Study. *Park. Dis.* 2019, 5679187.
<https://doi.org/10.1155/2019/5679187>

Mirelman, A., Bernad-Elazari, H., Thaler, A., Giladi-Yacobi, E., Gurevich, T., Gana-Weisz, M., Saunders-Pullman, R., Raymond, D., Doan, N., Bressman, S.B., Marder, K.S., Alcalay, R.N., Rao, A.K., Berg, D., Brockmann, K., Aasly, J., Waro, B.J., Tolosa, E., Vilas, D., Pont-Sunyer, C., Orr-Urtreger, A., Hausdorff, J.M., Giladi, N., 2016. Arm swing as a potential new prodromal marker of Parkinson’s disease. *Mov. Disord. Off. J. Mov. Disord. Soc.* 31, 1527–1534. <https://doi.org/10.1002/mds.26720>

Miyai, I., Fujimoto, Y., Yamamoto, H., Ueda, Y., Saito, T., Nozaki, S., Kang, J., 2002. Long-term effect of body weight-supported treadmill training in Parkinson’s disease: a randomized controlled trial. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 83, 1370–1373.
<https://doi.org/10.1053/apmr.2002.34603>

Moisello, C., Blanco, D., Fontanesi, C., Lin, J., Biagioni, M., Kumar, P., Brys, M., Loggini, A., Marinelli, L., Abbruzzese, G., Quartarone, A., Tononi, G., Di Rocco, A., Ghilardi, M.F., Sensory Motor Integration Lab (SMILab), 2015. TMS enhances retention of a motor skill in Parkinson's disease. *Brain Stimulat.* 8, 224–230. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2014.11.005>

Mollinedo-Cardalda, I., Cancela-Carral, J.M., Vila-Suárez, M.H., 2018. Effect of a Mat Pilates Program with TheraBand on Dynamic Balance in Patients with Parkinson's Disease: Feasibility Study and Randomized Controlled Trial. *Rejuvenation Res.* 21, 423–430. <https://doi.org/10.1089/rej.2017.2007>

Monteiro, E.P., Franzoni, L.T., Cubillos, D.M., de Oliveira Fagundes, A., Carvalho, A.R., Oliveira, H.B., Pantoja, P.D., Schuch, F.B., Rieder, C.R., Martinez, F.G., Peyré-Tartaruga, L.A., 2017. Effects of Nordic walking training on functional parameters in Parkinson's disease: a randomized controlled clinical trial. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 27, 351–358. <https://doi.org/10.1111/sms.12652>

Monteiro-Junior, R.S., Cevada, T., Oliveira, B.R.R., Lattari, E., Portugal, E.M.M., Carvalho, A., Deslandes, A.C., 2015. We need to move more: Neurobiological hypotheses of physical exercise as a treatment for Parkinson's disease. *Med. Hypotheses* 85, 537–541. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2015.07.011>

Moore, A., Yee, E., Willis, B.W., Prost, E.L., Gray, A.D., Mann, J.B., 2021. A Community-based Boxing Program is Associated with Improved Balance in Individuals with Parkinson's Disease. *Int. J. Exerc. Sci.* 14, 876–884.

Moore, O., Peretz, C., Giladi, N., 2007. Freezing of gait affects quality of life of peoples with Parkinson's disease beyond its relationships with mobility and gait. *Mov. Disord. Off. J. Mov. Disord. Soc.* 22, 2192–2195. <https://doi.org/10.1002/mds.21659>

Morris, M.E., Ellis, T.D., Jazayeri, D., Heng, H., Thomson, A., Balasundaram, A.P., Slade, S.C., 2019. Boxing for Parkinson's Disease: Has Implementation Accelerated Beyond Current Evidence? *Front. Neurol.* 10, 1222. <https://doi.org/10.3389/fneur.2019.01222>

Morris, M.E., Martin, C.L., Schenkman, M.L., 2010. Striding out with Parkinson disease: evidence-based physical therapy for gait disorders. *Phys. Ther.* 90, 280–288. <https://doi.org/10.2522/ptj.20090091>

Mustafaoglu, R., Ahmed, I., Pang, M.Y.C., 2022. Which type of mind-body exercise is most effective in improving functional performance and quality of life in patients with Parkinson's disease? A systematic review with network meta-analysis. *Acta Neurol. Belg.* 122, 1433–1446. <https://doi.org/10.1007/s13760-022-02070-4>

Nashner, L.M., 1982. Adaptation of human movement to altered environments. *Trends Neurosci.* 5, 358–361. [https://doi.org/10.1016/0166-2236\(82\)90204-1](https://doi.org/10.1016/0166-2236(82)90204-1)

