

ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΒΑΔΙΣΗΣ ΣΕ ΑΣΘΕΝΕΙΣ ΜΕ ΑΝΟΙΑ ΣΤΗ ΝΟΣΟ ALZHEIMER

Βλτσινού Πηνελόπη¹, Αγγελούσης Νικόλαος², Γιαννακού Ερασμία², Τερζούδη Αικατερίνη¹, Πιπερίδου Χαριτωμένη¹,
Ηλιόπουλος Ιωάννης¹, Βαδικόλιας Κωνσταντίνος¹

¹ Πανεπιστημιακή Νευρολογική Κλινική Γ.Π.Π. Νοσοκομείου Έβρου

² ΣΕΦΑΑ Κομοτηνή, Εργαστήριο Εμβιομηχανικής

Περίληψη

Εισαγωγή: Στους ασθενείς με άνοια εκτός από την έκπτωση στις γνωστικές λειτουργίες φαίνεται να επηρεάζονται και οι κινητικές δεξιότητες. Η μελέτη της βάδισης αποτελεί ένα σημαντικό πεδίο άντλησης πληροφοριών. Η βάδιση αξιολογείται μέσω χωρικών, χρονικών και συνδυασμένων χωροχρονικών παραμέτρων. Οι τιμές των παραμέτρων αυτών, διαφοροποιούνται κατά την ταυτόχρονη εκτέλεση δεύτερου στόχου.

Σκοπός: Η αξιολόγηση των μεταβολών στις χωροχρονικές παραμέτρους κατά τη βάδιση υπό τέσσερις συνθήκες, την απλή βάδιση, τη βάδιση με απλό και σύνθετο κινητικό στόχο και τη βάδιση υπό την επίδραση γνωστικού στόχου σε ασθενείς με νόσο Alzheimer.

Μέθοδος: Συμμετείχαν 20 ασθενείς με πιθανή νόσο Alzheimer [1] με μ.ο. ηλικίας 72.9 ± 2 έτη. Οι ασθενείς βαθμολογήθηκαν στην κλίμακα MMSE με σκορ μεταξύ 16-23/30. Η βάδιση των ασθενών αξιολογήθηκε μέσω ενός συστήματος εμβιομηχανικής ανάλυσης και κλήθηκαν να βαδίσουν με την φυσική τους ταχύτητα, εκτελώντας ικανό αριθμό επαναλήψεων (10), υπό όλες τις συνθήκες βάδισης. Οι χρονικές παράμετροι που αξιολογήθηκαν ήταν η διάρκεια του διασκελισμού (sec), η διάρκεια ενός βήματος (sec), η διάρκεια διπλής στήριξης (sec) και η διάρκεια μονής στήριξης (sec). Οι χωρικές παράμετροι που μελετήθηκαν ήταν το μήκος διασκελισμού και το μήκος βήματος. Υπολογίστηκαν παράλληλα, οι συνδυασμένες χωροχρονικές παράμετροι, η συχνότητα (βήματα/λεπτό) και η ταχύτητα βάδισης (m/sec). Για τη στατιστική ανάλυση των παραπάνω μεταβλητών εφαρμόστηκε ανάλυση διακύμανσης για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις με παράγοντες επανάληψης τη συνθήκη βάδισης ενώ για τον έλεγχο πολλαπλών συγκρίσεων, χρησιμοποιήθηκε το τεστ bonferroni, και το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας $p < .05$.

Αποτελέσματα: Η ταχύτητα καθώς και η συχνότητα της βάδισης παρουσίαζαν σημαντικά χαμηλότερες τιμές κατά τη βάδιση με διπλό γνωστικό στόχο σε σχέση με τις άλλες τρεις συνθήκες. Από την άλλη πλευρά, το μήκος διασκελισμού και το μήκος βήματος παρέμειναν ανεπηρέαστα από το είδος της επιδρούσας συνθήκης. Αύξηση εμφάνιζαν οι παράμετροι: διάρκεια βήματος, διάρκεια μονής και διπλής στήριξης κάτω άκρου κατά τη βάδιση με διπλό γνωστικό στόχο.

Συμπέρασμα: Η εφαρμογή ενός δεύτερου στόχου, κατά τη βάδιση ασθενών με άνοια επιδρά σημαντικά στις παραμέτρους βάδισης. Η επιβάρυνση αυτή είναι σημαντικά μεγαλύτερη στο γνωστικό στόχο έναντι του κινητικού. Ο έλεγχος της βάδισης με διπλό γνωστικό στόχο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στην αναγνώριση και εξέλιξη της δυσχέρειας στη βάδιση σε ασθενείς με άνοια.

Λέξεις ευρετηρίου: Alzheimer, ανάλυση βάδισης, χωροχρονικές παράμετροι, διπλός γνωστικός στόχος

SPATIOTEMPORAL PARAMETER CHANGES IN DIFFERENT WALKING CONDITIONS IN POSSIBLE DEMENTIA IN ALZHEIMER'S DISEASE PATIENTS

Vlotinou Pinelopi¹, Aggeloussis Nikolaos², Giannakou Erasmia², Terzoudi Aikaterini¹, Piperidou Charitomeni¹, Heliopoulos Ioannis¹, Vadikolias Konstantinos¹

¹ University Department of Neurology, General University Hospital of Evros

² Department of Physical Education & Sport Sciences, Democritus University of Thrace

Abstract

Introduction: Dementia affects not only cognitive domains but motor skills as well. Demented patients experience difficulties in gait as dementia progresses. Gait is evaluated through spatial, temporal and combined spatio-temporal parameters. The values of these parameters vary with the simultaneous execution of a second dual task in demented patients.

Purpose: The evaluation of changes in spatiotemporal parameters during walking under four conditions, simple gait, walking with a simple and complex kinetic task and walking under cognitive task in patients with Alzheimer's disease.

Method: We evaluated 20 patients diagnosed with Possible Dementia in Alzheimer's disease [1], mean aged 72.9 ± 2 years. The participants undertook the MMSE scale (scores between 16-23/30). The gait pattern was evaluated by a biomechanical analysis system. Participants were called to walk at their natural speed, performing a sufficient number of repetitions (10), under all walking conditions. The evaluated temporal parameters were: stride time (sec), step duration (sec), double support time(sec) and single support time (sec). The spatial parameters that were studied were: stride and step length while the combined spatio-temporal parameters computed were frequency (steps / minute) and gait speed (m / sec). A variance analysis for repeated measurements with repeated factors was applied for each walking condition while for the comparison of multiple comparisons, bonferroni test was performed ($p < .05$).

