



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ**
UNIVERSITY OF PATRAS

**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ**

**ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΣΕ ΑΣΘΕΝΕΙΣ ΜΕ ΔΙΑΒΗΤΙΚΗ
ΠΕΡΙΦΕΡΙΚΗ ΝΕΥΡΟΠΑΘΕΙΑ (ΔΠΝ)**

ΤΣΙΑΚΑΛΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ Α.Μ: 2364

ΕΠΟΠΤΕΥΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΞΕΡΓΙΑ ΣΟΦΙΑ

ΑΓΙΟ-2020

**ANALYSIS OF BIOMECHANICAL FACTORS IN
PATIENTS WITH DIABETIC PERIPHERAL
NEUROPATHY (DPN)**

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η πτυχιακή εργασία είναι και το απόφθεγμα μιας ολόκληρης φοιτητικής πορείας, έτσι και εγώ θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Σοφία Ξεργιά καθηγήτρια μου για την καθοδήγηση και την ανθρώπινη επικοινωνία που είχαμε σε όλη αυτή την πορεία της συγγραφής, αλλά και όλους τους καθηγητές που συντέλεσαν στην απόκτηση θεωρητικών και πρακτικών γνώσεων. Καθώς αυτές θα με καθορίσουν ως επαγγελματία αλλά και ως άνθρωπο αλλάζοντας τον τρόπο σκέψης και συμπεριφοράς απέναντι στους γύρω μου. Τέλος μεγάλο στήριγμα για μένα ήταν και θα είναι η οικογένεια μου και οι φίλοι μου, στους οποίους αφιερώνω αυτή την εργασία.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ: Η Διαβητική Περιφερική Νευροπάθεια (ΔΠΝ) είναι μια σοβαρή επιπλοκή του διαβήτη, που επιδρά στα αισθητηριακά, αυτόνομα και κινητικά τμήματα του νευρικού συστήματος. Τα συμπτώματα της ποικίλουν από ήπια έως σοβαρά προβλήματα που σχετίζονται με τα έλκη στα πόδια, τον ακρωτηριασμό κάποιου μέλους και ίσως και τον θάνατο. Κατά συνέπεια η επιδείνωσή της σχετίζεται και με αλλαγές στην εμβιομηχανική των ασθενών με μεγαλύτερη έμφαση στα κάτω άκρα.

ΣΚΟΠΟΣ: Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο την ανάλυση των εμβιομηχανικών αυτών παραμέτρων που επηρεάζονται από την διαβητική περιφερική νευροπάθεια, με αναζήτηση της τελευταίας εξαιτίας αρθρογραφία. Δεύτερο στόχος της είναι η ανάδειξη του τρόπου που επιδρά η νόσος στις παραμέτρους και πως αυτές οι αλλαγές μπορούν να θεωρηθούν συντελεστές πρόγνωσης της νόσου ή της επιδείνωσής της. Ακόμη η ανασκόπηση θα αναδείξει και θα αναβαθμίσει την υπάρχουσα γνώση σχετικά με την επίδραση της διαβητικής περιφερικής νευροπάθειας στην εμβιομηχανική των ατόμων που νοσούν από αυτή. Έγινε επίσης προσπάθεια για προβληματισμό και ανάδειξη ενδιαφέροντος προς την συνέχεια της ερευνητικής μελέτης σχετικά με το θέμα.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ: Για την αναζήτηση της σχετικής αρθρογραφίας χρησιμοποιήθηκαν οι πλατφόρμες αναζήτησης Google Scholar και Pubmed προκειμένου να συλλεχθούν δεδομένα για τις εμβιομηχανικές παραμέτρους που αφορούν τα κάτω άκρα. Οι μελέτες είχαν χρονικό περιορισμό και η αναζήτηση έγινε μέσα στις χρονολογίες από 2015 έως σήμερα. Τα δείγματα των ερευνών που αναλύονται βρίσκονταν σε παρόμοιες ηλικιακές ομάδες εκτός από μία μελέτη που αφορούσε ηλικιωμένους με ηλικία άνω των 65 ετών, παρόμοιο δείκτη μάζας σώματος και χρόνο νόσησης από διαβήτη.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ: Πλήθος εμβιομηχανικών παραμέτρων φάνηκε να επηρεάζεται από την διαβητική περιφερική νευροπάθεια ωστόσο χρειάζεται περαιτέρω έρευνα για την ισχυροποίηση αυτών των αλλαγών. Ειδικότερα σε ότι αφορά την κινηματική και κινητική του κάτω άκρου, τις δυνάμεις αντίδρασης εδάφους, τις πελματιαίες πιέσεις στα διάφορα τμήματα του πέλματος και τις μυϊκές δυνάμεις των μυών του κάτω άκρου θα πρέπει να διενεργηθεί ερευνητική μελέτη ώστε να αυξηθεί το πλήθος του δείγματος και της αρθρογραφίας.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: biomechanical, kinetic, kinematic, kinetics/ kinematics assessment, diabetic peripheral neuropathy, diabetes, diabetic foot, plantar pressure, gait AND diabetic peripheral neuropathy, EMG AND diabetes, gait parameters/spatiotemporal gait characteristics.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	iii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	iv
ΠΙΝΑΚΕΣ.....	vii
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ	viii
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο : ΔΙΑΒΗΤΗΣ.....	2
1.1 Ορισμός Διαβήτη & Προδιαβήτη.....	2
1.2 Τύποι Διαβήτη.....	2
Διαβήτης Τύπου I.....	2
Διαβήτης Τύπου II.....	3
Διαβήτης Κύησης.....	3
Άλλοι ειδικοί τύποι διαβήτη.....	3
1.3 Επιδημιολογικά δεδομένα.....	3
1.4 Διάγνωση Προδιαβήτη & Διαβήτη.....	4
1.5 Επιπλοκές Διαβήτη.....	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : ΔΙΑΒΗΤΙΚΗ ΠΕΡΙΦΕΡΙΚΗ ΝΕΥΡΟΠΑΘΕΙΑ (ΔΠΝ).....	6
2.1 Ορισμός Νευροπάθειας και ΔΠΝ.....	6
2.2 Ταξινόμηση.....	6
2.3 Επιδημιολογικά δεδομένα.....	6
2.4 Αίτια.....	7
2.5 Παθοφυσιολογία – Παθολογοανατομία.....	7
2.6 Κλινική εικόνα.....	8
2.7 Διάγνωση.....	8
2.8 Αντιμετώπιση.....	9

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ.....	11
3.1 <i>Ορισμός.....</i>	<i>11</i>
3.2 <i>Σημαντικότητα εμβιομηχανικής.....</i>	<i>11</i>
3.3 <i>Εμβιομηχανική ανάλυση κάτω άκρου</i>	<i>11</i>
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ.....	12
ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΤΟΧΟΙ.....	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	20
4.1 <i>Στρατηγική Αναζήτησης.....</i>	<i>20</i>
4.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	21
4.2.1 <i>Αποτελέσματα ερευνών για χωροχρονικές παραμέτρους των ΔΠΝ ασθενών.....</i>	<i>22</i>
4.2.2 <i>Αποτελέσματα ερευνών για τις αρθρικές ροπές των ΔΠΝ ασθενών.....</i>	<i>29</i>
4.2.3 <i>Αποτελέσματα ερευνών για τις πελματιαίες πιέσεις των ΔΠΝ ασθενών.....</i>	<i>36</i>
4.2.4 <i>Αποτελέσματα ερευνών για το εύρος κίνησης των αρθρώσεων των ΔΠΝ ασθενών.....</i>	<i>39</i>
4.2.5 <i>Αποτελέσματα ερευνών για την μυϊκή δύναμη των ΔΠΝ ασθενών.....</i>	<i>44</i>
4.2.6 <i>Αποτελέσματα ερευνών για μεμονωμένες παραμέτρους των ΔΠΝ ασθενών.....</i>	<i>49</i>
ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	51
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	55
ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ/ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	56

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1 Αποτελέσματα χωροχρονικών παραμέτρων και κατακόρυφων δυνάμεων εδάφους (GRF) της μετα-ανάλυσης Fernando et al. (2013).....	14
Πίνακας 2 Αποτελέσματα Πελματιαίων πιέσεων τμημάτων του πέλματος και κινηματικής του κάτω άκρου της μετα-ανάλυσης Fernando et al. (2013).....	15
Πίνακας 3 Αποτελέσματα Ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των μυών κάτω άκρου της μετα-ανάλυσης Fernando et al. (2013).....	16
Πίνακας 4 Στοιχεία παραγωγής δύναμης και αρθρικές ροπές κάτω άκρου της μετα-ανάλυσης Fernando et al. (2013).....	16
Πίνακας 5 Χωροχρονικές παράμετροι και κινηματική κάτω άκρου της μετα-ανάλυσης Hazari et al. (2016).....	17
Πίνακας 6 Κινητική, δύναμη αντίδρασης εδάφους (GRF), αρθρικές ροπές και ακαμψία αρθρώσεων κάτω άκρου της μετα-ανάλυσης Hazari et al. (2016).....	18
Πίνακας 7 Χαρακτηριστικά και αποτελέσματα ερευνών σχετικά με τις χωροχρονικές παραμέτρους κατά την βάδιση.....	25
Πίνακας 8 Χαρακτηριστικά και αποτελέσματα ερευνών σχετικά με τις αρθρικές ροπές των ΔΠΝ ασθενών.....	32
Πίνακας 9 Χαρακτηριστικά και αποτελέσματα ερευνών σχετικά με τις πελματιαίες πιέσεις των ΔΠΝ ασθενών.....	37
Πίνακας 10 Χαρακτηριστικά και αποτελέσματα ερευνών σχετικά με το εύρος κίνησης (ROM) των ΔΠΝ ασθενών.....	40
Πίνακας 11 Χαρακτηριστικά και αποτελέσματα ερευνών σχετικά με την μυϊκή δύναμη των ΔΠΝ ασθενών.....	46

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΔΠΝ ή DPN: Διαβητική Περιφερική Νευροπάθεια

ΔΠΝ ασθενείς: Ασθενείς με διαβητική περιφερική νευροπάθεια

ΣΔ: Σακχαρώδης διαβήτης

GRF: Δύναμη Αντίδρασης Εδάφους

EMG ή ΗΜΓ: Ηλεκτρομυογράφημα

ROM: Εύρος κίνησης

maxROM: Μέγιστο εύρος κίνησης

ΔΜΣ: Δείκτης Μάζας Σώματος

ΠΔΚ: Ποδοκνημική Άρθρωση

3D: Τρισδιάστατη

MRI: Μαγνητικός τομογράφος

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Διαβητική Περιφερική Νευροπάθεια (ΔΠΝ) ή αλλιώς διαβητική πολυνευροπάθεια αποτελεί μία σοβαρή επιπλοκή του διαβήτη, που συμβαίνει εξαιτίας των χρόνιων, υψηλών επιπέδων σακχάρων στο αίμα. Το κύριο χαρακτηριστικό είναι πως επηρεάζει άμεσα τα νεύρα, προκαλώντας σε αυτά σημαντικές βλάβες. Στη νευροπάθεια διαβητικής προέλευσης, τα συχνότερα νεύρα που επηρεάζονται είναι αυτά του κάτω άκρου, με έμφαση σε εκείνα που νευρώνουν τον άκρο πόδα. Οι ασθενείς παραπονιούνται για συμπτώματα όπως πόνο και αιμωδία στα κάτω άκρα και τα πέλματα, απώλεια αισθητικότητας, επηρεάζοντας την ισορροπία και τη βάδιση. Η εμφάνιση των συμπτωμάτων ποικίλει από ήπιες έως πολύ σοβαρές περιπτώσεις.

Η σοβαρότητα της πάθησης αποδεικνύεται επιδημιολογικά, καθώς προσβάλλει περισσότερο από το 50% του διαβητικού πληθυσμού και κατηγορείται για μη τραυματικούς ακρωτηριασμούς, σε ποσοστό που αγγίζει το 75%. Παρόλο που η εξέλιξη της χαρακτηρίζεται ως βραδεία, πρέπει να σημειωθεί ότι εάν αγνοηθούν οι εμβιομηχανικές αλλαγές στην κινητική και κινηματική των κάτω άκρων, μπορεί να οδηγήσουν σε έλκη των ποδιών και αργότερα σε ακρωτηριασμούς. Οι ακρωτηριασμοί αλλάζουν τα δεδομένα τρόπου ζωής για τον ασθενή και τον εντάσσουν σε μία διαδικασία αποδοχής της νέας κατάστασης και επανένταξης στην κοινωνία με πολλές προσαρμογές και επιπτώσεις στον ψυχολογικό και οικονομικό τομέα.