- Ni, M., Mooney, K., Signorile, J.F., 2016. Controlled pilot study of the effects of power yoga in Parkinson's disease. *Complement. Ther. Med.* 25, 126–131.
<https://doi.org/10.1016/j.ctim.2016.01.007>
- Ni, X., Liu, S., Lu, F., Shi, X., Guo, X., 2014. Efficacy and safety of Tai Chi for Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *PloS One* 9, e99377. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0099377>
- Nierat, M.-C., Demiri, S., Dupuis-Lozeron, E., Allali, G., Morélot-Panzini, C., Similowski, T., Adler, D., 2016. When Breathing Interferes with Cognition: Experimental Inspiratory Loading Alters Timed Up-and-Go Test in Normal Humans. *PloS One* 11, e0151625.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151625>
- Nieuwboer, A., Giladi, N., 2013. Characterizing freezing of gait in Parkinson's disease: models of an episodic phenomenon. *Mov. Disord. Off. J. Mov. Disord. Soc.* 28, 1509–1519.
<https://doi.org/10.1002/mds.25683>
- Nieuwboer, A., Kwakkel, G., Rochester, L., Jones, D., van Wegen, E., Willems, A.M., Chavret, F., Hetherington, V., Baker, K., Lim, I., 2007. Cueing training in the home improves gait-related mobility in Parkinson's disease: the RESCUE trial. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry* 78, 134–140. <https://doi.org/10.1136/jnnp.200X.097923>
- Nieuwboer, A., Rochester, L., Müncks, L., Swinnen, S.P., 2009. Motor learning in Parkinson's disease: limitations and potential for rehabilitation. *Parkinsonism Relat. Disord.* 15 Suppl 3, S53-58. [https://doi.org/10.1016/S1353-8020\(09\)70781-3](https://doi.org/10.1016/S1353-8020(09)70781-3)
- Nombela, C., Rae, C.L., Grahn, J.A., Barker, R.A., Owen, A.M., Rowe, J.B., 2013. How often does music and rhythm improve patients' perception of motor symptoms in Parkinson's disease? *J. Neurol.* 260, 1404–1405. <https://doi.org/10.1007/s00415-013-6860-z>
- Nousia A, Martzoukou M, Tsouris Z, Siokas V, Aloizou AM, Liampas I, Nasios G, Dardiotis E. The Beneficial Effects of Computer-Based Cognitive Training in Parkinson's Disease: A Systematic Review. *Arch Clin Neuropsychol.* 2020;35(4):434-47. doi: 10.1093/arclin/acz080.
- Nuic, D., Vinti, M., Karachi, C., Foulon, P., Van Hamme, A., Welter, M.-L., 2018. The feasibility and positive effects of a customised videogame rehabilitation programme for freezing of gait and falls in Parkinson's disease patients: a pilot study. *J. Neuroengineering Rehabil.* 15, 31. <https://doi.org/10.1186/s12984-018-0375-x>
- Nutt, J.G., Bloem, B.R., Giladi, N., Hallett, M., Horak, F.B., Nieuwboer, A., 2011. Freezing of gait: moving forward on a mysterious clinical phenomenon. *Lancet Neurol.* 10, 734–744.
[https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(11\)70143-0](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(11)70143-0)
- Olanow, C.W., Kieburtz, K., Odin, P., Espay, A.J., Standaert, D.G., Fernandez, H.H., Vanagunas, A., Othman, A.A., Widnell, K.L., Robieson, W.Z., Pritchett, Y., Chatamra, K.,

Benesh, J., Lenz, R.A., Antonini, A., LCIG Horizon Study Group, 2014. Continuous intrajejunal infusion of levodopa-carbidopa intestinal gel for patients with advanced Parkinson's disease: a randomised, controlled, double-blind, double-dummy study. *Lancet Neurol.* 13, 141–149. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(13\)70293-X](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(13)70293-X)

Olsson, K., Franzén, E., Johansson, A., 2020. A Pilot Study of the Feasibility and Effects of Table Tennis Training in Parkinson Disease. *Arch. Rehabil. Res. Clin. Transl.* 2, 100064. <https://doi.org/10.1016/j.arrct.2020.100064>

O'Neal, S., Eikenberry, M., Russell, B., 2020. The Effects of Dog Walking on Gait and Mobility in People with Parkinson Disease: A Pilot Study. *Int. J. Environ. Res. Public. Health* 17, 1549. <https://doi.org/10.3390/ijerph17051549>

Ortiz-Rubio, A., Cabrera-Martos, I., Torres-Sánchez, I., Casilda-López, J., López-López, L., Valenza, M.C., 2018. Effects of a resistance training program on balance and fatigue perception in patients with Parkinson's disease: A randomized controlled trial. *Med. Clin. (Barc.)* 150, 460–464. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2017.10.022>

Palheta De Lima, K., Nascimento Da Silva, C., Ferreira De Seixas, N., De Santana Maneschy, M., Nascimento Lima, B., Vilela Junior, G., Pinto Novo, A., Da Silva Almeida, K., 2022. Effect of resistance training on balance and postural control in people with Parkinson's: A systematic review. *Rev. Científica Soc. Enferm. Neurológica Engl.* Ed 56, 18–28. <https://doi.org/10.1016/j.sedeng.2021.05.002>