Results: Gait velocity as well as gait frequency, were found significantly lower during dual cognitive task than in the other three conditions. On the other hand, stride length and step length were unaffected by the type of the walking condition. Step duration, single and double support time, were increased only during dual cognitive task.

Conclusion: The implementation of a dual cognitive task in gait, influences considerably the walking parameters. Dual cognitive task could be used to identify gait disturbance in demented patients.

Key words: Alzheimer's, gait analysis, spatiotemporal parameters, dual cognitive task

1. Εισαγωγή

Στους ασθενείς με άνοια εκτός από την έκπτωση στις γνωστικές λειτουργίες φαίνεται να επηρεάζονται και οι κινητικές δεξιότητες. Λειτουργίες όπως η οπτικοχωρική αντίληψη, ο συντονισμός κινήσεων, η ισορροπία και η προσοχή είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με παραμέτρους που επηρεάζουν την βάδιση.

Η αξιολόγηση της βάδισης επιτελείται μέσω της κλινικής παρατήρησης, της αυτοαναφοράς, της κλινικής και νευρολογικής εξέτασης. Μπορεί να ποσοτικοποιηθεί με την χρήση ειδικών εργαλείων και ιδιαίτερα με την ανάλυση βάδισης που δίνει την δυνατότητα για έγκυρη και αξιόπιστη καταγραφή [2]. Οι παράμετροι της βάδισης που επηρεάζονται στην άνοια,

περιλαμβάνουν χωρικές και χρονικές παραμέτρους όπως η ταχύτητα, η συχνότητα, το μήκος και ο χρόνος εκτέλεσης βήματος, το μήκος διασκελισμού, ο χρόνος μονής και διπλής στήριξης [3]. Ειδικότερα αναφέρεται ότι σε ασθενείς με άνοια, παρουσιάζεται μικρότερο μήκος βήματος και μειωμένη ταχύτητα βάδισης σε σχέση με υγιείς συνομηλικούς τους, ενώ παράλληλα σημειώνει αύξηση η ποικιλομορφία της διαδικασίας βάδισης τους [4], [5]. Σύμφωνα, με τους Gillain, Drame et al. (2016), κατά την απλή βάδιση, σε ασθενείς με γνωστικά ελλείμματα, δεν επηρεάζεται μόνο η ταχύτητα αλλά η συμμετρία και η συχνότητα της βάδισης [6]. Κατά συνέπεια ο μηχανισμός της βάδισης φαίνεται να επιβαρύνεται συνολικά κατά την εξέλιξη της νόσου

ιδιαίτερα όταν αυξηθούν οι απαιτήσεις του εξωτερικού περιβάλλοντος με επιπλέον ερεθίσματα (ταυτόχρονη ομιλία, συγκράτηση αντικειμένου κ.ά.).

Η εξέταση των μεταβολών αυτών έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον αφού δίνει την δυνατότητα ποσοτικής παρακολούθησης. Οι πληροφορίες αυτές είναι δυναμικά χρήσιμες στην αξιολόγηση της πορείας της νόσου, στην συνεκτίμηση με την πορεία των γνωστικών λειτουργιών και πιθανόν στον σχεδιασμό προγραμμάτων παρέμβασης.

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η διερεύνηση και σύγκριση των μεταβολών των χωροχρονικών παραμέτρων (συχνότητα βάδισης, διάρκεια διασκελισμού, χρόνος εκτέλεσης βήματος, διάρκεια μονής και διπλής στήριξης, μήκος διασκελισμού και βήματος, ταχύτητα βάδισης) όταν ο ασθενής με άνοια βαδίζει υπό διαφορετικές συνθήκες (απλή βάδιση, βάδιση με απλό κινητικό στόχο, βάδιση με σύνθετο κινητικό στόχο, βάδιση με γνωστικό στόχο).

2. Μεθοδολογία

2.1. Συμμετέχοντες στην έρευνα

Στην έρευνα συμμετείχαν 20 άνδρες και γυναίκες με μ.ο. ηλικίας 72.9 ± 2 έτη με διάγνωση άνοια και κριτήρια πιθανής νόσου Alzheimer. Από μία σειρά ασθενών που εκτιμήθηκαν στο εξωτερικό ιατρείο και παρακολουθούνται στη δομή «Σχολεία Μνήμης» της Πανεπιστημιακής Νευρολογικής Κλινικής του Περιφερικού Γενικού Νοσοκομείου Έβρου, επιλέχθηκαν όσοι είχαν τη δυνατότητα και αποδέχονταν να μεταβούν στο εργαστήριο Εμβιομηχανικής του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού στην Κομοτηνή. Κύρια κριτήρια συμμετοχής, ορίστηκαν η ικανότητα κατανόησης και εκτέλεσης εντολών και η απουσία οποιασδήποτε άλλης νοσολογικής κατάστασης ή προβλήματος που θα μπορούσε να επιδρά και να περιορίζει τη βάδιση. Ασθενείς με αδυναμία ανεξάρτητης βάδισης (< 100 m) εξαιρέθηκαν της έρευνας. Οι ασθενείς συμμετείχαν κατόπιν έγγραφης συγκατάθεσης των ιδίων ή των φροντιστών που κατείχαν το δικαίωμα δικαιοπραξίας αντί αυτών και μπορούσαν να αποχωρήσουν όποια στιγμή το επιθυμούσαν. Η έρευνα έλαβε έγκριση από την επιτροπή δεοντολογίας του οικείου φορέα.