Η θεραπεία της ΔΠΝ περιλαμβάνει φαρμακευτική αγωγή και υγιεινό τρόπο ζωής μέσω άσκησης, σωστής διατροφής και περιποίηση του δέρματος των άκρων. Όμως, η καλύτερη θεραπεία χορηγείται όταν συνδυάζεται με την πρόληψη. Η πρόληψη αφορά αφενός την παρακολούθηση του σακχάρου στο αίμα, αλλά οφείλει και να εντάξει την ανάλυση των εμβιομηχανικών παραμέτρων των κάτω άκρων στην αξιολόγηση, ώστε να προσδιορίζεται για κάθε ασθενή η επικινδυνότητα εμφάνισης ελκών.

Η σύγκριση των εμβιομηχανικών αλλαγών σε ασθενείς με ΔΠΝ με τον διαβητικό και υγιή πληθυσμό, έχει απασχολήσει πολλούς επιστήμονες. Υπάρχουν δεδομένα στη σύγχρονη αρθρογραφία, τα οποία αποδεικνύουν πως υπάρχουν πράγματι εμβιομηχανικές παρεκκλίσεις στους ασθενείς με ΔΠΝ, που χαρακτηρίζονται ως παράγοντες υψηλής επικινδυνότητας για την εξέλιξη της νόσου. Ωστόσο οι τελευταίες μετα-αναλύσεις που διερευνούν και συγκρίνουν συστηματικά την υπάρχουσα γνώση, δεν μας παρέχουν πληροφορίες για την τελευταία εξαιτία. Αποτελεί βασική ανάγκη, η αναβάθμιση της υπάρχουσας γνώσης για τα νέα δεδομένα σχετικά με τις εμβιομηχανικές παραμέτρους, εξελίσσοντας τις μεθόδους πρόληψης και φροντίδας των ασθενών με ΔΠΝ, καθώς και την βελτιστοποίηση του τρόπου ζωής.

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^Ο: ΔΙΑΒΗΤΗΣ

1.1 Ορισμός Διαβήτη & Προδιαβήτη

Ο Σακχαρώδης Διαβήτης (Diabetes Mellitus) είναι μια μεταβολική ασθένεια που χαρακτηρίζεται από αλλαγές στο σάκχαρο του αίματος και συγκεκριμένα αύξηση των επιπέδων γλυκόζης στο αίμα, δηλαδή υπεργλυκαιμία. Αυτό συμβαίνει λόγω έλλειψης στην έκκριση ινσουλίνης, κάποια ανωμαλία στην δράση της ή και τα δύο. Η χρόνια υπεργλυκαιμία έχει ως αποτέλεσμα σημαντικές μακροχρόνιες βλάβες ή καταστροφή διάφορων ιστών και οργάνων (μάτια, νεφρά, νεύρα και αιμοφόρα αγγεία). Κάποια κύρια συμπτώματα της υπεργλυκαιμίας είναι η πολουρία, η πολυδιψία, οι οπτικές διαταραχές, ενώ η σοβαρή υπεργλυκαιμία μπορεί να καταλήξει σε κετοξέωση, υπεργλυκαιμικό υπερωσμωτικό μη κετοξεωτικό κόμα, δηλαδή κωματώδη κατάσταση και θάνατο (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2013; Roden, 2016).

Ο Προδιαβήτης γνωστός και ως διαταραχή ανοχής στην γλυκόζη, διαγιγνώσκεται όταν το άτομο δεν πληροί τα κριτήρια για διαβήτη αλλά παρουσιάζει μη φυσιολογικά αυξημένα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα. Είναι η πάθηση που προσβάλλει 54 εκατομμύρια άτομα στις Η.Π.Α. σχετίζεται με αυξημένο κίνδυνο καρδιακής νόσου και αγγειακού εγκεφαλικού επεισοδίου. Τα άτομα αυτά τείνουν να αναπτύξουν διαβήτη τύπου II μέσα στα επόμενα 10 χρόνια (Williamson, 2011).

1.2 Τύποι Διαβήτη

Διαβήτης Τύπου I

Ο Διαβήτης Τύπου I (Type 1 Diabetes) παλαιότερα γνωστός ως ινσουλινοεξαρτώμενος διαβήτης ή νεανικός διαβήτης ονομάζεται όταν το άτομο παρουσιάζει παντελή έλλειψη ινσουλίνης στο αίμα λόγω καταστροφής των παγκρεατικών β-κυττάρων. Σε αυτή την κατηγορία περιέχεται και ο ΛΑΔΕ ή LADA (Λανθάνων Αυτοάνοσος Διαβήτης Ενηλίκων) που κάνει την εμφάνιση του σε ενήλικα άτομα και παρουσιάζει βραδύτερη απώλεια της έκκρισης ινσουλίνης. Τα άτομα με διαβήτη τύπου I χρειάζονται καθημερινή χορήγηση ινσουλίνης για να ρυθμίσουν την ποσότητα της γλυκόζης στο αίμα. Η αιτία του διαβήτη τύπου I δεν είναι γνωστή και προς το παρόν δεν μπορεί να προληφθεί. Τα συμπτώματα περιλαμβάνουν πολουρία, δίψα, συνεχή πείνα, απώλεια βάρους, αλλαγές στην όραση και

κόπωση (Weisman *et al.*, 2018; Kerner and Brückel, 2014; Roden, 2016; WHO, 2016).

Διαβήτης Τύπου II

Ο Διαβήτης Τύπου II (Type 2 Diabetes), παλαιότερα ονομαζόταν μη ινσουλινοεξαρτώμενος ή διαβήτης ενηλίκων, χαρακτηρίζεται από διαταραχή της δράσης της ινσουλίνης (αντίσταση στην ινσουλίνη), ανεπάρκεια ινσουλίνης ή ελαττωματική έκκριση της. Συχνά σχετίζεται και με άλλα μεταβολικά σύνδρομα. Τα συμπτώματα του μπορεί να είναι παρόμοια με αυτά του διαβήτη τύπου I, παρόλο αυτά μπορεί να είναι ηπιότερα ή να απουσιάζουν (Weisman *et al.*, 2018; Kerner and Brückel, 2014; Roden, 2016; WHO, 2016).

Διαβήτης Κύησης

Διαβήτης κύησης (GDM-Gestational Diabetes) είναι μια πρωτοεμφανιζόμενη διαταραχή, συγκεκριμένα αντίσταση στην ινσουλίνη. Οι γυναίκες με διαβήτη κύησης διατρέχουν αυξημένο κίνδυνο επιπλοκών κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης και του τοκετού, όπως και τα βρέφη τους ενώ κινδυνεύουν για την ανάπτυξη διαβήτη τύπου 2, ακόμη και πέντε χρόνια μετά τον τοκετό. (Weisman *et al.*, 2018; Kerner and Brückel, 2014; Roden, 2016; WHO, 2016)

Άλλοι ειδικοί τύποι διαβήτη

Παθήσεις του εξωκρινικού παγκρέατος (π.χ. παγκρεατίτιδα), ενδοκρινοπάθειες (π.χ. σύνδρομο Cushing), πρόκληση από φάρμακα (γλυκοκορτικοειδή, νευρολυπτικά), γενετικές μεταλλάξεις στα παγκρεατικά β-κύτταρα, άλλα γενετικά σύνδρομα που μπορεί να παρουσιάζουν και διαβήτη (π.χ. Σύνδρομο Down), λοιμώξεις, σπάνιας μορφής αυτοάνοσου διαβήτη (Weisman *et al.*, 2018; Kerner and Brückel, 2014; Roden, 2016; WHO, 2016).

1.3 Επιδημιολογικά δεδομένα

Σύμφωνα με τους Forouhi *et al.* 2019 & Adegate *et al.* 2006 υπάρχει αύξηση της ασθένειας του σακχαρώδη διαβήτη παγκοσμίως και αποτελεί σημαντική προτεραιότητα για τη δημόσια υγεία. Τα τελευταία δεδομένα δείχνουν ότι υπήρξε παγκόσμιος επιπολασμός 425 εκατομμυρίων ατόμων με διαβήτη το 2017, ο οποίος αναμένεται να αυξηθεί στα 629 εκατομμύρια έως το 2045. Αυτό συμβαίνει λόγω της παγκόσμιας αύξησης του επιπολασμού της παχυσαρκίας και των ανθυγιεινών συμπεριφορών, όπως κακή διατροφή και σωματική αδράνεια. Τα επιδημιολογικά στοιχεία για τον διαβήτη αναφέρουν ότι αποτελεί την πιο κοινή ενδοκρινική ασθένεια που έχει προσβάλλει το 6% του παγκόσμιου πληθυσμού και πιο

συγκεκριμένα σε σχέση με τους δύο βασικούς τύπους, τον τύπου I και II, ο διαβήτης τύπου II αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος (> 85%) του συνολικού επιπολασμού του σακχαρώδη διαβήτη.

1.4 Διάγνωση Προδιαβήτη & Διαβήτη

Για την διάγνωση του διαβήτη οι ιατροί χρησιμοποιούν διάφορες μεθόδους και δοκιμασίες. Η πιο διαδεδομένη είναι αυτή της μέτρησης της γλυκόζης του πλάσματος νηστείας, σε αυτή η δοκιμασία μετράται η γλυκόζη του αίματος στην νηστεία (8 ώρες αποφυγής λήψης φαγητού). Οι φυσιολογικές τιμές θα πρέπει να κυμαίνονται ≤ 99 mg/dl, αν η μέτρηση δείξει τιμές μεταξύ 100- 125 mg/dl τότε το άτομο πιθανόν να έχει προδιαβήτη, ενώ αν οι μέτρηση δείξει ≥ 126 mg/dl τότε υποδηλώνει πως το άτομο πιθανόν πάσχει από διαβήτη. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται τουλάχιστον 2 φορές για να κατοχυρωθεί η διάγνωση ενώ γίνονται και άλλες επαληθευτικές δοκιμασίες (Williamson, 2011).

1.5 Επιπλοκές Διαβήτη

Σύμφωνα με τη Διεθνή Ομοσπονδία Διαβήτη (ATLAS, 2015), οι μισοί νοσούντες από διαβήτη δεν έχουν καλή επίγνωση της νόσου τους και έτσι εμφανίζουν διάφορες επιπλοκές. Οι Deshpande and Schootman (2008) αναφέρουν πως ο διαβήτης μπορεί να επηρεάσει πολλά διαφορετικά συστήματα οργάνων στο σώμα και με την πάροδο του χρόνου μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρές επιπλοκές. Οι επιπλοκές αυτές ταξινομούνται ως τις μικροαγγειακές και τις μακροαγγειακές.

Μικροαγγειακές επιπλοκές αποτελούνται τη νευροπάθεια, τη νεφροπάθεια και τη αμφιβληστροπάθεια. Η Νευροπάθεια είναι βλάβη που αφορά κυρίως τα νεύρα των κάτω άκρων. Δημιουργεί πόνο, αιμωδίες, μυϊκή αδυναμία και καταλήγει σε απώλεια αισθητικότητας στα κάτω άκρα. Η νεφροπάθεια αποτελεί μία προοδευτική νόσο που καταστρέφει τις δομικές μονάδες των νεφρών και συνήθως καταλήγει σε νεφρική ανεπάρκεια. Η αμφιβληστροπάθεια είναι πάθηση που προσβάλλει τον αμφιβληστροειδή χιτώνα του οφθαλμού, εμφανίζεται όταν τα αυξημένα επίπεδα του σακχάρου στο αίμα προκαλούν μικροαγγειακές καταστροφές και μπορεί να εξελιχθεί σε τύφλωση του ατόμου (Williamson, 2011).