Palmerini, L., Rocchi, L., Mazilu, S., Gazit, E., Hausdorff, J.M., Chiari, L., 2017. Identification of Characteristic Motor Patterns Preceding Freezing of Gait in Parkinson's Disease Using Wearable Sensors. *Front. Neurol.* 8, 394. <https://doi.org/10.3389/fneur.2017.00394>

Papa, E.V., Patterson, R.M., Bugnariu, N., 2021. “Going Backward”: Effects of age and fatigue on posterior-directed falls in Parkinson disease. *NeuroRehabilitation* 49, 151–159. <https://doi.org/10.3233/NRE-210040>

Paul, S.S., Canning, C.G., Song, J., Fung, V.S.C., Sherrington, C., 2014. Leg muscle power is enhanced by training in people with Parkinson's disease: a randomized controlled trial. *Clin. Rehabil.* 28, 275–288. <https://doi.org/10.1177/0269215513507462>

Pedreira, G., Prazeres, A., Cruz, D., Gomes, I., Monteiro, L., Melo, A., 2013. Virtual games and quality of life in Parkinson's disease: A randomised controlled trial. *Adv. Park. Dis.* 02, 97–101. <https://doi.org/10.4236/apd.2013.24018>

Pelosin, E., Barella, R., Bet, C., Magioncalda, E., Putzolu, M., Di Biasio, F., Cerulli, C., Casaleggio, M., Abbruzzese, G., Avanzino, L., 2018. Effect of Group-Based Rehabilitation

Combining Action Observation with Physiotherapy on Freezing of Gait in Parkinson's Disease. *Neural Plast.* 2018, 4897276. <https://doi.org/10.1155/2018/4897276>

Perestelo-Pérez, L., Rivero-Santana, A., Pérez-Ramos, J., Serrano-Pérez, P., Panetta, J., Hilarion, P., 2014. Deep brain stimulation in Parkinson's disease: meta-analysis of randomized controlled trials. *J. Neurol.* 261, 2051–2060. <https://doi.org/10.1007/s00415-014-7254-6>

Peretz, C., Herman, T., Hausdorff, J.M., Giladi, N., 2006. Assessing fear of falling: Can a short version of the Activities-specific Balance Confidence scale be useful? *Mov. Disord. Off. J. Mov. Disord. Soc.* 21, 2101–2105. <https://doi.org/10.1002/mds.21113>

Peterson, D.S., Van Liew, C., Stuart, S., Carlson-Kuhta, P., Horak, F.B., Mancini, M., 2020. Relating Parkinson freezing and balance domains: A structural equation modeling approach. *Parkinsonism Relat. Disord.* 79, 73–78. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2020.08.027>

Petzinger, G.M., Fisher, B.E., McEwen, S., Beeler, J.A., Walsh, J.P., Jakowec, M.W., 2013. Exercise-enhanced neuroplasticity targeting motor and cognitive circuitry in Parkinson's disease. *Lancet Neurol.* 12, 716–726. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(13\)70123-6](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(13)70123-6)

Picelli, A., Melotti, C., Origano, F., Neri, R., Waldner, A., Smania, N., 2013. Robot-assisted gait training versus equal intensity treadmill training in patients with mild to moderate Parkinson's disease: a randomized controlled trial. *Parkinsonism Relat. Disord.* 19, 605–610. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2013.02.010>

Pickering, R.M., Grimbergen, Y.A.M., Rigney, U., Ashburn, A., Mazibrada, G., Wood, B., Gray, P., Kerr, G., Bloem, B.R., 2007. A meta-analysis of six prospective studies of falling in Parkinson's disease. *Mov. Disord. Off. J. Mov. Disord. Soc.* 22, 1892–1900. <https://doi.org/10.1002/mds.21598>

Pistacchi, M., Gioulis, M., Sanson, F., De Giovannini, E., Filippi, G., Rossetto, F., Zambito Marsala, S., 2017. Gait analysis and clinical correlations in early Parkinson's disease. *Funct. Neurol.* 32, 28–34. <https://doi.org/10.11138/fneur/2017.32.1.028>

Plotnik, M., Hausdorff, J.M., 2008. The role of gait rhythmicity and bilateral coordination of stepping in the pathophysiology of freezing of gait in Parkinson's disease. *Mov. Disord. Off. J. Mov. Disord. Soc.* 23 Suppl 2, S444-450. <https://doi.org/10.1002/mds.21984>

Pluijm, S.M.F., Smit, J.H., Tromp, E. a. M., Stel, V.S., Deeg, D.J.H., Bouter, L.M., Lips, P., 2006. A risk profile for identifying community-dwelling elderly with a high risk of recurrent falling: results of a 3-year prospective study. *Osteoporos. Int. J. Establ. Result Coop. Eur. Found. Osteoporos. Natl. Osteoporos. Found. USA* 17, 417–425. <https://doi.org/10.1007/s00198-005-0002-0>