2.2. Ανάλυση βάδισης

Η βάδιση των ασθενών αξιολογήθηκε μέσω ενός συστήματος εμβιομηχανικής ανάλυσης (Vicon), που αποτελούνταν από 6 κάμερες με ταχύτητα λήψης 100 εικόνων/sec, 2 πιεζοηλεκτρικά δυναμοδάπεδα (Kistler), διαστάσεων 60×40 cm, για την καταγραφή των δυνάμεων αντίδρασης του εδάφους σε κάθε κάτω άκρο με συχνότητα λήψης 1000 Hz. Οι κάμερες τοποθετήθηκαν γύρω από έναν διάδρομο βάδισης μήκους 12 μέτρων στο μέσο του οποίου πακτώθηκαν τα δύο δυναμοδάπεδα.

2.3. Διαδικασία εκτέλεσης της ανάλυσης της βάδισης

Κάθε εξεταζόμενος ενδόθηκε με εφαρμοστά ενδύματα ολοσωματικά, διατηρώντας ακάλυπτα τα κάτω άκρα από το ύψος της μεσότητας του μηρού. Αρχικώς εξηγήθηκε η διαδικασία και καταγράφηκαν τα βασικά σωματομετρικά χαρακτηριστικά τους. Οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν 5 προσπάθειες βάδισης. Η επιτυχής ολοκλήρωση αυτής της δοκιμασίας επέτρεπε στους συμμετέχοντες να συνεχίσουν στην ανάλυση βάδισης ή να αποκλειστούν από τη μελέτη. Στη συνέχεια, τοποθετήθηκαν αυτοκόλλητοι ανακλαστήρες σε συγκεκριμένα ανατομικά σημεία των κάτω άκρων και της λεκάνης και ειδικότερα στην κεφαλή του 2^{ου} μεταταρσίου, στην πτέρνα, στον έξω σφυρό, στο μέσο της κνήμης, στον έξω μηριαίο επικόνδυλο, στο μέσο του μηρού, στην πρόσθια άνω λαγόνια άκανθα και στην οπίσθια άνω λαγόνια άκανθα, σε κάθε πλευρά του σώματος.

Οι συμμετέχοντες, μετά την εκτέλεση πέντε προσπάθειών βάδισης για λόγους εξοικείωσης, κλήθηκαν να βαδίσουν με τη φυσική τους ταχύτητα, που αντανάκλαζε την ταχύτητα βάδισης τους σε έναν περίπατο. Η φυσική ταχύτητα βάδισης για κάθε αξιολογούμενο, καταγράφηκε και χρησιμοποιήθηκε ως η επιθυμητή ταχύτητα κίνησης σε κάθε μια από τις κύριες προσπάθειες βάδισης. Για να επιτευχθεί η διατήρηση της ταχύτητας, οι εξεταζόμενοι βαδίζαν ακολουθώντας μια κινούμενη ράβδο, η ταχύτητα της οποίας ρυθμιζόταν ώστε να συμπίπτει με τη φυσική ταχύτητα βάδισης κάθε εξεταζόμενου.

Η βάδιση αξιολογήθηκε κάτω από 4 συνθήκες (συνθήκες βάδισης), την απλή βάδιση, τη βάδιση με απλό κινητικό στόχο, τη βάδιση με σύνθετο κινητικό στόχο και τη βάδιση με γνωστικό στόχο. Κατά τη διάρκεια του κυρίως πειράματος, οι εξεταζόμενοι εκτέλεσαν ικανό αριθμό προσπαθειών απλής βάδισης, προκειμένου να επιτευχθούν 10 έγκυρες επαναλήψεις. Για να είναι έγκυρη μια επανάληψη, έπρεπε ο εξεταζόμενος να διατηρήσει σταθερή απόσταση από τη ράβδο κίνησης και να πατήσει με διαφορετικό άκρο στην επιφάνεια του κάθε δυναμοδάπεδου. Αξιολογήθηκε η βάδιση με απλό κινητικό στόχο, με τον απλό κινητικό στόχο να αντιστοιχεί στη βάδιση με κάμψη του αγκώνα του επικρατητικού άκρου σε γωνία 90° . Επίσης, αξιολογήθηκε η βάδιση με σύνθετο κινητικό στόχο, που αφορούσε τη μεταφορά ενός δίσκου με ένα άδειο ποτήρι στο κέντρο, με χρήση του επικρατητικού άκρου και τον αγκώνα σε κάμψη υπό γωνία 90° . Αξιολογήθηκε με τον ίδιο τρόπο η βάδιση κάθε εξεταζόμενου, με γνωστικό στόχο ο οποίος περιελάμβανε την ανάκληση και εκφώνηση αντικειμένων που ανήκαν σε μια από τις κατηγορίες: χρώματα, ρούχα, φρούτα-λαχανικά, ζώα. Η επιθυμητή κατηγορία ανακοινωνόταν σε κάθε εξεταζόμενο με τυχαία σειρά πριν την έναρξη της προσπάθειας. Η σειρά με την οποία εκτελούνταν η βάδιση σε κάθε συνθήκη (απλή βάδιση, βάδιση με γνωστικό

στόχο, βάδιση με απλό κινητικό στόχο, βάδιση με σύνθετο κινητικό στόχο) ήταν τυχαία και διαφορετική για κάθε εξεταζόμενο.

2.4. Συλλογή και ανάλυση δεδομένων

Για την καταγραφή των κινηματικών δεδομένων μέσω του συστήματος κινηματικής ανάλυσης και των χρονικών στιγμών της προσγείωσης της κάθε πτέρνας και της απογείωσης των δακτύλων κάθε κάτω άκρου μέσω των δυναμοδαπέδων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Nexus (Vicon). Για την ανάλυση των παραπάνω δεδομένων και τον υπολογισμό των χρονικών φάσεων της βάδισης (αρχική επαφή, υποδοχή επιβάρυνσης, μέση στήριξη, τελική στήριξη, προαιώρηση, αρχική αιώρηση, μέση αιώρηση και τελική αιώρηση) καθώς και των χωροχρονικών παραμέτρων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Polygon (Vicon).

Οι χωροχρονικές παράμετροι που υπολογίστηκαν ήταν: μήκος διασκελισμού (m), μήκος βήματος (m), ταχύτητα βάδισης (m/sec), συχνότητα βάδισης (βήματα/λεπτό), διάρκεια κύκλου βάδισης (sec), διάρκεια βήματος (sec), διάρκεια διπλής στήριξης (sec) και διάρκεια μονής στήριξης (sec).