Στις μακροαγγειακές επιπλοκές περιλαμβάνονται καρδιακές παθήσεις, εγκεφαλικό επεισόδιο και περιφερική αρτηριακή νόσος. Είναι γνωστό ότι ο διαβήτης αυξάνει τουλάχιστον στο διπλάσιο τον κίνδυνο εμφάνισης καρδιακών παθήσεων και εγκεφαλικού επεισοδίου σε σχέση με κάποιο μη διαβητικό άτομο. Αυτό συμβαίνει γιατί οι διαβητικοί αναπτύσσουν πλάκες στις αρτηρίες τους, γεγονός που διαταράσσει την ροή του αίματος. Οι καρδιακές παθήσεις

επιδεινώνονται σε άτομα με υπέρταση, υπερχοληστερολαιμία και κάπνισμα. Η περιφερική αρτηριακή νόσος είναι ένας σημαντικός παράγοντας κινδύνου για ακρωτηριασμό κάτω άκρου. Προκαλείται από τη στένωση των αιμοφόρων αγγείων που μεταφέρουν αίμα στα χέρια, τα πόδια, το στομάχι και τα νεφρά και διακρίνεται σε δύο κατηγορίες την διαλείπουσα χολότητα και τον πόνο σε ηρεμία (Deshpande and Schootman, 2008; Williamson, 2011).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : ΔΙΑΒΗΤΙΚΗ ΠΕΡΙΦΕΡΙΚΗ ΝΕΥΡΟΠΑΘΕΙΑ (ΔΠΝ)

2.1 Ορισμός Νευροπάθειας και ΔΠΝ

Η Νευροπάθεια είναι μία προοδευτική διαταραχή των νευρών που προκαλεί συμπτώματα πόνου, υπαισθησία, αιμωδίες, μυϊκή ατροφία και απώλεια αισθητικότητας στα άνω και κάτω άκρα. Υπάρχουν δύο είδη νευροπάθειας η περιφερική και η αυτόνομη. Η Διαβητικής Περιφερικής Νευροπάθειας (ΔΠΝ) ή Διαβητική Περιφερική συμμετρική πολυνευροπάθεια αποτελεί το συχνότερο αίτιο διαβητικής νευροπάθειας και εκδηλώνεται με πόνο και διαταραχή στην αισθητικότητα (παραισθησίες) συμμετρικά στα δύο κάτω άκρα με κατανομή δίκην «κάλτσας» (Albers and Pop-Busui, 2014; Williamson, 2011). Αποτελεί ακόμη τη πιο συχνή επιπλοκή του σακχαρώδους διαβήτη, που οδηγεί στη μεγαλύτερη νοσηρότητα και θνησιμότητα και αποτελεί τεράστιο οικονομικό βάρος για τη φροντίδα του διαβήτη. Επηρεάζει αισθητικά, κινητικά και αυτόνομα νεύρα, που οδηγούν σε προοδευτική καταστροφή τους και απώλεια νευρικών ινών (Vinik *et al.*, 2013; Holzer *et al.*, 1998).

2.2 Ταξινόμηση

Οι διάφορες μορφές διαβητικής νευροπάθειας σύμφωνα με τους Albers *et al.*, 2014 ταξινομούνται από την άποψη της ανατομικής τους κατανομής (όπως η εγγύς ή περιφερική, η συμμετρική ή ασύμμετρη, η εστιακή ή πολυεστιακή ή διάχυτη), την κλινική πορεία (π.χ. οξεία, υποξεία ή χρόνια), τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα (επώδυνα ή μη οδυνηρά, αισθητήρια, κινητικά ή αυτόνομα) ή την παθοφυσιολογία τους. Η ταξινόμηση σε «τυπικές» ή «άτυπες» μορφές με τη πιο τυπική μορφή διαβητικής νευροπάθειας να είναι η χρόνια περιφερική συμμετρική πολυνευροπάθεια ή αλλιώς διαβητική περιφερική νευροπάθεια που αντιπροσωπεύει περίπου το 75% των διαβητικών νευροπαθειών.

2.3 Επιδημιολογικά δεδομένα

Η επιδημιολογία σχετικά με την πάθηση φανερώνει πως πάνω από το 50% του πληθυσμού των διαβητικών ασθενών πάσχει από διαβητική περιφερική νευροπάθεια (ΔΠΝ) (Tsfaye & Selvarajah, 2012). Η συχνότητα της νευροπάθειας είναι περίπου 45% για ασθενείς με διαβήτη τύπου II και 54% έως 59% για ασθενείς με διαβήτη τύπου I. Είναι η πιο κοινή μορφή νευροπάθειας στις ανεπτυγμένες χώρες του κόσμου, αντιπροσωπεύει περισσότερες νοσηλείες από όλες τις άλλες διαβητικές επιπλοκές που συνδυάζονται και είναι υπεύθυνη για το 50% έως 75% των μη τραυματικών ακρωτηριασμών ενώ πάνω από το 50% των ατόμων με

ΔΠΝ δεν παρουσιάζουν συμπτώματα (Vinik *et al.*, 2013; Holzer *et al.*, 1998; Russell *et al.*, 2014). Ο συνολικός επιπολασμός της στο γενικό πληθυσμό φαίνεται περίπου 1% και αυξάνεται έως και 7% στους άνω των 60 ετών (Hanewinckel *et al.*, 2016) .

2.4 Αίτια

Κατά τον Feldman *et al.* (2019) σημαντικοί αιτιολογικοί παράγοντες για την διαβητική νευροπάθεια είναι η διάρκεια του διαβήτη σε ένα άτομο καθώς και τα επίπεδα της γλυκοζυλιωμένης αιμοσφαιρίνης (HbA1C). Άλλοι μεταβολικοί παράγοντες όπως η αντίσταση στην ινσουλίνη, η υπέρταση και η παχυσαρκία που συναντώνται συχνότερα στον διαβήτη τύπου II και σχετίζονται με τη διαβητική νευροπάθεια. Η υπερτριγλυκεριδαιμία, η κοιλιακή παχυσαρκία και τα χαμηλά επίπεδα της λιποπρωτεΐνης (HDL ή «καλής» χοληστερίνης), συσχετίζεται τη διαβητική νευροπάθεια σε ασθενείς με διαβήτη τύπου II και σε επιλεγμένες ομάδες τύπου I. Άλλοι παράγοντες για την εμφάνιση διαβητικής νευροπάθειας περιλαμβάνουν το κάπνισμα, η υπερβολική κατανάλωση αλκοόλ και ηλικία. Τα αίτια της νευροπάθειας κατά Williamson *et al.* (2011), πιθανόν η χρόνια αύξηση των επιπέδων γλυκόζης στο αίμα, τα χαμηλά επίπεδα ινσουλίνης, τα παθολογικά επίπεδα λιπιδίων του αίματος ως αποτέλεσμα την καταστροφή αιμοφόρων αγγείων που αιματώνουν τα περιφερικά νεύρα.

2.5 Παθοφυσιολογία – Παθολογοανατομία

Η πιο κοινή παθολογική βλάβη στη διαβητική νευροπάθεια είναι η τμηματική απομυελίνωση των περιφερικών νευρικών ινών. Το κύτταρο Schwann παλιότερα θεωρήθηκε ότι εμπλέται κυρίως με τη διαβητική νευροπάθεια. Ωστόσο, σήμερα θεωρείται πως οι πρώτες μορφολογικές αλλαγές τόσο στα περιφερειακά νεύρα όσο και στο συμπαθητικό νευρικό σύστημα είναι ο αξονικός εκφυλισμός των αμύελων νευρικών ινών. Στην διαβητική νευροπάθεια εμπλέκονται πρώτα τα περιφερικά τμήματα των νευρώνων και τελικά και αυτά που επηρεάζονται σοβαρότερα (Broadstone *et al.*, 1987).

Οι παθολογικές μελέτες των περιφερικών νεύρων είναι περιορισμένες λόγω της επεμβατικής φύσης της βιοψίας των νεύρων. Ωστόσο μελέτες σε ομάδες διαβητικών ασθενών με διαφορετική σοβαρότητα και τύπο νευροπάθειας έχουν δείξει ένα εύρος παθολογίας που χαρακτηρίζεται από απομυελίνωση και απώλεια νευραξόνων και μικροαγγειοπάθεια. Επιπλέον, αυτές οι ανωμαλίες έχουν συσχετιστεί με συμπτώματα, ελλείμματα και ανωμαλίες στη νευροφυσιολογία και στα αισθητηριακά τεστ ορισμένων μελετών (Malik, 2014).

2.6 Κλινική εικόνα

Στην κλινική εικόνα περιλαμβάνονται αισθητήρια συμπτώματα τα οποία και είναι πιο εμφανή από τα κινητικά συμπτώματα και συνήθως περιλαμβάνουν τα κάτω άκρα. Εκδηλώνονται με πόνο, παραισθησία, υπεραισθησίες, βαθύ πόνο, κάψιμο και αιχμηρή αίσθηση. Επιπλέον, οι ασθενείς ενδέχεται να παρουσιάσουν συμπτώματα όπως μούδιασμα στα κάτω άκρα, οδηγώντας σε ανώδυνα έλκη των ποδιών και ακολούθως σε ακρωτηριασμό εάν δεν αναγνωρισθεί και αντιμετωπιστεί έγκαιρα η νευροπάθεια. Η αστάθεια παρατηρείται επίσης συχνά, λόγω της ανώμαλης κιναισθησίας και της ανώμαλης λειτουργίας της μυϊκής ατράκτου των μυών. Ορισμένοι ασθενείς μπορεί να είναι εντελώς ασυμπτωματικοί και τα σημάδια μπορούν να ανακαλυφθούν μόνο με λεπτομερή νευρολογική εξέταση (Vinik *et al.*, 2013).

2.7 Διάγνωση

Για τη συντριπτική πλειονότητα των ασθενών, η διάγνωση της διαβητικής νευροπάθειας βασίζεται αποκλειστικά στο ιστορικό και την φυσική εξέταση. Έπειτα από διαφωνίες σε σχέση με την διαγνωστική αξιολόγηση για την διαβητική περιφερική νευροπάθεια, συνοψίστηκαν στον ελάχιστο δυνατό αριθμό τα κριτήρια για την διάγνωση της τυπικής ΔΠΝ. Οι παρακάτω ταξινομήσεις περιέχουν κριτήρια αξιολόγησης για κάθε τύπο νευρικών ινών και της λειτουργίας τους (Vinik *et al.*, 2013).

Αξιολόγηση κατά Toronto:

1. Ενδεχόμενη παρουσία ΔΠΝ: Παρουσία συμπτωμάτων της ΔΠΝ όπως συμπτώματα μειωμένης αίσθησης, θετικά νευροπαθητικά αισθητικά συμπτώματα (π.χ. μούδιασμα τσίμπημα ή αίσθημα μαχαιρώματος, κάψιμο ή πόνος) κυρίως στα δάχτυλα των ποδιών, στα πόδια ή στις κνήμες των ποδιών. Ακόμη συμμετρική απώλεια περιφερικής αισθητικότητας, σημαντική μείωση ή απουσία αντανακλαστικών του άκρου πόδα.
2. Πιθανή παρουσία ΔΠΝ: Παρουσία ενός ή περισσότερων συμπτωμάτων όπως νευροπαθητικά συμπτώματα, μειωμένη περιφερική αίσθηση, μειωμένα ή απόντα αντανακλαστικά του άκρου πόδα.
3. Επιβεβαιωμένη παρουσία ΔΠΝ: Παρουσία διαταραχής της αγωγιμότητας των νεύρων, παρουσίας ενός ή περισσότερων συμπτωμάτων και σημείων ΔΠΝ. Αν η αγωγιμότητα των νεύρων είναι φυσιολογική μπορεί να γίνει μέτρηση με ειδικές συσκευές των μικρής διαμέτρου νευρικών ινών. Για να εκτιμηθεί η σοβαρότητα της ΔΠΝ μπορεί να επιτευχθεί με την βαθμολόγηση συνεχών μετρήσεων νευρολογικών σημείων, συμπτωμάτων, ή βαθμολόγηση

νευρολογικών δοκιμασιών, βαθμολόγηση λειτουργικότητας καθημερινών δραστηριοτήτων ή ανικανότητας επιτέλεσης τους.

4. Υποκλινική ΔΠΝ: Σε αυτή την κατηγορία η απουσία σημείων ή συμπτωμάτων οφείλεται στην μη φυσιολογική αγωγιμότητα των νεύρων και επιβεβαιώνεται με μέτρηση των μικρής διαμέτρου νευρικών ινών.

5. Νευροπάθεια μικρής διαμέτρου ινών: Η ενδεχόμενη νευροπάθειά τους εκδηλώνεται με την παρουσία συμπτωμάτων που εξαρτώνται από το μήκος και / ή κλινικών συμπτωμάτων καταστροφής τους. Η πιθανή νευροπάθεια εκδηλώνεται με τη παρουσία συμπτωμάτων που εξαρτώνται από το μήκος, κλινικά συμπτώματα βλάβης και φυσιολογική αγωγιμότητα του κνημιαίου νεύρου. Ενώ αποτελεί επιβεβαιωμένη νευροπάθεια με τη παρουσία συμπτωμάτων που εξαρτώνται από το μήκος, κλινικά σημάδια βλάβης των ινών, φυσιολογική αγωγιμότητα των νευρικών νεύρων και αλλοιωμένες ενδοεπιδερμικές νευρικές ίνες στον αστράγαλο και / ή ανώμαλα θερμικά όρια στο πόδι (Vinik *et al.*, 2013).