Podsiadlo, D., Richardson, S., 1991. The timed “Up & Go”: a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J. Am. Geriatr. Soc.* 39, 142–148. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x>

Pompeu, J.E., Mendes, F.A.D.S., Silva, K.G. da, Lobo, A.M., Oliveira, T. de P., Zomignani, A.P., Piemonte, M.E.P., 2012. Effect of Nintendo Wii™-based motor and cognitive training on activities of daily living in patients with Parkinson’s disease: a randomised clinical trial. *Physiotherapy* 98, 196–204. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2012.06.004>

Postuma, R.B., Berg, D., Stern, M., Poewe, W., Olanow, C.W., Oertel, W., Obeso, J., Marek, K., Litvan, I., Lang, A.E., Halliday, G., Goetz, C.G., Gasser, T., Dubois, B., Chan, P., Bloem, B.R., Adler, C.H., Deuschl, G., 2015. MDS clinical diagnostic criteria for Parkinson’s disease. *Mov. Disord. Off. J. Mov. Disord. Soc.* 30, 1591–1601. <https://doi.org/10.1002/mds.26424>

Powell, L.E., Myers, A.M., 1995. The Activities-specific Balance Confidence (ABC) Scale. *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci.* 50A, M28–34. <https://doi.org/10.1093/gerona/50a.1.m28>

Radhakrishnan, D.M., Goyal, V., 2018. Parkinson’s disease: A review. *Neurol. India* 66, S26–S35. <https://doi.org/10.4103/0028-3886.226451>

Rafferty, M.R., Prodoehl, J., Robichaud, J.A., David, F.J., Poon, C., Goelz, L.C., Vaillancourt, D.E., Kohrt, W.M., Comella, C.L., Corcos, D.M., 2017. Effects of 2 Years of Exercise on Gait Impairment in People With Parkinson Disease: The PRET-PD Randomized Trial. *J. Neurol. Phys. Ther. JNPT* 41, 21–30. <https://doi.org/10.1097/NPT.0000000000000163>

Rajput, A., Rajput, A.H., 2001. Progressive supranuclear palsy: clinical features, pathophysiology and management. *Drugs Aging* 18, 913–925. <https://doi.org/10.2165/00002512-200118120-00003>

Rennie, L., Opheim, A., Dietrichs, E., Löfgren, N., Franzén, E., 2021. Highly challenging balance and gait training for individuals with Parkinson’s disease improves pace, rhythm and variability domains of gait - A secondary analysis from a randomized controlled trial. *Clin. Rehabil.* 35, 200–212. <https://doi.org/10.1177/0269215520956503>

Reuter, I., Mehnert, S., Leone, P., Kaps, M., Oechsner, M., Engelhardt, M., 2011. Effects of a flexibility and relaxation programme, walking, and nordic walking on Parkinson’s disease. *J. Aging Res.* 2011, 232473. <https://doi.org/10.4061/2011/232473>

Rezvanian, S., Lockhart, T., Frames, C., Soangra, R., Lieberman, A., 2018. Motor Subtypes of Parkinson’s Disease Can Be Identified by Frequency Component of Postural Stability. *Sensors* 18, 1102. <https://doi.org/10.3390/s18041102>

Ribas, C.G., Alves da Silva, L., Corrêa, M.R., Teive, H.G., Valderramas, S., 2017. Effectiveness of exergaming in improving functional balance, fatigue and quality of life in Parkinson's disease: A pilot randomized controlled trial. *Parkinsonism Relat. Disord.* 38, 13–18. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2017.02.006>

Ridgel, A.L., Vitek, J.L., Alberts, J.L., 2009. Forced, not voluntary, exercise improves motor function in Parkinson's disease patients. *Neurorehabil. Neural Repair* 23, 600–608. <https://doi.org/10.1177/1545968308328726>

Rinne, J.O., Lee, M.S., Thompson, P.D., Marsden, C.D., 1994. Corticobasal degeneration. A clinical study of 36 cases. *Brain J. Neurol.* 117 (Pt 5), 1183–1196. <https://doi.org/10.1093/brain/117.5.1183>

Rochester, L., Baker, K., Hetherington, V., Jones, D., Willems, A.-M., Kwakkel, G., Van Wegen, E., Lim, I., Nieuwboer, A., 2010. Evidence for motor learning in Parkinson's disease: acquisition, automaticity and retention of cued gait performance after training with external rhythmical cues. *Brain Res.* 1319, 103–111. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2010.01.001>

Rutz, D.G., Benninger, D.H., 2020. Physical Therapy for Freezing of Gait and Gait Impairments in Parkinson Disease: A Systematic Review. *PM R* 12, 1140–1156. <https://doi.org/10.1002/pmrj.12337>

Saltychev, M., Bärlund, E., Paltamaa, J., Katajapuu, N., Laimi, K., 2016. Progressive resistance training in Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open* 6, e008756. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2015-008756>