Για τη στατιστική ανάλυση των παραπάνω μεταβλητών εφαρμόστηκε ανάλυση διακύμανσης για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις με παράγοντες επανάληψης τη συνθήκη βάδισης (απλή βάδιση, βάδιση με απλό κινητικό στόχο, βάδιση με σύνθετο κινητικό στόχο, βάδιση με γνωστικό στόχο) και το κάτω άκρο (δεξί, αριστερό). Για τον έλεγχο πολλαπλών συγκρίσεων, χρησιμοποιήθηκε το τεστ bonferroni, και το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας $p < .05$.

3. Αποτελέσματα

Από τους 20 εξεταζόμενους δεν κατάφεραν να ολοκληρώσουν για διάφορους λόγους όλη τη διαδικασία 5 εξεταζόμενοι και ως εκ τούτου οι χωροχρονικές παράμετροι της βάδισης υπολογίστηκαν από τα δεδομένα των 15 εξεταζομένων.

– Χρονικές παράμετροι βάδισης

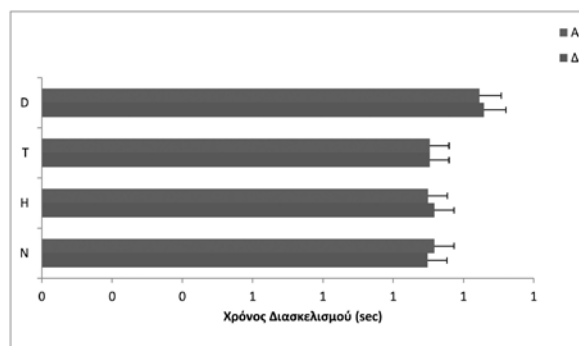
• Διάρκεια διασκελισμού

Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε ότι δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση της συνθήκης βάδισης με το κάτω άκρο ($F_{3,33} = 0.634$, $p = .598$, $n^2 = .054$). Υπήρξε ωστόσο, στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα «συνθήκη βάδισης» ($F_{3,33} = 27,017$, $p < .001$, $n^2 = .711$). Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε ότι η διάρκεια διασκελισμού ήταν σημαντικά μεγαλύτερη ($p < .001$) στην βάδιση με γνωστικό στόχο σε σχέση με τις υπόλοιπες τρεις συνθήκες (Σχήμα 2).

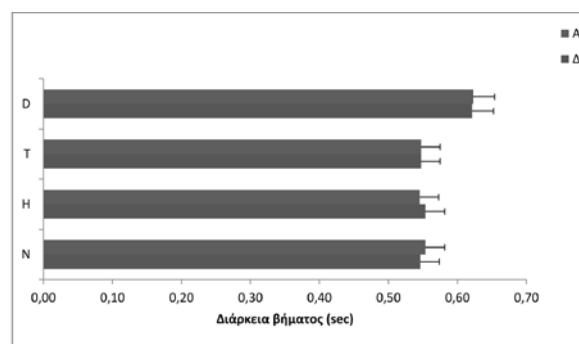
• Διάρκεια βήματος

Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε ότι δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση της συνθήκης

Σχήμα 2. Μέσοι όροι (τυπικές αποκλίσεις) του χρόνου διασκελισμού των ασθενών στις τέσσερις συνθήκες (N: απλή βάδιση, H: βάδιση με απλό κινητικό στόχο, T: βάδιση με σύνθετο κινητικό στόχο, D: βάδιση με γνωστικό στόχο), στα δύο κάτω άκρα (Δ: δεξί, Α: αριστερό)



Σχήμα 3. Μέσοι όροι (τυπικές αποκλίσεις) του χρόνου εκτέλεσης βήματος των ασθενών στις τέσσερις συνθήκες (N: απλή βάδιση, H: βάδιση με απλό κινητικό στόχο, T: βάδιση με σύνθετο κινητικό στόχο, D: βάδιση με γνωστικό στόχο), στα δύο κάτω άκρα (Δ: δεξί, Α: αριστερό)

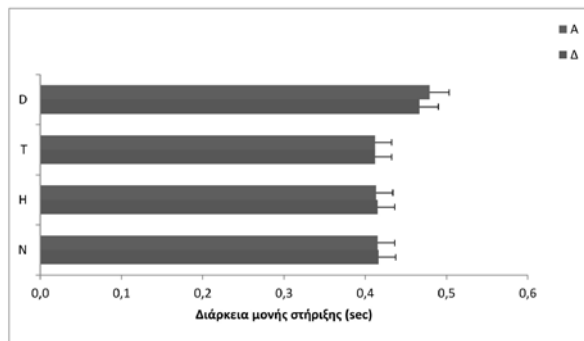


βάδισης με το κάτω άκρο ($F_{3,33} = 0.760$, $p = .525$, $n^2 = .065$). Αντίθετα υπήρξε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του «παράγοντα συνθήκη» ($F_{3,33} = 32,087$, $p < .001$, $n^2 = .745$). Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε ότι ο χρόνος εκτέλεσης του βήματος ήταν σημαντικά μεγαλύτερος ($p < .001$) στην βάδιση με γνωστικό στόχο σε σχέση με τις υπόλοιπες τρεις συνθήκες (Σχήμα 3).

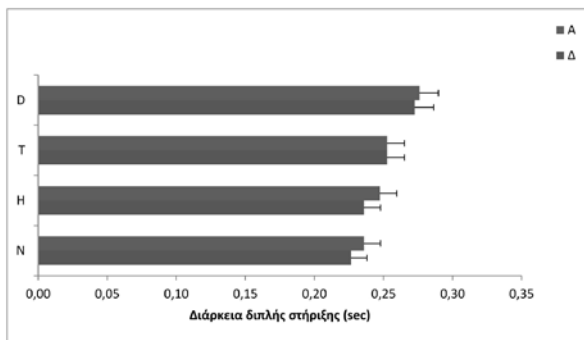
• Διάρκεια μονής στήριξης

Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε ότι δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση της συνθήκης βάδισης με το κάτω άκρο ($F_{3,33} = 2,173$, $p = .087$, $n^2 = .284$). Αντίθετα υπήρξε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του «παράγοντα συνθήκη» ($F_{3,33} = 17,174$, $p < .001$, $n^2 = .682$). Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε ότι η διάρκεια μονής στήριξης του κάθε κάτω άκρου, ήταν σημαντικά με-