Ασθενείς με διαβήτη τύπου 1 για 5 ή περισσότερα χρόνια και όλοι οι ασθενείς με διαβήτη τύπου 2 πρέπει να αξιολογούνται ετησίως για ΔΠΝ χρησιμοποιώντας το ιατρικό ιστορικό και απλές κλινικές εξετάσεις. Τα συμπτώματα ποικίλλουν ανάλογα με την κατηγορία των αισθητηριακών ινών. Τα συμπτώματα που προκαλούνται από την εμπλοκή μικρών ινών και περιλαμβάνουν πόνο και δυσαισθησία, αίσθημα καύσου και μυρμήγκιασμα. Η εμπλοκή μεγάλων ινών μπορεί να προκαλέσει μούδιασμα και απώλεια προστατευτικής αισθητικότητας. Αυτή υποδηλώνει την παρουσία της περιφερικής αισθητικοκινητικής πολυνευροπάθειας και αποτελεί παράγοντα κινδύνου για διαβητικό έλκος ποδιών. Οι ακόλουθες κλινικές δοκιμές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση της λειτουργίας μικρών και μεγάλων ινών και της αίσθησης προστασίας. Για έλεγχο: α) των μικρών νευρικών ινών γίνεται έλεγχος με καρφίτσα για το αίσθημα του τσιμπήματος και για το αίσθημα της θερμοκρασίας με θερμό-ψυχρό αντικείμενο, β) των μεγάλων νευρικών ινών γίνεται έλεγχος της δόνησης με το διαπασών και με μονοϊνίδιο για το αίσθημα της πίεσης, γ) της προστατευτικής αίσθησης γίνεται έλεγχος με μονοϊνίδιο (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2013).

2.8 Αντιμετώπιση

Οι τρέχουσες προσεγγίσεις για τη διαχείριση της διαβητικής νευροπάθειας στοχεύουν στη βελτίωση του γλυκαιμικού ελέγχου (κυρίως σε ασθενείς με διαβήτη τύπου I), στον καλύτερο τρόπο ζωής (κυρίως σε ασθενείς με διαβήτη τύπου II) και στη διαχείριση του

νευροπαθητικού πόνου. Για τους ασθενείς με διαβήτη τύπου II είναι αναγκαίο να τροποποιηθεί ο τρόπος ζωής, διατροφής, να προστεθεί στην καθημερινότητα τους η άσκηση σε συνδυασμό με τον έλεγχο της αρτηριακής πίεσης και των λιπιδίων στο αίμα. Ο καλός γλυκαιμικός έλεγχος ως μέρος μιας πιο ολιστικής, εξατομικευμένης προσέγγισης μέσα στο πλάνο θεραπείας των διαβητικών με διαβήτη τύπου II, είναι η βέλτιστη επιλογή. Πολλές θεραπευτικές παρεμβάσεις έχουν αποτύχει, ωστόσο, πολλές υποσχόμενες θεραπείες βρίσκονται σε συνεχιζόμενες κλινικές δοκιμές (Feldman *et al.*, 2019).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ

3.1 Ορισμός

Η Εμβιομηχανική είναι η ανάλυση κίνησης της «ζωής», δηλαδή των έμβιων όντων μέσα από την επιστήμη της μηχανικής. Ένας κλάδος της φυσικής είναι η μηχανική που ασχολείται με τις δυνάμεις και πως αυτές παράγουν κίνηση σε ένα σώμα. Έτσι και στα έμβια όντα δρουν δυνάμεις που παράγουν κίνηση και διατηρούν φυσιολογική λειτουργία τους, είτε υπερλειτουργούν, δημιουργώντας τραυματισμούς στους ιστούς τους (Knudson, 2007). Η κινηματική και η κινητική είναι παρακλάδια της εμβιομηχανικής. Η κινηματική σχετίζεται με την εμφάνιση της κίνησης ή τεχνική, η κινητική αφορά τη μελέτη των δυνάμεων που προκαλούν μία κίνηση όπως μία έλξη ή ώθηση που ασκείται σε ένα σώμα (Hall and Donna, 1995).

3.2 Σημαντικότητα εμβιομηχανικής

Η Εμβιομηχανική παρέχει ποσοτικές και ποιοτικές πληροφορίες που είναι απαραίτητες για την κατανόηση του τρόπου κίνησης των έμβιων και πώς με την βοήθεια της κινησιολογίας μπορεί να βελτιωθεί η κίνηση αυτή ή να γίνει ασφαλέστερη. Πιο συγκεκριμένα συμβάλλει στην αντιμετώπιση προβλημάτων στην κινησιολογία ενός ατόμου, με σκοπό την καλύτερη απόδοση και την προστασία από τραυματισμούς. Πιο συγκεκριμένα οι μελέτες της εμβιομηχανικής προλαμβάνουν τους τραυματισμούς καθώς από αυτές δίνονται πληροφορίες σχετικά με τις μηχανικές ιδιότητες των ιστών και τις μηχανικές φορτίσεις κατά τη διάρκεια της κίνησης με αποτέλεσμα την ικανότητα δημιουργίας προληπτικής θεραπείας ή αποκατάστασης ενός προβλήματος (Knudson, 2007).

Η σημαντικότητα της έγκειται στην κατασκευή ειδικού βοηθητικού εξοπλισμού, ειδικά υποδήματα για διάφορα αθλήματα, προστατευτικού εξοπλισμού στην οδήγηση οχημάτων, προσθετικά μέλη σε ακρωτηριασμένα άκρα, ορθοτικά εξαρτήματα. Η εμβιομηχανική ανάλυση μπορεί να βοηθήσει έναν φυσικοθεραπευτή μέσω της ανάλυσης βάρδισης για την αξιολόγηση ενός ασθενούς και τον έλεγχο της αποτελεσματικότητας ενός προγράμματος αποκατάστασης (Knudson, 2007).

3.3 Εμβιομηχανική ανάλυση κάτω άκρου

Η εμβιομηχανική ανάλυση κατά τους Hazari *et al.*, 2019 περιλαμβάνει κυρίως κινητικές και κινηματικές παραμέτρους. Οι κινητικοί παράγοντες που αναλύονται είναι η πελματική

πίεση, το ολοκλήρωμα του χρόνου πίεσης (FTI), την ροπή άρθρωσης και την δύναμη αντίδρασης εδάφους (GFR). Στην μελέτη των κινηματικών παραγόντων ερευνώνται οι γωνίες των αρθρώσεων (ROM), η ταχύτητα των αρθρώσεων, η επιτάχυνση των αρθρώσεων. Οι Fernando *et al.*, 2013 επισημαίνει ότι το ηλεκτρομυογράφημα (EMG) αποτελεί και αυτό μέρος της ανάλυσης καθώς δίνει πληροφορίες για την διάρκεια ενεργοποίησης και απενεργοποίησης των μυών του κάτω άκρου, ενώ το δυναμικό ηλεκτρομυογράφημα εφαρμόζεται κατά τη διάρκεια της βάρδισης στην φάση στάσης ή στον κύκλο βάρδισης.

Η εμβιομηχανική ανάλυση βοηθά κατά Kellis, 2015 στην συλλογή των παραπάνω παραμέτρων μέσω ειδικών τεχνολογιών οπτοηλεκτρονικής τεχνολογίας όπου με την χρήση καμερών παρέχει δισδιάστατη και τρισδιάστατη ανάλυση των διάφορων μερών του σώματος είτε στατικά είτε κατά την βάρδιση. Άλλες τεχνολογίες για την ανάλυση των πελματικών πιέσεων είναι το στατικό ή δυναμικό πελματογράφημα κατά την όρθια στάση ή την βάρδιση αντίστοιχα. Το δυναμοδάπεδο βοηθά στην καταγραφή των δυνάμεων αντίδρασης εδάφους με τα πέλματα σε πολλαπλές δοκιμασίες όπως όρθια θέση, βάρδιση, άλμα και τρέξιμο, ενώ ακόμη ελέγχει την ισορροπία σε όρθια στάση (Kellis, 2015).

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Στο θεωρητικό υπόβαθρο προέκυψαν μέσα από την αναζήτηση, δύο μετα-αναλύσεις του Fernando *et al.* (2013) και του Hazari *et al.* (2016) όπου συνοψίζονται τα αποτελέσματα σε σχέση με τις εμβιομηχανικές παραμέτρους που επηρεάζονται από την ΔΠΝ. Η πρώτη μετα-ανάλυση του Fernando *et al.*, 2013, αναφέρεται σε άρθρα με χρονολογία από τα 2000 έως το 2012. Οι παράμετροι τις οποίες ανέλυσε αφορούσαν 11 ξεχωριστές μεταβλητές βάρδισης σχετικά με χωροχρονικές παραμέτρους, κινηματική, κινητική των αρθρώσεων, ηλεκτρομυογράφημα (ΗΜΓ), πελματιαίες πιέσεις, δυνάμεις αντίδρασης εδάφους (GRF), στοιχεία παραγωγής δύναμης και αρθρικές ροπές του κάτω άκρου. Οι έρευνες που περιλαμβάνονται σε αυτή, συγκρίνουν περιπτώσεις ασθενών με ΔΠΝ και διαβητικούς χωρίς ΔΠΝ ή υγιή άτομα. Το σύνολο των ερευνών που αναλύθηκαν σε αυτή ήταν 16 μελέτες ενώ το δείγμα που περιλαμβάνουν αποτελείται από 382 άτομα με ΔΠΝ, 216 άτομα με διαβήτη χωρίς ΔΠΝ και 207 υγιή άτομα. Ο μέσος όρος ηλικίας των συμμετεχόντων ήταν τα 58 έτη, με πλειοψηφία στο ανδρικό φύλο, καθώς λήφθηκε υπόψιν ο δείκτης μάζας σώματος του δείγματος (BMI) με μέσο όρο BMI : 27 kg/m^3 . Για το δείγμα των διαβητικών υπολογίστηκε και ο μέσος όρος νόσησης σε έτη που ήταν τα 14,6 έτη.

Η συστηματική ανασκόπηση των μελετών της μετα-ανάλυσης του Fernando et al., (2013) φανέρωσε πιθανολογούμενες διαφοροποιήσεις στα εμβιομηχανικά χαρακτηριστικά της

κινηματικής, κινητικής και ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των ασθενών με διαβητική νευροπάθεια, ωστόσο αυτά τα ευρήματα ήταν ασυνεπή λόγω μειωμένου αριθμού δείγματος. Μεταξύ των μελετών που διερευνήθηκαν υπήρξε υψηλή ετερογένεια. Σύμφωνα με τον *Fernando et al., 2013*, βγήκαν τα εξής αποτελέσματα και συμπεράσματα από την μετα-ανάλυση όπως περιγράφονται στους

Πίνακας 1,

Πελματιαία πίεση- οπίσθιο τμήμα πέλματος	Πελματιαία πίεση- μέσο τμήμα πέλματος	Πελματιαία πίεση- πρόσθιο τμήμα πέλματος	Μέγιστο εύρος κάμψης ισχίου (maxROM)	Μέγιστο εύρος έκτασης ισχίου (maxROM)
<p>4 μελέτες παρουσίασαν μεγαλύτερες πελματιαίες πιέσεις στο οπίσθιο τμήμα του πέλματος στους ΔΠΝ συγκριτικά με το υγιές δείγμα</p> <p>1 μελέτη έδειξε μεγαλύτερη πελματιαία πίεση στους ΔΠΝ συγκριτικά με τους διαβητικούς χωρίς ΔΠΝ</p>	<p>4 μελέτες βρήκαν υψηλότερες πελματιαίες πιέσεις στο μέσο τμήμα του πέλματος των ασθενών με ΔΠΝ συγκριτικά με το υγιές δείγμα</p>	<p>6 μελέτες έδειξαν υψηλότερες πελματιαίες πιέσεις στο πρόσθιο τμήμα του πέλματος των ασθενών με ΔΠΝ συγκριτικά με το υγιές και διαβητικό χωρίς ΔΠΝ δείγμα</p>	<p>Αυξημένο εύρος στους ΔΠΝ συγκριτικά με τους υγιείς</p>	<p>Μειωμένο εύρος</p>
<p>Η μετα-ανάλυση υψηλότερες πελματιαίες πιέσεις στο οπίσθιο τμήμα του πέλματος στους ασθενείς με ΔΠΝ συγκριτικά με το υγιές δείγμα</p> <p>Ενώ ήταν ασυνεπής στην σύγκριση των πελματιαίων πιέσεων των ασθενών με ΔΠΝ και τους διαβητικούς χωρίς ΔΠΝ</p>	<p>Η μετα-ανάλυση κατέληξε ότι υπάρχουν υψηλότερες πελματιαίες πιέσεις στο μέσο τμήμα των πελμάτων των ασθενών με ΔΠΝ σε σχέση με το υγιές δείγμα</p>	<p>Η μετα-ανάλυση έδειξε ότι υπήρξαν υψηλότερες πελματιαίες πιέσεις στο πρόσθιο τμήμα του πέλματος των ασθενών με ΔΠΝ σε σύγκριση με το υγιές και διαβητικό χωρίς ΔΠΝ δείγμα</p>	<p>Η μετα-ανάλυση δεν ήταν</p>	