Santiago, J.A., Bottero, V., Potashkin, J.A., 2017. Biological and Clinical Implications of Comorbidities in Parkinson's Disease. *Front. Aging Neurosci.* 9, 394. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2017.00394>

Santos, P., Machado, T., Santos, L., Ribeiro, N., Melo, A., 2019. Efficacy of the Nintendo Wii combination with Conventional Exercises in the rehabilitation of individuals with Parkinson's disease: A randomized clinical trial. *NeuroRehabilitation* 45, 255–263. <https://doi.org/10.3233/NRE-192771>

Schenkman, M., Moore, C.G., Kohrt, W.M., Hall, D.A., Delitto, A., Comella, C.L., Josbeno, D.A., Christiansen, C.L., Berman, B.D., Kluger, B.M., Melanson, E.L., Jain, S., Robichaud, J.A., Poon, C., Corcos, D.M., 2018. Effect of High-Intensity Treadmill Exercise on Motor Symptoms in Patients With De Novo Parkinson Disease: A Phase 2 Randomized Clinical Trial. *JAMA Neurol.* 75, 219–226. <https://doi.org/10.1001/jamaneurol.2017.3517>

Schilling, B.K., Pfeiffer, R.F., Ledoux, M.S., Karlage, R.E., Bloomer, R.J., Falvo, M.J., 2010. Effects of moderate-volume, high-load lower-body resistance training on strength and

function in persons with Parkinson's disease: a pilot study. *Park. Dis.* 2010, 824734.
<https://doi.org/10.4061/2010/824734>

Schmitz-Hübsch, T., Pyfer, D., Kielwein, K., Fimmers, R., Klockgether, T., Wüllner, U., 2006. Qigong exercise for the symptoms of Parkinson's disease: a randomized, controlled pilot study. *Mov. Disord. Off. J. Mov. Disord. Soc.* 21, 543–548.
<https://doi.org/10.1002/mds.20705>

Sehm, B., Taubert, M., Conde, V., Weise, D., Classen, J., Dukart, J., Draganski, B., Villringer, A., Ragert, P., 2014. Structural brain plasticity in Parkinson's disease induced by balance training. *Neurobiol. Aging* 35, 232–239.
<https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2013.06.021>

Shen, X., Mak, M.K.Y., 2015. Technology-assisted balance and gait training reduces falls in patients with Parkinson's disease: a randomized controlled trial with 12-month follow-up. *Neurorehabil. Neural Repair* 29, 103–111. <https://doi.org/10.1177/1545968314537559>

Shih, M.-C., Wang, R.-Y., Cheng, S.-J., Yang, Y.-R., 2016. Effects of a balance-based exergaming intervention using the Kinect sensor on posture stability in individuals with Parkinson's disease: a single-blinded randomized controlled trial. *J. Neuroengineering Rehabil.* 13, 78. <https://doi.org/10.1186/s12984-016-0185-y>

Shimba, T., 1984. An estimation of center of gravity from force platform data. *J. Biomech.* 17, 53–60. [https://doi.org/10.1016/0021-9290\(84\)90080-0](https://doi.org/10.1016/0021-9290(84)90080-0)

Shulman, L.M., Katzel, L.I., Ivey, F.M., Sorkin, J.D., Favors, K., Anderson, K.E., Smith, B.A., Reich, S.G., Weiner, W.J., Macko, R.F., 2013. Randomized clinical trial of 3 types of physical exercise for patients with Parkinson disease. *JAMA Neurol.* 70, 183–190.
<https://doi.org/10.1001/jamaneurol.2013.646>

Silva, A.Z. da, Israel, V.L., 2019. Effects of dual-task aquatic exercises on functional mobility, balance and gait of individuals with Parkinson's disease: A randomized clinical trial with a 3-month follow-up. *Complement. Ther. Med.* 42, 119–124.
<https://doi.org/10.1016/j.ctim.2018.10.023>

Silva-Batista, C., Corcos, D.M., Kanegusuku, H., Piemonte, M.E.P., Gobbi, L.T.B., de Lima-Pardini, A.C., de Mello, M.T., Forjaz, C.L.M., Ugrinowitsch, C., 2018. Balance and fear of falling in subjects with Parkinson's disease is improved after exercises with motor complexity. *Gait Posture* 61, 90–97. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.12.027>

Silva-Batista, C., de Lima-Pardini, A.C., Nucci, M.P., Coelho, D.B., Batista, A., Piemonte, M.E.P., Barbosa, E.R., Teixeira, L.A., Corcos, D.M., Amaro, E., Horak, F.B., Ugrinowitsch, C., 2020. A Randomized, Controlled Trial of Exercise for Parkinsonian Individuals With

Freezing of Gait. *Mov. Disord. Off. J. Mov. Disord. Soc.* 35, 1607–1617.