Σχήμα 4. Μέσοι όροι (τυπικές αποκλίσεις) της διάρκειας μόνης στήριξης της βάδισης των ασθενών στις τέσσερις συνθήκες (N: απλή βάδιση, H: βάδιση με απλό κινητικό στόχο, T: βάδιση με σύνθετο κινητικό στόχο, D: βάδιση με γνωστικό στόχο), στα δύο κάτω άκρα (Δ: δεξί, Α: αριστερό)



Σχήμα 5. Μέσοι όροι (τυπικές αποκλίσεις) της διάρκειας διπλής στήριξης της βάδισης των ασθενών στις τέσσερις συνθήκες (N: απλή βάδιση, H: βάδιση με απλό κινητικό στόχο, T: βάδιση με σύνθετο κινητικό στόχο, D: βάδιση με γνωστικό στόχο), στα δύο κάτω άκρα (Δ: δεξί, Α: αριστερό)



γαλύτερη ($p < .001$) στην βάδιση με γνωστικό στόχο σε σχέση με τις υπόλοιπες τρεις συνθήκες (Σχήμα 4).

- Διάρκεια Διπλής στήριξης

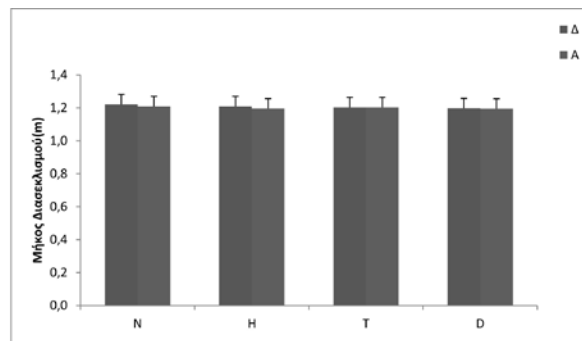
Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε ότι δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση της συνθήκης βάδισης με το κάτω άκρο ($F_{3,33} = 2.001$, $p = .145$, $n^2 = .222$). Αντίθετα υπήρξε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του «παράγοντα συνθήκη» ($F_{3,33} = 23.845$, $p < .001$, $n^2 = .773$). Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε ότι η διάρκεια διπλής στήριξης του κάθε κάτω άκρου, ήταν σημαντικά μεγαλύτερη ($p < .001$) στην βάδιση με γνωστικό στόχο σε σχέση με τις υπόλοιπες τρεις συνθήκες (Σχήμα 5).

- Χωρικές παράμετροι

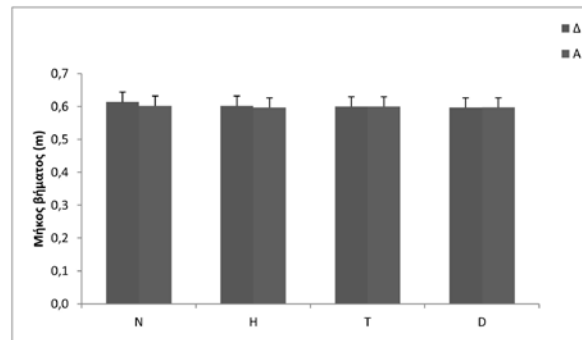
- Μήκος διασκελισμού

Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε ότι δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση της συνθήκης

Σχήμα 6. Μέσοι όροι (τυπικές αποκλίσεις) του μήκους διασκελισμού των ασθενών στις τέσσερις συνθήκες (N: απλή βάδιση, H: βάδιση με απλό κινητικό στόχο, T: βάδιση με σύνθετο κινητικό στόχο, D: βάδιση με γνωστικό στόχο), στα δύο κάτω άκρα (Δ: δεξί, Α: αριστερό)



Σχήμα 7. Μέσοι όροι (τυπικές αποκλίσεις) του μήκους βήματος της βάδισης των ασθενών στις τέσσερις συνθήκες (N: απλή βάδιση, H: βάδιση με απλό κινητικό στόχο, T: βάδιση με σύνθετο κινητικό στόχο, D: βάδιση με γνωστικό στόχο), στα δύο κάτω άκρα (Δ: δεξί, Α: αριστερό)

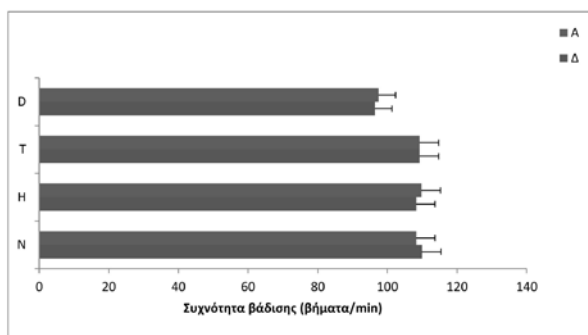


βάδισης με το κάτω άκρο ($F_{3,33} = 3.112$, $p = .062$, $n^2 = .237$). Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του «παράγοντα συνθήκη» ($F_{3,33} = 0.291$, $p = .831$, $n^2 = .026$). Κατά συνέπεια δεν διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές στο μήκος διασκελισμού μεταξύ των τεσσάρων διαφορετικών συνθηκών βάδισης (Σχήμα 6).

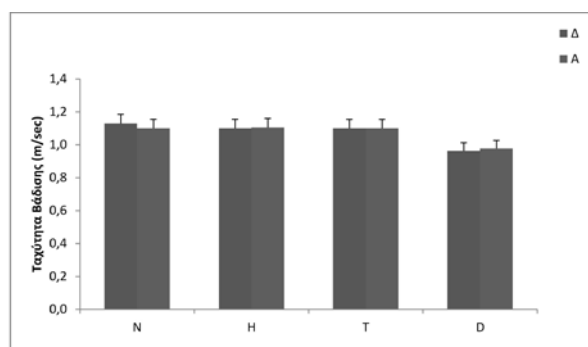
- Μήκος βήματος

Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε ότι δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση της συνθήκης βάδισης με το κάτω άκρο ($F_{3,33} = 1.060$, $p = .327$, $n^2 = .096$). Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα «συνθήκη» ($F_{3,33} = 0.197$, $p = .898$, $n^2 = .018$). Ως εκ τούτου η συνθήκη της βάδισης δεν επηρέασε σημαντικά το μήκος του βήματος (Σχήμα 7).