Πίνακας 3 Αποτελέσματα Ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των μυών κάτω άκρου της μετα-ανάλυσης Fernando et al. (2013)

,

κνημιαίου μυ	ΗΜΓ έξω κεφαλής γαστροκνημίου μυ	ΗΜΓ έσω κεφαλή γαστροκνημίου μυ	ΗΜΓ έξω πλατύ μηριαίου μυ	ΗΜΓ μακρό περνιαίου μυ	ΗΜΓ γλουτιαίο μηριαίο
γαλύτερη διάρκεια του κνημιαίου στους υγιείς 1 ότερη διάρκεια του κνημιαίου στους υγιείς	2 μελέτες βρήκαν χαμηλότερη διάρκεια στους ΔΠΝ σε σχέση με τους υγιείς	1 μελέτη βρήκε αυξημένη την διάρκεια δραστηριότητας των ΔΠΝ συγκριτικά με τους υγιείς	2 μελέτες έδειξαν αυξημένη διάρκεια δραστηριότητας στους ΔΠΝ σε σχέση με τους υγιείς	1 μελέτη έδειξε χαμηλότερη διάρκεια δραστηριότητας στους ΔΠΝ σε σχέση με τους υγιείς Ενώ άλλη 1 μελέτη βρήκε υψηλότερη στους ΔΠΝ	Μεμονωμένα μειωμένα στους διαβητικούς υγιείς
στο ότι δεν υπάρχει ενεργοποίηση στους υγιείς	Η μετα-ανάλυση δεν ήταν εφικτή				

και

. Μέσα στα αποτελέσματα υπήρξαν παράμετροι που αναλύθηκαν από μεμονωμένες έρευνες και για τον λόγο αυτό τα αποτελέσματα τους δεν θεωρήθηκαν σαφή και η μετα-ανάλυση δεν ήταν εφικτή.

Πίνακας 1 Αποτελέσματα χωροχρονικών παραμέτρων και κατακόρυφων δυνάμεων εδάφους (GRF) της μετα-ανάλυσης Fernando et al. (2013)

Ταχύτητα βάδισης	Μήκος βήματος	Φάση στάσης	Κατακόρυφη δύναμη αντίδρασης εδάφους (GRF) στην αρχική επαφή	Κατακόρυφη δύναμη αντίδρασης εδάφους (GRF) στην αιώρηση
3 μελέτες παρουσίασαν μειωμένη ταχύτητα βάδισης στους ασθενείς ΔΠΝ συγκριτικά με το υγιές δείγμα 2 μελέτες βρήκαν μειωμένη την ταχύτητα στους ασθενείς ΔΠΝ συγκριτικά με το υγιές δείγμα και τους διαβητικούς χωρίς ΔΠΝ Άλλες 2 μελέτες παρουσίασαν αυξημένη ταχύτητα στους ΔΠΝ σε σχέση με το υγιή και διαβητικό δείγμα χωρίς ΔΠΝ.	2 μελέτες παρατήρησαν μειωμένο μήκος βήματος στους ασθενείς με ΔΠΝ συγκριτικά με το υγιές δείγμα	3 μελέτες έδειξαν ότι υπήρξε μεγαλύτερη διάρκεια στην φάση στάσης των ασθενών με ΔΠΝ συγκριτικά με το υγιές και διαβητικό χωρίς ΔΠΝ δείγμα	3 μελέτες παρατήρησαν υψηλότερη κατακόρυφη δύναμη εδάφους στην αρχική επαφή στους ασθενείς με ΔΠΝ συγκριτικά με το υγιές και διαβητικό χωρίς ΔΠΝ δείγμα Ένω 1 μελέτη έδειξε χαμηλότερη δύναμη αντίδρασης εδάφους στους ΔΠΝ σε σχέση με το υγιές και διαβητικό χωρίς ΔΠΝ δείγμα	1 μελέτη έδειξε υψηλότερη δύναμη αντίδρασης εδάφους στους ΔΠΝ συγκριτικά με το υγιές και διαβητικό χωρίς ΔΠΝ δείγμα Ένω άλλη 1 μελέτη έδειξε χαμηλότερη δύναμη αντίδρασης εδάφους στους ΔΠΝ συγκριτικά με το υγιές και διαβητικό χωρίς ΔΠΝ δείγμα
Η μετα-ανάλυση κατέληξε ότι δεν υπήρχε κάποια σημαντική διαφορά της ταχύτητας βάδισης και του μήκους βήματος των ασθενών με ΔΠΝ σε σχέση με τους διαβητικούς χωρίς ΔΠΝ και το υγιές δείγμα		Η μετα-ανάλυση κατέληξε ότι οι ασθενείς με ΔΠΝ είχαν μεγαλύτερη διάρκεια στην φάση στάσης σε σχέση με το υγιές και διαβητικό χωρίς ΔΠΝ δείγμα	Η μετα-ανάλυση δεν ήταν εφικτή λόγω υψηλής ετερογένειας μεταξύ των μελετών	Η μετα-ανάλυση δεν ήταν εφικτή

Πίνακας 2 Αποτελέσματα Πελματιαίων πιέσεων τμημάτων του πέλματος και κινηματικής του κάτω άκρου της μετα-ανάλυσης Fernando et al. (2013)

Πελματιαία πίεση- οπίσθιο τμήμα πέλματος	Πελματιαία πίεση- μέσο τμήμα πέλματος	Πελματιαία πίεση- πρόσθιο τμήμα πέλματος	Μέγιστο εύρος κάμψης ισχίου (maxROM)	Μέγιστο εύρος έκτασης ισχίου (maxROM)	Μέγιστο εύρος κάμψης γόνατος (maxROM)	Μέγιστο εύρος έκτασης γόνατος (maxROM)	Μέγιστο εύρος πελματιαίας κάμψης (maxROM)	Μέγιστο εύρος ραχιαίας κάμψης (maxROM)
4 μελέτες παρουσίασαν μεγαλύτερες πελματιαίες πιέσεις στο οπίσθιο τμήμα του πέλματος στους ΔΠΝ συγκριτικά με το υγιές δείγμα 1 μελέτη έδειξε μεγαλύτερη πελματιαία πίεση στους ΔΠΝ συγκριτικά με τους διαβητικούς χωρίς ΔΠΝ	4 μελέτες βρήκαν υψηλότερες πελματιαίες πιέσεις στο μέσο τμήμα του πέλματος των ασθενών με ΔΠΝ συγκριτικά με το υγιές δείγμα	6 μελέτες έδειξαν υψηλότερες πελματιαίες πιέσεις στο πρόσθιο τμήμα του πέλματος των ασθενών με ΔΠΝ συγκριτικά με το υγιές και διαβητικό χωρίς ΔΠΝ δείγμα	Αυξημένο εύρος στους ΔΠΝ συγκριτικά με τους υγιείς	Μειωμένο εύρος στους ΔΠΝ συγκριτικά με τους υγιείς				
Η μετα-ανάλυση υψηλότερες πελματιαίες πιέσεις στο οπίσθιο τμήμα του πέλματος στους ασθενείς με ΔΠΝ συγκριτικά με το υγιές δείγμα Ενώ ήταν ασυνεπής στην σύγκριση των πελματιαίων πιέσεων των ασθενών με ΔΠΝ και τους διαβητικούς χωρίς ΔΠΝ	Η μετα-ανάλυση κατέληξε ότι υπάρχουν υψηλότερες πελματιαίες πιέσεις στο μέσο τμήμα των πελμάτων των ασθενών με ΔΠΝ σε σχέση με το υγιές δείγμα	Η μετα-ανάλυση έδειξε ότι υπήρξαν υψηλότερες πελματιαίες πιέσεις στο πρόσθιο τμήμα του πέλματος των ασθενών με ΔΠΝ σε σύγκριση με το υγιές και διαβητικό χωρίς ΔΠΝ δείγμα	Η μετα-ανάλυση δεν ήταν εφικτή					

Πίνακας 3 Αποτελέσματα Ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των μυών κάτω άκρου της μετα-ανάλυσης Fernando et al. (2013)

ΗΜΓ πρόσθιου κνημιαίου μυ	ΗΜΓ έξω κεφαλής γαστροκνημίου μυ	ΗΜΓ έσω κεφαλή γαστροκνημίου μυ	ΗΜΓ έξω πλατό μηριαίου μυ	ΗΜΓ μακρύ περονιαίου μυ	ΗΜΓ μέσου γλουτιαίου & ορθού μηριαίου μυ
2 μελέτες έδειξαν μεγαλύτερη διάρκεια ενεργοποίησης του πρόσθιου κνημιαίου στους ΔΠΝ σε σχέση με τους υγιείς 1 μελέτη έδειξε μικρότερη διάρκεια ενεργοποίησης του πρόσθιου κνημιαίου στους ΔΠΝ συγκριτικά με τους υγιείς	2 μελέτες βρήκαν χαμηλότερη διάρκεια δραστηριότητας στους ΔΠΝ σε σχέση με τους υγιείς	1 μελέτη βρήκε αυξημένη την διάρκεια δραστηριότητας των ΔΠΝ συγκριτικά με τους υγιείς	2 μελέτες έδειξαν αυξημένη διάρκεια δραστηριότητας στους ΔΠΝ σε σχέση με τους υγιείς	1 μελέτη έδειξε χαμηλότερη διάρκεια δραστηριότητας στους ΔΠΝ σε σχέση με τους υγιείς Ενώ άλλη 1 μελέτη βρήκε υψηλότερη στους ΔΠΝ	Μεμονωμένες έρευνες έδειξαν μειωμένη διάρκεια δραστηριότητας στους ΔΠΝ συγκριτικά με το διαβητικό δείγμα χωρίς ΔΠΝ και τους υγιείς
Η μετα-ανάλυση κατέληξε στο ότι δεν υπάρχει σημαντικά μεγαλύτερη διάρκεια ενεργοποίησης στους ΔΠΝ συγκριτικά με τους υγιείς	Η μετα-ανάλυση δεν ήταν εφικτή				

Πίνακας 4 Στοιχεία παραγωγής δύναμης και αρθρικές ροπές κάτω άκρου της μετα-ανάλυσης Fernando et al. (2013)

Δύναμη πέδησης και ώθησης	Μέγιστη αρχική και μέση φάση στήριξης	Μέγιστη δεύτερη φάση στήριξης	Μέγιστη ροπή πελματιαίας κάμψης	Μέγιστη ροπή έκτασης γόνατος	Μέγιστη ροπή κάμψης γόνατος	Μέγιστη ροπή έκτασης ισχίου	Μέγιστη ροπή κάμψης ισχίου
1 μελέτη έδειξε να είναι μειωμένη στους ΔΠΝ συγκριτικά με διαβητικούς χωρίς ΔΠΝ και υγιείς	Σε 1 μελέτη φάνηκαν αυξημένες στους ΔΠΝ συγκριτικά με διαβητικούς χωρίς ΔΠΝ και υγιείς		1 μελέτη έδειξε υψηλές τιμές στους ΔΠΝ συγκριτικά των διαβητικών χωρίς ΔΠΝ και των υγιών Ενώ 1 μελέτη χαμηλότερες τιμές στους ΔΠΝ απ' ότι στους υγιείς		2 μελέτες έδειξαν υψηλότερες τιμές στους ΔΠΝ συγκριτικά των διαβητικών χωρίς ΔΠΝ και των υγιών	1 μελέτη έδειξε υψηλότερες τιμές στους ΔΠΝ συγκριτικά των διαβητικών χωρίς ΔΠΝ και των υγιών	2 μελέτες έδειξαν μειωμένες τ συγκριτικά των διαβητικών χωρίς ΔΠΝ και των υγιών τιμές στους ΔΠΝ
Η μετα-ανάλυση έδειξε πως δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές							

Έπειτα σε δεύτερο χρόνο δημοσιεύτηκε μία δεύτερη μετα-ανάλυση του Hazari *et al.* (2016) και συμπλήρωσε δεδομένα για τα ήδη υπάρχοντα αποτελέσματα της μετα-ανάλυσης Fernando *et al.*, (2013) , πρόσθεσε ακόμη αποτελέσματα νέων παραμέτρων ενώ περιείχε και κοινά αποτελέσματα από τις ίδιες έρευνες. Στην μετα-ανάλυση αυτή συμπεριλήφθηκαν 25 έρευνες από το χρονολογικό έτος 2000 έως το 2015, οι ομάδες που ελέγχθηκαν και συγκρίθηκαν ήταν ασθενείς με ΔΠΝ, ασθενείς με διαβήτη χωρίς ΔΠΝ και υγιή άτομα με μέσο όρο ηλικίας τα 57 έτη, παρόμοιο BMI με μέσο όρο τα 27 kg/.m³ και με μέσο όρο νόσησης σε έτη με διαβήτη τα 13 έτη. Το σύνολο των συμμετεχόντων απαρτιζόνταν από εξωτερικούς ασθενείς, εσωτερικούς νοσοκομειακούς ασθενείς και εθελοντές. Οι παράμετροι που αναλύθηκαν ήταν χωροχρονικές παράμετροι, κινητική, κινηματική, δυνάμεις αντίδρασης εδάφους και αρθρικές ροπές του κάτω άκρου. Από την μετα-ανάλυση προήλθαν αποτελέσματα που φανέρωσαν σημαντικές διαφορές των ασθενών με ΔΠΝ σε σύγκριση με τους υγιείς ως προς τις χωροχρονικές παραμέτρους και την κινηματική του κάτω άκρου. Συγκεκριμένα αναλυτικά παρατίθενται στους παρακάτω πίνακες (Πίνακας 5, Πίνακας 6) τα επιπλέον αποτελέσματα που συμπλήρωσαν την παλαιότερη μετα-ανάλυση Fernando *et al.* (2013) .