<https://doi.org/10.1002/mds.28128>

Siokas V, Aloizou AM, Liampas I, Bakirtzis C, Tsouris Z, Sgantzios M, Liakos P, Bogdanos DP, Hadjigeorgiou GM, Dardiotis E. Myelin-associated oligodendrocyte basic protein rs616147 polymorphism as a risk factor for Parkinson's disease. *Acta Neurol Scand.* 2022;145(2):223-8. doi: 10.1111/ane.13538.

Siokas V, Aloizou AM, Tsouris Z, Liampas I, Liakos P, Calina D, Docea AO, Tsatsakis A, Bogdanos DP, Hadjigeorgiou GM, Dardiotis E. ADORA2A rs5760423 and CYP1A2 rs762551 Polymorphisms as Risk Factors for Parkinson's Disease. *J Clin Med.* 2021;10(3). doi: 10.3390/jcm10030381.

Siokas V, Arseniou S, Aloizou AM, Tsouris Z, Liampas I, Sgantzios M, Liakos P, Bogdanos DP, Hadjigeorgiou GM, Dardiotis E. CD33 rs3865444 as a risk factor for Parkinson's disease. *Neurosci Lett.* 2021;748:135709. doi: 10.1016/j.neulet.2021.135709.

Smania, N., Corato, E., Tinazzi, M., Stanzani, C., Fiaschi, A., Girardi, P., Gandolfi, M., 2010. Effect of balance training on postural instability in patients with idiopathic Parkinson's disease. *Neurorehabil. Neural Repair* 24, 826–834.

<https://doi.org/10.1177/1545968310376057>

Spaulding, S.J., Barber, B., Colby, M., Cormack, B., Mick, T., Jenkins, M.E., 2013. Cueing and gait improvement among people with Parkinson's disease: a meta-analysis. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 94, 562–570. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2012.10.026>

Steece-Collier, K., Maries, E., Kordower, J.H., 2002. Etiology of Parkinson's disease: Genetics and environment revisited. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 99, 13972–13974. <https://doi.org/10.1073/pnas.242594999>

Steffen, T., Seney, M., 2008. Test-retest reliability and minimal detectable change on balance and ambulation tests, the 36-item short-form health survey, and the unified Parkinson disease rating scale in people with parkinsonism. *Phys. Ther.* 88, 733–746.

<https://doi.org/10.2522/ptj.20070214>

Steib, S., Wanner, P., Adler, W., Winkler, J., Klucken, J., Pfeifer, K., 2018. A Single Bout of Aerobic Exercise Improves Motor Skill Consolidation in Parkinson's Disease. *Front. Aging Neurosci.* 10, 328. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2018.00328>

Sterling, N.W., Cusumano, J.P., Shaham, N., Piazza, S.J., Liu, G., Kong, L., Du, G., Lewis, M.M., Huang, X., 2015. Dopaminergic modulation of arm swing during gait among Parkinson's disease patients. *J. Park. Dis.* 5, 141–150. <https://doi.org/10.3233/JPD-140447>

Suárez-Iglesias, D., Miller, K.J., Seijo-Martínez, M., Ayán, C., 2019. Benefits of Pilates in Parkinson's Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Med. Kaunas Lith.* 55, 476. <https://doi.org/10.3390/medicina55080476>

Szeffler-Derela, J., Arkuszewski, M., Knapik, A., Wasiuk-Zowada, D., Gorzkowska, A., Krzystanek, E., 2020. Effectiveness of 6-Week Nordic Walking Training on Functional Performance, Gait Quality, and Quality of Life in Parkinson's Disease. *Med. Kaunas Lith.* 56, 356. <https://doi.org/10.3390/medicina56070356>

Tang, L., Fang, Y., Yin, J., 2019. The effects of exercise interventions on Parkinson's disease: A Bayesian network meta-analysis. *J. Clin. Neurosci. Off. J. Neurosurg. Soc. Australas.* 70, 47–54. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2019.08.092>

Tarakad, A., Jankovic, J., 2018. Essential Tremor and Parkinson's Disease: Exploring the Relationship. *Tremor Hyperkinetic Mov. N. Y.* N 8, 589. <https://doi.org/10.7916/D8MD0GVR>

Ten Harmsen, B.L., van Rumund, A., Aerts, M.B., Bergkamp, M.I., Esselink, R.A.J., Richard, E., Meijer, F.J.A., Bloem, B.R., van Wamelen, D.J., 2018. Clinical correlates of cerebral white matter abnormalities in patients with Parkinson's disease. *Parkinsonism Relat. Disord.* 49, 28–33. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2017.12.029>

Terrens, A.F., Soh, S.-E., Morgan, P., 2020. The safety and feasibility of a Halliwick style of aquatic physiotherapy for falls and balance dysfunction in people with Parkinson's Disease: A single blind pilot trial. *PloS One* 15, e0236391. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236391>

Thaut, M.H., McIntosh, K.W., McIntosh, G.C., Hoemberg, V., 2001. Auditory rhythmicity enhances movement and speech motor control in patients with Parkinson's disease. *Funct. Neurol.* 16, 163–172.