Σχήμα 1. Μέσοι όροι (τυπικές αποκλίσεις) της συχνότητας βάδισης των ασθενών στις τέσσερις συνθήκες (N: απλή βάδιση, H: βάδιση με απλό κινητικό στόχο, T: βάδιση με σύνθετο κινητικό στόχο, D: βάδιση με γνωστικό στόχο), στα δύο κάτω άκρα (Δ: δεξί, Α: αριστερό)



Σχήμα 8. Μέσοι όροι (τυπικές αποκλίσεις) της ταχύτητας βάδισης των ασθενών στις τέσσερις συνθήκες (N: απλή βάδιση, H: βάδιση με απλό κινητικό στόχο, T: βάδιση με σύνθετο κινητικό στόχο, D: βάδιση με γνωστικό στόχο), στα δύο κάτω άκρα (Δ: δεξί, Α: αριστερό)



– Συνδυασμένες χωροχρονικές παράμετροι

- Συχνότητα βάδισης

Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε ότι δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση της συνθήκης βάδισης με το κάτω άκρο ($F_{3,33} = 0.710$, $p = .553$, $n^2 = .061$). Αντίθετα, υπήρξε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση της «συνθήκης βάδισης» ($F_{3,33} = 28,422$, $p < .001$, $n^2 = .721$). Από τον έλεγχο πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε στη συνέχεια ότι οι εξεταζόμενοι κατά τη βάδιση με γνωστικό στόχο είχαν σημαντικά μικρότερη συχνότητα βάδισης ($p < .001$) σε σχέση με τις υπόλοιπες τρεις συνθήκες (Σχήμα 1).

– Ταχύτητα βάδισης

Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε ότι δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση της συνθήκης βάδισης με το κάτω άκρο ($F_{3,33} = 2.595$, $p = .071$, n^2

$= .206$). Αντίθετα υπήρξε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα «συνθήκη» ($F_{3,33} = 20,570$, $p < .001$, $n^2 = .652$). Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε ότι η ταχύτητα βάδισης ήταν σημαντικά μικρότερη ($p < .001$) στη βάδιση με γνωστικό στόχο σε σχέση με τις υπόλοιπες τρεις συνθήκες (Σχήμα 8).

4. Συζήτηση

Από τα αποτελέσματα προέκυψε πως οι τιμές της διάρκειας διασκελισμού, της διάρκειας βήματος αηλά και μονής, διπλής στήριξης κατά την βάδιση με διπλό γνωστικό στόχο, ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερες συγκρινόμενες με τις τιμές των αντίστοιχων τιμών κατά την απλή βάδιση ή τη βάδιση με απλό και σύγχρονο κινητικό στόχο.

Οι χωρικές παράμετροι, το μήκος διασκελισμού και το μήκος βήματος, δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των συνθηκών βάδισης που ελέγχθηκαν, παραμένοντας σταθερές στην απλή βάδιση, τη βάδιση με απλό κινητικό ή σύνθετο στόχο και τη βάδιση με γνωστικό στόχο.

Αναφορικά με τις συνδυασμένες χωροχρονικές παραμέτρους, η αύξηση των τιμών των χρονικών παραμέτρων, οδήγησε στη μείωση της συχνότητας βάδισης και σε συνδυασμό με τη μη μεταβολή των χωρικών παραμέτρων, σε μείωση της ταχύτητας βάδισης.

Ένας δεύτερος στόχος στη βάδιση ατόμων με άνοια, έχει επιπτώσεις στον τρόπο βάδισης [7] [8] [9]. Η επίδραση ωστόσο ενός γνωστικού στόχου στη βάδιση, έχει αντικρουόμενα αποτελέσματα αναφορικά με χρονικές παραμέτρους όπως ο χρόνος διασκελισμού σε μελέτες άλλων ερευνητών. Οι Montero-Odasso, Muir, Speechley et al. [10] και Choi, Oh, Kang et al [11], βρήκαν αύξηση στο χρόνο διασκελισμού ενώ οι Muir, Speechley, Wells et al. [5] και Nascimbeni, Caruso, Salatino et al. [12], δεν εντόπισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο χρόνο διασκελισμού στην απλή βάδιση και στη βάδιση με διπλό γνωστικό στόχο σε ασθενείς με γνωστικά ελλείμματα. Παρόλα αυτά, οι μεγαλύτερες διαφορές στο χρόνο διασκελισμού, παρατηρήθηκαν στον πιο «επιβαρυσμένο» από τους γνωστικούς στόχους που χρησιμοποιήθηκαν, την σταδιακή αφαίρεση 7 αριθμών σε σχέση με την κατονομασία ζώων. Αναφορικά με τη χρονική διάρκεια της διπλής και μονής στήριξης κάτω άκρου, οι Cedervall, Havorsen και Aberg [13], βρήκαν πως είναι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη κατά τη βάδιση με διπλό γνωστικό στόχο, εύρημα αντίστοιχο της παρούσας έρευνας.

Όσον αφορά στις χωρικές παραμέτρους της βάδισης, και συγκεκριμένα το μήκος της βήματος, υπάρχουν αντικρουόμενα αποτελέσματα αναφορικά με την επίδραση ενός δεύτερου στόχου. Οι Gillain, Warzee, Lekeu et al. [14], Rucco, Agosti, Jacini et al., [15], Wittwer, Webster και Hill [16] και Verghese, Robbins,

Holtzer et al. [17], βρήκαν σημαντική επίδραση του διπλού γνωστικού στόχου κατά την εκτέλεση της βάδισης, καταγράφοντας μείωση του μήκους βήματος, σε αντιδιαστολή με τους Maquet, Lekeu, Warzee et al. [18], οι οποίοι δεν βρήκαν σημαντική επίδραση του διπλού γνωστικού στόχου στο μήκος βάδισης σε ασθενείς με άνοια Alzheimer.