Πίνακας 5 Χωροχρονικές παράμετροι και κινηματική κάτω άκρου της μετα-ανάλυσης Hazari *et al.* (2016)

Ταχύτητα βάρδισης	Μήκος βήματος	Φάση στάσης	Μέγιστο εύρος κάμψη γόνατος (maxROM)	Μέγιστο εύρος πελματιαίας κάμψης (maxROM)
2 μελέτες έδειξαν ότι ήταν μειωμένη στους ΔΠΝ συγκριτικά των υγιών	3 μελέτες φανέρωσαν μειωμένο μήκος βήματος στους ΔΠΝ συγκριτικά των υγιών	3 μελέτες φανέρωσαν αυξημένη διάρκεια στην φάση στάσης στους ΔΠΝ συγκριτικά των υγιών	1 μελέτη έδειξε αυξημένο στους ΔΠΝ συγκριτικά των υγιών	2 μελέτες έδειξαν μειωμένο στους ΔΠΝ συγκριτικά των υγιών Ενώ σε 4 μελέτες δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές
Η μετα-ανάλυση κατέληξε ότι ήταν αυξημένη στους ΔΠΝ συγκριτικά των υγιών και των διαβητικών χωρίς ΔΠΝ Ωστόσο υπήρξε υψηλή ετερογένεια μεταξύ των μελετών	Η μετα-ανάλυση κατέληξε ότι οι ΔΠΝ έχουν μειωμένο μήκος βήματος συγκριτικά των υγιών Ωστόσο υπήρξε υψηλή ετερογένεια μεταξύ των μελετών	Η μετα-ανάλυση κατέληξε ότι οι ΔΠΝ έχουν αυξημένη διάρκεια στην φάση στάσης συγκριτικά των υγιών Ωστόσο υπήρξε υψηλή ετερογένεια μεταξύ των μελετών	Από την μετα-ανάλυση δεν βρέθηκαν διαφορές μεταξύ των ομάδων ΔΠΝ και υγιών	

Πίνακας 6 Κινητική, δύναμη αντίδρασης εδάφους (GRF), αρθρικές ροπές και ακαμψία αρθρώσεων κάτω άκρου της μετα-ανάλυσης Hazari et al. (2016)

Πελματιαίες πιέσεις-πρόσθιο τμήμα πέλματος	Πελματιαίες πιέσεις-οπίσθιο τμήμα πέλματος	Πελματιαίες πιέσεις-μέσο τμήμα πέλματος	Κατακόρυφη δύναμη αντίδρασης εδάφους (GRF) στην αρχική επαφή και στην αιώρηση	Μέγιστη ροπή πελματιαίας κάμψης	Ακαμψία αρθρώσεων ΠΔΚ και γόνατος
4 μελέτες έδειξαν υψηλότερες πιέσεις στους ΔΠΝ συγκριτικά των υγιών	4 μελέτες βρήκαν μη σημαντικές διαφορές μεταξύ των ΔΠΝ σε σχέση με τους υγιείς		1 μελέτη βρήκε μη σημαντικές διαφορές μεταξύ των ΔΠΝ σε σχέση με τους υγιείς	2 μελέτες βρήκαν μειωμένες στους ΔΠΝ σε σχέση με τους υγιείς	1 μελέτη βρήκε αυξημένη ακαμψία στους ΔΠΝ συγκριτικά των διαβητικών χωρίς ΔΠΝ
Η μετα-ανάλυση έδειξε σημαντική αύξηση στους ΔΠΝ σε σχέση με τους υγιείς Ωστόσο υπήρξε μεγάλη ετερογένεια μεταξύ των μελετών	Η μετα-ανάλυση δεν ήταν εφικτή			Η μετα-ανάλυση κατέληξε ότι υπήρξε σημαντική μείωση στους ΔΠΝ συγκριτικά των υγιών	Η μετα-ανάλυση δεν ήταν εφικτή

ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΤΟΧΟΙ

Σκοπός της συγκεκριμένης ανασκόπησης της αρθρογραφίας είναι η συλλογή και ανάλυση των ερευνών των νεότερων επιστημονικών δεδομένων από την μετα-ανάλυση του (Hazafi *et al.*, 2016) και έπειτα, σχετικά με τους παράγοντες που δημιουργούν αλλαγές στην εμβιομηχανική των κάτω άκρων λόγω της διαβητικής περιφερικής νευροπάθειας. Μέσα από την έρευνα της αρθρογραφίας διαπιστώθηκαν κενά και ελλείψεις ως προς την συλλογή των παραμέτρων αυτών. Στόχος είναι να συλλεγούν όσο περισσότερα δεδομένα ερευνών υφίστανται και να συσχετιστούν με τις αρνητικές τους επιδράσεις στα κάτω άκρα των ασθενών με ΔΠΝ. Η κατανόηση των επιπτώσεων αυτών θα συμβάλουν στην πρόληψη τραυματισμών και ελκών των κάτω άκρων στοχεύοντας στην βελτίωση της υγείας, της λειτουργικότητας, της ανεξαρτησίας και της ποιότητας ζωής των ατόμων με διαβήτη και ΔΠΝ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^Ο: ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

4.1 Στρατηγική Αναζήτησης

Η αναζήτηση της αρθρογραφίας και βιβλιογραφίας έγινε μέσω βάσεων δεδομένων του Google Scholar και Pubmed προκειμένου να συλλεχθούν δεδομένα για τις εμβιομηχανικές παραμέτρους που αφορούν τα κάτω άκρα ως προς τις χωροχρονικές παραμέτρους (ταχύτητα βάρδισης, του μήκους διασκελισμού, ρυθμός βάρδισης), την κινηματική (εύρος κίνησης, οι αρθρικές ροπές), την κινητική (πελματιαίες πιέσεις, δυνάμεις αντίδρασης εδάφους) και το ηλεκτρομυογράφημα των μυών των κάτω άκρων, μέσα από στατικές και δυναμικές δοκιμασίες βάρδισης.

Οι μελέτες είχαν χρονικό περιορισμό και η αναζήτηση έγινε μέσα στις χρονολογίες από 2015 έως σήμερα δηλαδή από την τελευταία μετα-ανάλυση του Hazari *et al.* (2016) και μετά, προκειμένου να αναβαθμιστεί η υφιστάμενη γνώση για το θέμα. Τα δείγματα των ερευνών που αναλύονται βρίσκονται σε παρόμοιες ηλικιακές ομάδες εκτός από μία μελέτη που αφορούσε ηλικιωμένους με ηλικία άνω των 65 ετών του Kang *et al.* (2020) ενώ σε όσες μελέτες αναφέρεται ο ΔΜΣ και ο χρόνος νόσησης από διαβήτη ήταν σε παρόμοιες τιμές. Οι λέξεις κλειδιά και συνδυασμός αυτών που χρησιμοποιήθηκαν στην μηχανή αναζήτησης του Pubmed με την χρήση του λογικού τελεστή “AND” στην ανασκόπηση είναι: biomechanical, foot biomechanics, kinetic, kinematic, kinetics/ kinematics assessment AND diabetic peripheral neuropathy, diabetes, diabetic foot, plantar pressure/ gait AND diabetic peripheral neuropathy, gait parameters/ spatiotemporal gait characteristics AND diabetic peripheral neuropathy, diabetic peripheral neuropathy AND joint moments, diabetic peripheral neuropathy AND muscle strength, diabetic peripheral neuropathy AND gait analysis, diabetic peripheral neuropathy AND gait phases, diabetic peripheral neuropathy AND electromyography, diabetic peripheral neuropathy AND GRF. Παρουσιάζεται ενδεικτικά η αναζήτηση στην παρακάτω εικόνα:

#22	***	>	Search: diabetic peripheral neuropathy AND spatiotemporal characteristics Filters: from 2015 - 2021	2	02:37:58
#20	***	>	Search: diabetic peripheral neuropathy AND biomechanics Filters: from 2015 - 2021	93	02:36:38
#18	***	>	Search: diabetic peripheral neuropathy AND joint moments Filters: from 2015 - 2021	8	02:36:08
#15	***	>	Search: diabetic peripheral neuropathy AND muscle strength Filters: from 2015 - 2021	92	02:35:37
#12	***	>	Search: diabetic peripheral neuropathy AND electromyography Filters: from 2015 - 2021	99	02:34:20
#10	***	>	Search: diabetic peripheral neuropathy AND plantar pressure Filters: from 2015 - 2021	93	02:33:50
#8	***	>	Search: diabetic peripheral neuropathy AND gait phases Filters: from 2015 - 2021	20	02:33:22
#6	***	>	Search: diabetic peripheral neuropathy AND gait analysis Filters: from 2015 - 2021	65	02:32:56
#4	***	>	Search: diabetic peripheral neuropathy AND kinematics Filters: from 2015 - 2021	66	02:32:32
#2	***	>	Search: diabetic peripheral neuropathy AND kinetics Filters: from 2015 - 2021	37	02:32:07

Εικόνα 1 Διαδικασία αναζήτησης αρθρογραφίας στο Pubmed

Ο συνολικός αριθμός από την αναζήτηση των μελετών με τον παραπάνω τρόπο ήταν 575 έρευνες. Στη συνέχεια ελέγχθηκαν οι τίτλοι και οι περιλήψεις για την συσχέτιση με το θέμα και σε δεύτερο χρόνο μελετήθηκε ολόκληρο το περιεχόμενό τους για τον αποκλεισμό τους ή την συμπερίληψή τους στην ανασκόπηση.

4.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Μέσω της στρατηγικής αναζήτησης που αναφέρθηκε εντάχθηκαν 17 έρευνες στην ανασκόπηση που σχετίζονται με τις εμβιομηχανικές παραμέτρους που επηρεάζονται λόγω της διαβητικής περιφερικής νευροπάθειας σε διαβητικούς ασθενείς. Στους παρακάτω πίνακες αναφέρονται όλες οι μελέτες, το δείγμα που χρησιμοποιήθηκε, οι μέθοδος και τα εργαλεία μέτρησης των παραμέτρων, ο σκοπός, οι παράμετροι, καθώς και τα αποτελέσματα αυτών ενώ τέλος το συμπέρασμα για κάθε έρευνα. Οι πίνακες έχουν διαχωριστεί ανάλογα με το είδος των παραμέτρων που αναλύουν ή με την μέθοδο που πραγματοποιήθηκαν οι μελέτες. Από τις 17 μελέτες που βρέθηκαν 1 μελέτη ανέλυσε την βάδιση με εμπόδια διαφορετικών υψών (Hsu, Liu and Lu, 2016)

Μία μελέτη ανέλυσε το ανεβοκατέβασμα σε σκαλιά (Brown *et al.*, 2016). Μία μελέτη ανέλυσε την βάρδια σε μία δοκιμασία dual-task όπου τα άτομα βάρδιζαν ελεύθερα ενώ ταυτόχρονα μετρούσαν αντίστροφα, ενώ η ίδια μελέτη ήταν η μοναδική που ασχολήθηκε μόνο με δείγμα ασθενών και υγιών άνω των 65 ετών (Kang *et al.*, 2020). Όλες οι υπόλοιπες μελέτες συμπεριλάβαν δείγμα κατά μέσο όρο ηλικίας μεταξύ 32 και 66 ετών. Ο πιο συχνός τρόπος καταγραφής της κίνησης που παρατηρήθηκε σε 8 μελέτες (Hsu, Liu and Lu 2016; Brown *et al.* 2016; Sacco *et al.* 2015; Petrovic *et al.* 2017; Petrovic *et al.* 2019; Scarton *et al.* 2017; Henderson 2018) ήταν η σύλληψη κίνησης από ένα σύστημα καμερών και αντανακλαστικών σημαδιών τοποθετημένων πάνω σε συγκεκριμένες αρθρώσεις ή σημεία. Πέρα από αυτό τον τρόπο χρησιμοποιήθηκαν και άλλα εργαλεία για την μέτρηση παραμέτρων όπως το ισοκινητικό δυναμόμετρο και δυναμοπλατφόρμες.