Thorpe, R.J., Simonsick, E.M., Brach, J.S., Ayonayon, H., Satterfield, S., Harris, T.B., Garcia, M., Kritchevsky, S.B., Health, Aging and Body Composition Study, 2006. Dog ownership, walking behavior, and maintained mobility in late life. *J. Am. Geriatr. Soc.* 54, 1419–1424. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2006.00856.x>

Tiihonen, M., Westner, B.U., Butz, M., Dalal, S.S., 2021. Parkinson's disease patients benefit from bicycling - a systematic review and meta-analysis. *NPJ Park. Dis.* 7, 86. <https://doi.org/10.1038/s41531-021-00222-6>

Tillmann, A.C., Swarowsky, A., Corrêa, C.L., Andrade, A., Moratelli, J., Boing, L., Vieira, M. de C.S., Araujo, C. da C.R. de, Guimarães, A.C. de A., 2020. Feasibility of a Brazilian samba protocol for patients with Parkinson's disease: a clinical non-randomized study. *Arq. Neuropsiquiatr.* 78, 13–20. <https://doi.org/10.1590/0004-282X20190140>

Tinetti, M.E., 1987. Factors associated with serious injury during falls by ambulatory nursing home residents. *J. Am. Geriatr. Soc.* 35, 644–648. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1987.tb04341.x>

Tomlinson, C.L., Patel, S., Meek, C., Clarke, C.E., Stowe, R., Shah, L., Sackley, C.M., Deane, K.H.O., Herd, C.P., Wheatley, K., Ives, N., 2012. Physiotherapy versus placebo or no intervention in Parkinson's disease. *Cochrane Database Syst. Rev.* CD002817. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD002817.pub2>

Toole, T., Maitland, C.G., Warren, E., Hubmann, M.F., Panton, L., 2005. The effects of loading and unloading treadmill walking on balance, gait, fall risk, and daily function in Parkinsonism. *NeuroRehabilitation* 20, 307–322.

Tully, M.A., Cupples, M.E., Chan, W.S., McGlade, K., Young, I.S., 2005. Brisk walking, fitness, and cardiovascular risk: a randomized controlled trial in primary care. *Prev. Med.* 41, 622–628. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2004.11.030>

Tyson, S., DeSouza, L., 2002. A Systematic Review of Methods to Measure Balance and Walking Post-Stroke. Part 1: Ordinal Scales. *Phys. Ther. Rev.* 7, 173–186. <https://doi.org/10.1179/108331902235001589>

Vallabhajosula, S., McMillion, A.K., Freund, J.E., 2017. The effects of exergaming and treadmill training on gait, balance, and cognition in a person with Parkinson's disease: A case study. *Physiother. Theory Pract.* 33, 920–931. <https://doi.org/10.1080/09593985.2017.1359867>

van den Heuvel, M.R.C., Kwakkel, G., Beek, P.J., Berendse, H.W., Daffertshofer, A., van Wegen, E.E.H., 2014. Effects of augmented visual feedback during balance training in Parkinson's disease: a pilot randomized clinical trial. *Parkinsonism Relat. Disord.* 20, 1352–1358. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2014.09.022>

van der Kolk, N.M., King, L.A., 2013. Effects of exercise on mobility in people with Parkinson's disease. *Mov. Disord. Off. J. Mov. Disord. Soc.* 28, 1587–1596. <https://doi.org/10.1002/mds.25658>

van Eijkeren, F.J.M., Reijmers, R.S.J., Kleinveld, M.J., Minten, A., Bruggen, J.P.T., Bloem, B.R., 2008. Nordic walking improves mobility in Parkinson's disease. *Mov. Disord. Off. J. Mov. Disord. Soc.* 23, 2239–2243. <https://doi.org/10.1002/mds.22293>

Van Puymbroeck, M., Walter, A.A., Hawkins, B.L., Sharp, J.L., Woschkolup, K., Urrea-Mendoza, E., Revilla, F., Adams, E.V., Schmid, A.A., 2018. Functional Improvements in Parkinson's Disease Following a Randomized Trial of Yoga. *Evid.-Based Complement. Altern. Med. ECAM* 2018, 8516351. <https://doi.org/10.1155/2018/8516351>

Wallén, M.B., Hagströmer, M., Conradsson, D., Sorjonen, K., Franzén, E., 2018. Long-term effects of highly challenging balance training in Parkinson's disease-a randomized controlled trial. *Clin. Rehabil.* 32, 1520–1529. <https://doi.org/10.1177/0269215518784338>

Wan, Z., Liu, X., Yang, H., Li, F., Yu, L., Li, L., Wang, Y., Jiang, H., Zou, J., Du, J., 2021. Effects of Health Qigong Exercises on Physical Function on Patients with Parkinson's Disease. *J. Multidiscip. Healthc.* Volume 14, 941–950. <https://doi.org/10.2147/JMDH.S303945>

Wells, D.L., 2007. Domestic dogs and human health: an overview. *Br. J. Health Psychol.* 12, 145–156. <https://doi.org/10.1348/135910706X103284>

Williams, D.R., Watt, H.C., Lees, A.J., 2006. Predictors of falls and fractures in bradykinetic rigid syndromes: a retrospective study. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry* 77, 468–473. <https://doi.org/10.1136/jnnp.2005.074070>

Winter, D.A., 1991. *Biomechanics and motor control of human gait*, 2. ed. ed. Univ. of Waterloo Press, Waterloo, Ontario.