Όσον αφορά τις συνδυασμένες χωροχρονικές παραμέτρους της βάδισης, οι Smith, Cusack et al. [19], σημείωσαν πως η επίδραση ενός δεύτερου γνωστικού στόχου, μειώνει σημαντικά την ταχύτητα βάδισης, ακόμη και σε υγιείς ηλικιωμένους ενώ στην αντίστοιχη διαπίστωση κατέληξαν και οι Petterson, Olsson και Wahlund (2007), σε ασθενείς με άνοια [9]. Ομοίως οι Smith, Cusack και Blake (2016) οι οποίοι διερευνήσαν περαιτέρω την επίδραση του είδους του στόχου στην ταχύτητα βάδισης, χρησιμοποιώντας ως δεύτερο στόχο την λεκτική ευφράδεια, βρήκαν ότι η ταχύτητα των εξεταζόμενων μειώθηκε κατά 0.19 m/sec-1.02 m/sec [19]. Ακόμη, οι Borges, Radanovic et al., αναφέρθηκαν στην επίδραση της «διαμοιρασμένης προσοχής» κατά την εκτέλεση ενός γνωστικού στόχου, επισημαίνοντας την επίδραση των πολυληπλών γνωστικών στόχων εις βάρος της ποιότητας της κίνησης, αναφορικά με την ταχύτητα και τη συχνότητα βάδισης σε ασθενείς με μνημονικές διαταραχές [20]. Επίσης, οι Rucco, Agosti, Jacini et al. [15], βρήκαν πως η ταχύτητα κατά την εκτέλεση ενός διπλού γνωστικού στόχου σε ασθενείς με Alzheimer, είναι στατιστικά σημαντικά μικρότερη άλλων συνθηκών βάδισης (απλή βάδιση, βάδιση με κινητικό στόχο). Από την άλλη πλευρά οι Belgali, Chastan, Cignetti et al., πρόσθεσαν πως και η παράμετρος της συχνότητας της βάδισης είναι στατιστικά σημαντικά μικρότερη κατά την εκτέλεση διπλού γνωστικού στόχου έναντι της απλής βάδισης [21].

Ο διπλός γνωστικός στόχος κατά τη βάδιση, σε ηλικιωμένους οι οποίοι εμφανίζουν μνημονικές δυσκολίες και γνωστικά ελλείμματα, έχει ως αποτέλεσμα τη δυσκολία προσαρμογής στις αυξημένες ανάγκες του στόχου, την απώλεια της ισορροπίας και το ρίσκο της πτώσης, υποβαθμίζοντας τη λειτουργικότητα της βάδισης.

Η χρονική διάρκεια της μονής και της διπλής στήριξης οι οποίες επηρεάζουν αντίστοιχα τη διάρκεια του βήματος και του διασκελισμού, σχετίζονται σημαντικά με την ικανότητα της δυναμικής ισορροπίας του βαδιστή, και ιδιαίτερα με το βαθμό στον οποίο διατηρεί την ευστάθεια του κατά τη διάρκεια της μονής στήριξης. Η διατήρηση της ισορροπίας κατά τη βάδιση, είναι μια σύνθετη νευρική λειτουργία η οποία περιλαμβάνει την επεξεργασία των αισθητήριων εξωγενών και ενδογενών πληροφοριών και την παραγωγή των βέλτιστων μυϊκών συνεργιών προκειμένου το κέντρο μάζας του σώματος να διατηρηθεί κοντά στο σημείο εφαρμογής της δύναμης αντίδρασης του εδάφους κατά τη μονή στήριξη. Όπως φάνηκε από τα αποτελέσματα, η προσθήκη ενός δεύτερου γνωστικού στόχου,

λειτουργεί ως "υπερφόρτωση", του ήδη υπάρχοντος γνωστικού-κινητικού στόχου της βάδισης με συνέπεια τη μείωση της ικανότητας ισορροπίας του βαδιστή και κατ'επέκταση την αύξηση των τιμών των χωρικών παραμέτρων.

Αντίθετα οι χωρικές παράμετροι της βάδισης επηρεάζονται από τη δύναμη των κάτω άκρων, η παραγωγή της οποίας έχει λιγότερες απαιτήσεις σε νευρικό επίπεδο, σε σχέση με τη διατήρηση της ισορροπίας. Επομένως η "υπερφόρτωση", του ήδη υπάρχοντος γνωστικού-κινητικού στόχου της βάδισης με την ταυτόχρονη προσθήκη ενός ακόμη γνωστικού στόχου, δεν επηρεάζει σημαντικά την παραγωγή δύναμης και δεν μεταβάλλει σημαντικά το μήκος του βήματος και του διασκελισμού κατά τη βάδιση. Επιπλέον, η μείωση της συχνότητας βάδισης με την προσθήκη ενός δεύτερου γνωστικού στόχου σχετίζεται με την αύξηση της χρονικής διάρκειας του κάθε βήματος, ενώ η μείωση της ταχύτητας βάδισης, είναι το αποτέλεσμα της μη μεταβολής του μήκους διασκελισμού και της αύξησης της διάρκειας του διασκελισμού.

Στην παρούσα μελέτη επιβεβαιώνεται η σημαντική επιβάρυνση του διπλού στόχου κατά τη βάδιση ασθενών με πιθανή άνοια Alzheimer καθώς και ότι ο γνωστικός διπλός στόχος υπερτερεί έναντι του κινητικού αναφορικά με το φορτίο που προσθέτει στη βάδιση των ασθενών. Τα αποτελέσματα αυτά θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν για την αξιολόγηση της εξέλιξης των διαταραχών σε ασθενείς με άνοια αληθιά και για τον σχεδιασμό παρεμβατικών προγραμμάτων. Σύμφωνα μάλιστα με τους Montero-Odasso et al. [22], ο έλεγχος της απλής βάδισης μέσω της ταχύτητας, σε ασθενείς με ήπια γνωστική διαταραχή, δεν αποτελεί ασφαλές μέσο αξιολόγησης της πορείας αυτών, προτείνοντας την αξιολόγηση της βάδισης με διπλό στόχο.