4.2.1 Αποτελέσματα ερευνών για χωροχρονικές παραμέτρους των ΔΠΝ ασθενών (Πίνακας 7)

Όσο αφορά τις χωροχρονικές παραμέτρους, 4 μελέτες ανέφεραν αποτελέσματα για την ταχύτητα βάρδιας η οποία φάνηκε να είναι μειωμένη στους ΔΠΝ ασθενείς συγκριτικά με υγιείς και διαβητικούς χωρίς ΔΠΝ (Brown *et al.* 2016; Camargo *et al.* 2015; Kang *et al.* 2020; Henderson *et al.* 2019). Ο Brown *et al.* 2016 ασχολήθηκε συνολικά με 93 άτομα που χωρίστηκαν σε 3 ομάδες, μία ομάδα με 22 ΔΠΝ ασθενείς, άλλη με 39 διαβητικούς χωρίς ΔΠΝ και μία ομάδα 32 υγιή άτομα. Η μέθοδος που χρησιμοποίησε ήταν να πραγματοποιήσει μέτρηση των αρθρικών ροών των κάτω άκρων ασθενών με ΔΠΝ, διαβητικούς χωρίς ΔΠΝ και υγιή άτομα κατά τη βάρδια σε σκαλιά φορώντας ειδικά υποδήματα. Ακόμη 59 από τους συμμετέχοντες αξιολογήθηκαν ως προς τη μέγιστη ισοκινητική αρθρική ροπή της ΠΔΚ και του γόνατος (μυϊκή δύναμη). Η κινητική των ατόμων μετρήθηκε με 4 δυναμοπλατφόρμες. Η κινηματική μετρήθηκε με την χρήση 10 καμερών Vicon σύστημα και 56 αντανακλώμενων σημαδιών. Η μέγιστη ισοκινητική ροπή των αρθρώσεων μετρήθηκαν με ισοκινητικό δυναμόμετρο. Οι χωροχρονικές παράμετροι μετρήθηκαν μέσα από δοκιμασίες ανεβοκατεβάσματος σκαλιών με αυτοεπιλεγούμενη ταχύτητα βάρδιας. Η ανάλυση των μεταβλητών αναλύθηκαν από μία ανάλυση one-way. Σκοπός της συγκεκριμένης έρευνας ήταν να διερευνήσει την εμβιομηχανική των κάτω άκρων κατά την διάρκεια βάρδιας σε σκαλιά ασθενών με διαβήτη με και χωρίς ΔΠΝ. Τα αποτελέσματα που έδωσε σε σχέση με την ταχύτητα βάρδιας ήταν μειωμένη ταχύτητα βάρδιας κατά την ανάβαση και κατάβαση σκάλας στους ΔΠΝ συγκριτικά των άλλων ομάδων. Τα συμπεράσματα που έβγαλε ήταν ότι οι ΔΠΝ ασθενείς

είχαν μειωμένη ταχύτητα βάρδισης κατά την διάρκεια βάρδισης στα σκαλιά που σχετίζεται με την μειωμένη μυϊκή δύναμη του κάτω άκρου. Παρατηρήθηκε επίσης υψηλές λειτουργικές δυνάμεις κατά την κάθοδο των σκαλιών οδηγώντας σε αστάθεια. Η έρευνα του Camargo *et al.* (2015) ασχολήθηκε με συνολικά 60 άτομα, 2 ομάδες, 30 ΔΠΝ ασθενών και 30 υγιών. Η μέθοδος που ακολούθησε ήταν μετρήσεις των χωροχρονικών παραμέτρων κατά την βάρδιση μιας καθορισμένης απόστασης 11 μέτρων κατά την διάρκεια αυτοεπιλεγούμενης και μέγιστης ταχύτητας βάρδισης. Μετρήθηκε ακόμη η λειτουργική ικανότητα και απόδοση ισορροπίας με τις δοκιμασίες Time Up and Go και Functional Reach Test. Η ισομετρική μυϊκή δύναμη της ΠΔΚ υπολογίστηκε με ψηφιακό δυναμόμετρο. Σκοπός της ήταν η αξιολόγηση της ισορροπίας, της μυϊκής δύναμης της ΠΔΚ και οι χωροχρονικές παράμετροι των ατόμων με ΔΠΝ. Ακόμη άλλος στόχος ήταν να εξακριβωθεί αν τα ελλείμματα στις χωροχρονικές παραμέτρους σχετίζονται με την μειωμένη μυϊκή δύναμη στην ΠΔΚ και την ισορροπία. Τα αποτελέσματα που έδωσε σχετικά με την ταχύτητα βάρδισης ήταν μειωμένη ταχύτητα βάρδισης των ΔΠΝ ασθενών συγκριτικά των υγιών. Τα συμπεράσματα που έβγαλε ήταν ότι η λειτουργική κινητικότητα και η ισορροπία των ΔΠΝ ασθενών είναι σημαντικά επηρεασμένες καθώς η ισορροπία και η μυϊκή δύναμη της ΠΔΚ είναι παράγοντες που προβλέπουν τις χωροχρονικές παραμέτρους στους ΔΠΝ. Ο Kang *et al.* (2020) μελέτησε δείγμα ατόμων στο σύνολο 71 άτομα, 2 ομάδων, 38 ΔΠΝ ασθενών και 33 υγιών. Σε αυτή την μελέτη πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση των βημάτων, ταχύτητας, απόστασης και δυναμική ισορροπίας στη φάση έναρξης της βάρδισης χρησιμοποιώντας έναν αλγόριθμο με βάση την εφαρμογή αισθητήρων σε ηλικιωμένα άτομα άνω των 65 ετών, με ταυτόχρονη εκτέλεση single-task και dual-task δοκιμασίες. Όλοι οι συμμετέχοντες βάρδισαν ανεξάρτητα για τουλάχιστον 10 μέτρα. Κατά την single-task πραγματοποίησαν ανεξάρτητη χαλαρή βάρδιση ενώ κατά την dual-task κανονική βάρδιση με ταυτόχρονη αντίστροφη μέτρηση. Σκοπός την μελέτης ήταν ο προσδιορισμός της πιθανής συμβολής των μεταβλητών της έναρξης της βάρδισης στον εντοπισμό του βαθμού επιρροής της ΔΠΝ στην βάρδιση. Τα αποτελέσματα για την ταχύτητα βάρδισης ήταν μειωμένη ταχύτητα βάρδισης και στις δύο δοκιμασίες στους ΔΠΝ ασθενείς. Ενώ τα συμπεράσματα που έβγαλε ήταν ότι η ΔΠΝ σχετίζεται με διαταραχές στην φάση έναρξης σε ΔΠΝ ασθενείς. Τα δεδομένα της απόστασης, του ρυθμού βημάτων ώστε να φτάσει η βάρδιση σε σταθερή κατάσταση καθώς και η πλάγια ταλάντευση του σώματος κατά την βάρδιση υποδηλώνουν την διαταραχή της βάρδισης λόγω της ΔΠΝ. Η μελέτη του Henderson *et al.* (2019) ασχολήθηκε με συνολικά 28 άτομα, 2 ομάδες, 14 ΔΠΝ ασθενείς και 14 υγιής. Διεξήχθη ανάλυση βάρδισης σε ασθενείς με ΔΠΝ και υγιή άτομα με ελεγχόμενη ταχύτητα 1 m/s και με αυτοεπιλεγούμενη ταχύτητα. Χρησιμοποιήθηκε ένα μοντέλο ολόκληρου του σώματος και πολλαπλά τμήματα του πέλματος

για την μέτρηση της αντίστροφης δυναμικής και ανάλυση των μετρήσεων του οβελιαίου επιπέδου και κυματομορφών χρονοσειρών σε όλη την φάση στάσης. Σκοπός της ήταν η αξιολόγηση της μηχανικής της βάδισης και ενεργειακής δράσης στην ΔΠΝ. Τα αποτελέσματα σχετικά με την ταχύτητα βάδισης ήταν μειωμένη ταχύτητα βάδισης στην αυτοεπιλεγούμενη ταχύτητας βάδιση των ΔΠΝ ασθενών συγκριτικά των υγιών. Το συμπέρασμα από τα δεδομένα προκύπτουν ήταν ότι υπάρχουν δύο μηχανισμοί αντιστάθμισης στους ΔΠΝ ασθενείς. Ο πρώτος φαίνεται να χρησιμοποιεί την αύξηση της δύναμης του γαστροκνημίου και του υποκνημίδιου στην τελική φάση στάσης για να αυξήσει την ιδιοδεκτικότητα και την αποθήκευση ενέργειας ενώ η παρατεταμένη έκταση ισχίου αντισταθμίζει την μειωμένη ώθηση των δακτύλων του πέλματος.

Το μήκος βήματος φάνηκε μειωμένο στους ΔΠΝ ασθενείς όπως φάνηκε σε 3 μελέτες (Lamola *et al.* 2015; Petrovic *et al.* 2017; Petrovic *et al.* 2019). Ο ρυθμός βάδισης μετρήθηκε σε 2 μελέτες όπου φάνηκε μειωμένος στους ΔΠΝ ασθενείς σε όλες τις ελεγχόμενες ταχύτητες βάδισης (Petrovic *et al.* 2019; Petrovic *et al.* 2017). Η μελέτη Lamola *et al.* (2015) είχε σύνολο 30 άτομα δείγμα, σε 3 ομάδες, 10 ΔΠΝ ασθενών, 10 διαβητικών χωρίς ΔΠΝ και 10 ΔΠΝ με έλκη. Στην μεθοδολογία περιλαμβάνονταν ανάλυση βάδισης σε 3D μορφή με αυτοεπιλεγούμενη ταχύτητα, μέτρηση χωροχρονικών, κινηματικής, κινητικής παραμέτρου στις αρθρώσεις της ΠΔΚ και των πελμάτων. Η σύγκριση των δεδομένων έγινε με χρήση 1-way ANOVA και την δοκιμασία Tukey HSD. Σκοπός της ήταν η προσπάθεια να εντοπιστούν οι πρώτοι εμβιομηχανικοί παράγοντες που σχετίζονται με την εξέλιξη της ΔΠΝ. Τα αποτελέσματα σχετικά με το μήκος βήματος ήταν μικρότερο μήκος βήματος στους ΔΠΝ ασθενείς συγκριτικά με τις άλλες 2 ομάδες. Από τα αποτελέσματα βγήκε το συμπέρασμα ότι η κινηματική των τμημάτων του πέλματος, μαζί με το μήκος βήματος μπορούν να θεωρηθούν δείκτες επιδείνωσης της ΔΠΝ. Έτσι να δημιουργηθούν στόχοι για πρόληψη της περαιτέρω επιδείνωσης. Ο Petrovic *et al.* (2017) είχε σύνολο 67 άτομα, σε 3 ομάδες, 14 ΔΠΝ ασθενείς, 22 διαβητικούς χωρίς ΔΠΝ και 31 υγείς. Στην μέθοδο πραγματοποιήθηκε ανάλυση βάδισης χρησιμοποιώντας ένα σύστημα ανάλυσης κίνησης Vicon ενώ οι δυνάμεις αντίδρασης εδάφους μετρήθηκαν από 3 δυναμοπλατφόρμες κατά την βάδιση σε ελεγχόμενες ταχύτητες βάδισης. Σκοπός της ήταν να διερευνήσει την κατακόρυφη μετατόπιση του κέντρου μάζας και του μήκους βήματος ως πιθανό παράγοντα για το αυξημένο μεταβολικό κόστος βάδισης στα άτομα με διαβήτη. Τα αποτελέσματα που ανέφερε ήταν μικρότερο μήκος βήματος και αυξημένο ρυθμό βάδισης στους ΔΠΝ ασθενείς συγκριτικά των άλλων ομάδων. Τέλος στη μελέτη του Petrovic *et al.* (2019) χρησιμοποιήθηκε σύνολο 67 άτομα, σε 3 ομάδες, 14 ΔΠΝ ασθενείς, 22 διαβητικοί χωρίς ΔΠΝ και 31 υγείς. Οι συμμετέχοντες υποβλήθηκαν με την χρήση ενός