Winter, D.A., MacKinnon, C.D., Ruder, G.K., Wieman, C., 1993. An integrated EMG/biomechanical model of upper body balance and posture during human gait. *Prog. Brain Res.* 97, 359–367. [https://doi.org/10.1016/s0079-6123\(08\)62295-5](https://doi.org/10.1016/s0079-6123(08)62295-5)

Wong-Yu, I.S.K., Mak, M.K.Y., 2015. Multi-dimensional balance training programme improves balance and gait performance in people with Parkinson's disease: A pragmatic randomized controlled trial with 12-month follow-up. *Parkinsonism Relat. Disord.* 21, 615–621. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2015.03.022>

Wu, C., Xu, Y., Guo, H., Tang, C., Chen, D., Zhu, M., 2021. Effects of Aerobic Exercise and Mind-Body Exercise in Parkinson's Disease: A Mixed-Treatment Comparison Analysis. *Front. Aging Neurosci.* 13, 739115. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2021.739115>

Yang, W.-C., Wang, H.-K., Wu, R.-M., Lo, C.-S., Lin, K.-H., 2016. Home-based virtual reality balance training and conventional balance training in Parkinson's disease: A randomized controlled trial. *J. Formos. Med. Assoc. Taiwan Yi Zhi* 115, 734–743. <https://doi.org/10.1016/j.jfma.2015.07.012>

Yang, Y., Chen, L., Yao, J., Wang, N., Liu, Dandan, Wang, Y., Liu, Dan, Wu, W., Jiang, T., Wang, Z., 2022. Early implementation of intended exercise improves quality of life in Parkinson's disease patients. *Neurol. Sci. Off. J. Ital. Neurol. Soc. Ital. Soc. Clin. Neurophysiol.* 43, 1761–1767. <https://doi.org/10.1007/s10072-021-05530-6>

Yen, C.-Y., Lin, K.-H., Hu, M.-H., Wu, R.-M., Lu, T.-W., Lin, C.-H., 2011. Effects of virtual reality-augmented balance training on sensory organization and attentional demand for

postural control in people with Parkinson disease: a randomized controlled trial. *Phys. Ther.* 91, 862–874. <https://doi.org/10.2522/ptj.20100050>

Yuan, R.-Y., Chen, S.-C., Peng, C.-W., Lin, Y.-N., Chang, Y.-T., Lai, C.-H., 2020. Effects of interactive video-game-based exercise on balance in older adults with mild-to-moderate Parkinson's disease. *J. Neuroengineering Rehabil.* 17, 91. <https://doi.org/10.1186/s12984-020-00725-y>

Yun, S.J., Lee, H.H., Lee, W.H., Lee, S.H., Oh, B.-M., Seo, H.G., 2021. Effect of robot-assisted gait training on gait automaticity in Parkinson disease: A prospective, open-label, single-arm, pilot study. *Medicine (Baltimore)* 100, e24348. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000024348>

Zhao, Y., Nonnekes, J., Storcken, E.J.M., Janssen, S., van Wegen, E.E.H., Bloem, B.R., Dorresteyn, L.D.A., van Vugt, J.P.P., Heida, T., van Wezel, R.J.A., 2016. Feasibility of external rhythmic cueing with the Google Glass for improving gait in people with Parkinson's disease. *J. Neurol.* 263, 1156–1165. <https://doi.org/10.1007/s00415-016-8115-2>

Zhu, M., Zhang, Y., Pan, J., Fu, C., Wang, Y., 2020. Effect of simplified Tai Chi exercise on relieving symptoms of patients with mild to moderate Parkinson's disease. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 60, 282–288. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.19.10104-1>

Zhu, Z., Yin, M., Cui, L., Zhang, Y., Hou, W., Li, Y., Zhao, H., 2018. Aquatic obstacle training improves freezing of gait in Parkinson's disease patients: a randomized controlled trial. *Clin. Rehabil.* 32, 29–36. <https://doi.org/10.1177/0269215517715763>

Zou, L., SasaKi, J.E., Wang, H., Xiao, Z., Fang, Q., Zhang, M., 2017. A Systematic Review and Meta-Analysis Baduanjin Qigong for Health Benefits: Randomized Controlled Trials. *Evid.-Based Complement. Altern. Med. ECAM* 2017, 4548706. <https://doi.org/10.1155/2017/4548706>