Η δημιουργία παρεμβατικών προγραμμάτων και αντίστοιχων ερευνητικών πρωτοκόλλων θα μπορούσε να είναι χρήσιμη στο να βοηθήσει ασθενείς με άνοια να διατηρήσουν τις δεξιότητες βάδισης για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, συμβάλλοντας θετικά στη λειτουργικότητα και ανεξαρτησία τους.

Βιβλιογραφία

1. *Διαγνωστικά κριτήρια των Επικρατέστερων ανοϊκών συνδρόμων*, Ελληνική νευρολογική Εταιρεία, Νευρολογία, 2018:27(1); 10-13.
2. Cullen S., Montero-Odasso M., Bherer L., Ameida Q., Fraser S., Muir-Hunter S., Li K., Liu-Ambrose T., McGibbon C., Mc Fadyen B, Morais J., Camicioli R., Bauchet O. Guidelines for Gait Assessments in the Canadian Consortium on Neurodegeneration in Aging (CCNA) 2018. *Canadian Geriatrics Journal*, 21(2):157-165.
3. Kenny R.A., Richardson D.A., Steen I.N., McKeith I.G., Shaw F.E. Predictors of further falls in pa-

- tients with cognitive impairment and dementia attending the casualty department. *Age Ageing* 2000;29(1):A23.
4. Merory JR, Wittwer JE, Rowe CC, Webster KE. Quantitative gait analysis in patients with dementia with Gilwey bodies and Alzheimer's disease. *Gait Posture*. 2007; 26(3):414-9.
 5. Gillain S., Drame M., Lekeu F., Wojtasik V., Ricour C., Salmon E., Petermans J.. Gait speed or gait variability, which one to use as a marker of risk to develop Alzheimer disease? A pilot study. *Aging Clin Exp Res* 2016;28(2):249-55.
 6. Hausdorff J.,M, Schweiger A., Herman T., Yogev-Seligmann G., Giladi N. Dual-task decrements in gait: contributing factors among healthy older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2008;63:1335-1343.
 7. van Ierssen M.B., Hoefsloot W., Munneke M., Bloem B. R., Olde Rikkert M. G. Systematic review of quantitative clinical gait analysis in patients with dementia, *Z Gerontol Geriatr* 2004;37 (1):27-32.
 8. Hollman J.H., Kovash F., Kubik J.J., Rachel A.L. Age- related differences in spatiotemporal markers of gait stability during dual task walking. *Gait and Posture* 2007;26:113-11.
 9. Petterson AF, Ollson E., Wahlund L.O. Effect of divided attention on gait in subjects with and without cognitive impairment. *J Geriatr Psychiatry Neurol*. 2007;20(1):68-62.
 10. Montero-Odasso MM, Sarquis-Adamson Y, Speechley M, Borrie MJ, Hachinski VC, Wells J, Riccio PM, Schapira M, Sejdic E, Camicioli RM, Bartha R, McIlroy WE, Muir-Hunter S. Association of Dual-Task Gait With Incident Dementia in Mild Cognitive Impairment: Results From the Gait and Brain Study. *JAMA Neurol*. 2017 Jul 1;74(7):857-865
 11. Choi JS, Oh HS, Kang DW, Mun KR, Choi MH, Lee SJ, Yang JW, Chung SC, Mun SW, Tack GR: Comparison of gait and cognitive function among the elderly with Alzheimer's disease, mild cognitive impairment and healthy. *Int J Precis Eng Manuf* 2011; 12:169-173.
 12. Naskimbeni Al., Caruso S., Salatino A., Carenza M., Rigano M., Raviolo A., Ricci R. Dual task-related gait changes in patients with mild cognitive impairment. *Funct Neurol* 2015;30(1): 59-65.
 13. Cedervall Y., Halvorsen K., Aberg AC. A longitudinal study of gait function and characteristics of gait disturbance in individuals with Alzheimer's disease. *Gait Posture* 2014; 39 (4):1022-7.
 14. Gillain S, Warzee E, Lekeu F, Wojtasik V, Maquet D, Croisier JL, Salmon E, Petermans J: The value of instrumental gait analysis in elderly healthy, MCI or Alzheimer's disease subjects and a comparison with other clinical tests used in single and dual-task conditions. *Ann Phys REhabil Med* 2009;52:453-474.
 15. Rucco V., Agosti V. Jacini F., Sorrentino P., Varriale P., Stefano M, Milan G., Montella P., Sorrentino G. Spatio-temporal and kinematic gait analysis in patients with Frontotemporal dementia and Alzheimer's disease through 3D motion capture. *Gait and Posture* 2017;52: 312-317.
 16. Wittwer JE., Webster KE., Hill K. The effects of a concurrent motor task on walking in Alzheimer's disease. *Gait and Posture* 2014;39(1):291-96.
 17. Verghese J1, Robbins M, Holtzer R, Zimmerman M, Wang C, Xue X, Lipton RB. Gait dysfunction in mild cognitive impairment syndromes. *J Am Geriatr Soc*. 2008;56(7):1244-51. doi: 10.1111/j.1532-5415.2008.01758.x. Epub 2008 May 14.
 18. Maquet D, Lekeu F, Warzee E, Gillain S, Wojtasik V, Salmon E, Petermans J, Croisier JL: Gait analysis in elderly adult patients with mild cognitive impairment and patients with mild Alzheimer's disease: simple versus dual task: a preliminary report. *Clin Physiol Funct Imaging* 2010;30:51-56.
 19. Smith E., Cusack T., Blake C. The effect of a dual task on gait speed in community dwelling older adults: A systematic review and meta-analysis. *Gait and Posture*, 2016; 44:250-258.
 20. Borges S., Radanovic M., Forlenza O.V. Functional mobility in a divided attention task in older adults with cognitive impairment. *J Mot Behav* 2015;47(5):378-85.
 21. Belghali M., Chastan N., Cignetti F., Davenne D., and Decker L. Loss of gait control assessed by cognitive-motor dual-tasks: pros and cons in detecting people at risk of developing Alzheimer's and Parkinson's diseases. *GeroScience* 2017; 39(3): 305-329.
 22. Montero-Odasso M, Muir SW, Speechley M: Dual-task complexity affects gait in people with mild cognitive impairment: the interplay between gait variability, dual tasking, and risk of falls. *Arch Phys Med Rehabil* 2012; 93:293-299.