συστήματος ανάλυσης κίνησης και δυναμοπλατφόρμες σε ανάλυση βάδισης σε ταχύτητες ανάμεσα σε 0,6 και 1,6 m/s και απόσταση βάδισης στα 10 μέτρα. Μετρήθηκε ακόμη το μεταβολικό κόστος βάδισης και η κατακόρυφη μετατόπιση κέντρου μάζας σώματος. Τα δεδομένα της κινηματικής μετρήθηκαν το σύστημα ανίχνευσης κίνησης 10 καμερών Vicon. Σκοπός της ήταν η διερεύνηση του μήκους βήματος ως πιθανό παράγοντα της κατακόρυφης μετατόπισης του κέντρου μάζας και επεξηγηματικά παράγοντας του αυξημένου μεταβολικού κόστους βάδισης στα άτομα με διαβήτη. Τα αποτελέσματα που βρήκε ήταν μειωμένο μήκος βήματος σε όλες τις ταχύτητες βάδισης και αυξημένο ρυθμό βάδισης σε όλες τις ταχύτητες βάδισης στους ΔΠΝ συγκριτικά με τις υπόλοιπες ομάδες. Τα συμπεράσματα που ανέφερε ήταν ότι το μικρότερο μήκος βήματος στους ΔΠΝ και διαβητικούς ασθενείς φαίνεται να μην επηρεάζει την κατακόρυφη μετατόπιση του κέντρου μάζας, αυτό μπορεί να συμβαίνει στην συγκεκριμένη μελέτη λόγω της προσαρμογής των ατόμων αυτών σε ένα διαφορετικό αλλά βέλτιστο μήκος βήματος, παραμένοντας όμως μικρότερο σε σχέση με τους υγιείς.

Πίνακας 7 Χαρακτηριστικά και αποτελέσματα ερευνών σχετικά με τις χωροχρονικές παραμέτρους κατά την βάδιση

Άρθρο-Έτος	Δείγμα	Μέθοδος-Εργαλεία	Σκοπός	Παράμετροι	Αποτελέσματα	Συμπέρασμα
Kang <i>et al.</i> (2020)	Σύνολο:71 άτομα, 2 ομάδες, ΔΠΝ ασθενείς: 38 Υγιείς: 33	<ul style="list-style-type: none"> Αξιολόγηση των βημάτων, ταχύτητας, απόστασης και δυναμική ισορροπίας στη φάση έναρξης της βάδισης Χρήση αλγόριθμου με βάση την εφαρμογή αισθητήρων και εκτέλεση single-task και dual-task δοκιμασίες. Οι συμμετέχοντες βάδισαν για τουλάχιστον 10 μέτρα. Στην single-task πραγματοποίησαν ανεξάρτητη χαλαρή βάδιση ενώ κατά την 	Ο προσδιορισμός της πιθανής συμβολής των μεταβλητών της έναρξης της βάδισης στον εντοπισμό του βαθμού επιρροής της ΔΠΝ στην βάδιση	1.Ταχύτητα βάδισης 2.Αριθμός βημάτων 3.Πλάγιες ταλαντώσεις σώματος	ΔΠΝ ασθενείς: 1. Μειωμένη ταχύτητα βάδισης και στις δύο δοκιμασίες ($p < 0.05$) 2. Αυξημένος μέσος αριθμός βημάτων στην single-task δοκιμασία ($p < 0.05$) 3. Αυξημένος αριθμός βημάτων και απόστασης για σταθερή κατάσταση βάδισης ($p < 0.05$) κατά την dual-task δοκιμασία	Η ΔΠΝ σχετίζεται με διαταραχές στην φάση έναρξης σε ΔΠΝ ασθενείς. Τα δεδομένα της απόστασης, του ρυθμού βημάτων ώστε να φτάσει η βάδιση σε σταθερή κατάσταση καθώς και η πλάγια ταλάντευση του σώματος κατά την βάδιση υποδηλώνουν την διαταραχή της βάδισης λόγω της ΔΠΝ.

		dual-task κανονική βάρδιση με ταυτόχρονη αντίστροφη μέτρηση.			4.Αυξημένες πλάγιες ταλαντώσεις του σώματος ($p < 0.05$) κατά την dual-task δοκιμασία. Σημαντική στατιστική διαφορά συγκριτικά των υγιών	
Petrovic <i>et al.</i> (2019)	Σύνολο: 67 άτομα, 3 ομάδες, ΔΠΝ ασθενείς: 14 Διαβητικοί χωρίς ΔΠΝ: 22 Υγιής: 31	<ul style="list-style-type: none"> Χρήση ενός συστήματος ανάλυση κίνησης και δυναμοπλατφόρμες και τη βάρδιση σε ταχύτητες ανάμεσα σε 0,6 και 1,6 m/s και απόσταση βάρδισης στα 10 μέτρα. Μετρήθηκε το μεταβολικό κόστος βάρδισης και η κατακόρυφη μετατόπιση κέντρου μάζας σώματος. Τα δεδομένα της κινηματικής μετρήθηκαν το σύστημα ανίχνευσης κίνησης 10 καμερών Vicon. 	Διερεύνηση του μήκους βήματος ως πιθανό παράγοντα της κατακόρυφης μετατόπισης του κέντρου μάζας και επεξηγηματικά παράγοντας του αυξημένου μεταβολικού κόστους βάρδισης στα άτομα με διαβήτη	<ol style="list-style-type: none"> Μήκος βήματος Ρυθμός βάρδισης 	<p>ΔΠΝ ασθενείς:</p> <ol style="list-style-type: none"> Μειωμένο μήκος βήματος σε όλες τις ταχύτητες βάρδισης ($p < 0.01$) Αυξημένος ρυθμός βάρδισης σε όλες τις ταχύτητες βάρδισης ($p < 0.01$) <p>Σημαντική στατιστική διαφορά συγκριτικά των υγιών</p>	Το μικρότερο μήκος βήματος στους ΔΠΝ και διαβητικούς ασθενείς φαίνεται να μην επηρεάζει την κατακόρυφη μετατόπιση του κέντρου μάζας, αυτό μπορεί να συμβαίνει στην συγκεκριμένη μελέτη λόγω της προσαρμογής των ατόμων αυτών σε ένα διαφορετικό αλλά βέλτιστο μήκος βήματος, παραμένοντας όμως μικρότερο σε σχέση με τους υγιείς.
Brown <i>et al.</i> (2016)	Σύνολο: 93 άτομα, 3 ομάδες ΔΠΝ ασθενείς: 22 Διαβητικοί χωρίς ΔΠΝ:39 Υγιής:32	<p>Πραγματοποιήθηκε:</p> <ul style="list-style-type: none"> μέτρηση αρθρικών ροπών κάτω άκρων ασθενών με ΔΠΝ, διαβητικούς χωρίς ΔΠΝ και υγιή άτομα κατά το ανεβοκατέβασμα σκαλιών φορώντας ειδικά υποδήματα. 59 συμμετέχοντες αξιολογήθηκαν στη μέγιστη ισοκινητική αρθρική ροπή της ΠΔΚ και του γόνατος (μυϊκή δύναμη). 	Διερεύνηση εμβιομηχανικής κάτω άκρων κατά την διάρκεια βάρδισης σε σκαλιά ασθενών με διαβήτη με και χωρίς ΔΠΝ	<ol style="list-style-type: none"> Μέγιστες αρθρικές ροπές ΠΔΚ και γόνατος Μυϊκή δύναμη ΠΔΚ και γόνατος Ταχύτητα βάρδισης Λειτουργικές δυνάμεις ΠΔΚ και γόνατος 	<ol style="list-style-type: none"> ΔΠΝ & διαβητικοί ασθενείς: μειωμένη ταχύτητα βάρδισης κατά την ανάβαση και κατάβαση σκάλας ($p < 0.05$) ΔΠΝ ασθενείς: Μειωμένες μέγιστες ροπές στην ΠΔΚ και γόνατο κατά την ανάβαση ($p < 0.05$) και μειωμένη ροπή στο γόνατο κατά την κατάβαση ($p < 0.05$) ΔΠΝ ασθενείς: Μειωμένη μυϊκή δύναμη των μυών του γόνατος και ΠΔΚ ($p < 0.05$) 	Μειωμένη ταχύτητα βάρδισης στους ΔΠΝ κατά την διάρκεια βάρδισης στα σκαλιά με συσχέτιση της μειωμένης μυϊκής δύναμη του κάτω άκρου. Υψηλές λειτουργικές δυνάμεις κατά την κάθοδο των σκαλιών οδηγώντας σε αστάθεια.

		<ul style="list-style-type: none"> • Η κινηματική μετρήθηκε με την χρήση 10 καμερών Vicon σύστημα και 56 αντανακλώμενων σημαδιών. • Η μέγιστη ισοκινητική ροπή των αρθρώσεων μετρήθηκαν με ισοκινητικό δυναμόμετρο 			4. Αυξημένες λειτουργικές δυνάμεις στην ΠΔΚ και γόνατο των ΔΠΝ κατά την κατάβαση ($p < 0.05$) Σημαντική στατιστική διαφορά με τους υγιείς.	
Camargo <i>et al.</i> (2015)	Σύνολο: 60 άτομα, 2 ομάδες ΔΠΝ ασθενείς: 30 Υγιής: 30	<ul style="list-style-type: none"> • Μέτρηση χωροχρονικών παραμέτρων κατά την βάρδιση 11 μέτρων με αυτοεπιλεγούμενης και μέγιστης ταχύτητας βάρδισης. • Η λειτουργική ικανότητα και απόδοση ισορροπίας μετρήθηκαν με τις δοκιμασίες Time Up and Go και Functional Reach Test. • Η ισομετρική μυϊκή δύναμη της ΠΔΚ υπολογίστηκε με ψηφιακό δυναμόμετρο. 	Αξιολόγηση ισορροπίας, μυϊκής δύναμης της ΠΔΚ και χωροχρονικών παραμέτρων ατόμων με ΔΠΝ. Εξακριβωση συσχέτισης ελλείμματος στις χωροχρονικές παραμέτρους με την μειωμένη μυϊκή δύναμη στην ΠΔΚ και την ισορροπία.	1. Ταχύτητα βάρδισης 2. Μυϊκή δύναμη	ΔΠΝ ασθενείς: 1. Μειωμένη ταχύτητα βάρδισης ($p < 0.001$) Σημαντική στατιστική συγκριτικά των υγιών κατά την αυτοεπιλεγούμενη ταχύτητα βάρδισης. 2. Μειωμένη μυϊκή δύναμη στους ραχιαίους ($p < 0.001$) και πελματιαίους καμπτήρες ($p < 0.001$) της ΠΔΚ	Η λειτουργική κινητικότητα και η ισορροπία των ΔΠΝ ασθενών είναι σημαντικά επηρεασμένες καθώς η ισορροπία και η μυϊκή δύναμη της ΠΔΚ είναι παράγοντες που προβλέπουν τις χωροχρονικές παραμέτρους στους ΔΠΝ.
Henderson <i>et al.</i> (2019)	Σύνολο: 28 άτομα, 2 ομάδες ΔΠΝ ασθενείς: 14 Υγιής: 14	<ul style="list-style-type: none"> • ανάλυση βάρδισης με ελεγχόμενη ταχύτητα 1 m/s και με αυτοεπιλεγούμενη ταχύτητα σε ασθενείς με ΔΠΝ και υγιή άτομα. • Χρησιμοποιήθηκε ένα μοντέλο ολόκληρου του σώματος και πολλαπλά τμήματα του πέλματος • Μέτρηση της αντίστροφης δυναμικής και ανάλυση των μετρήσεων του οβελιαίου επίπεδου και κυματόμορφων χρονοσειρών σε όλη την φάση στάσης. 	Αξιολόγηση της μηχανικής της βάρδισης και ενεργειακής δράσης στην ΔΠΝ	1. Εύρος κίνησης 2. Ταχύτητα βάρδισης	ΔΠΝ ασθενείς: 1. Μειωμένη ταχύτητα βάρδισης στην αυτοεπιλεγούμενη ταχύτητας βάρδιση ($p < 0.001$) σημαντική στατιστική διαφορά με τους υγιείς. 2. Αυξημένο ROM κάμψης ισχίου και γόνατος στην αρχική φάση στάσης 3. Αυξημένο ROM έκτασης ισχίου στη μέση φάση στάσης 4. Αυξημένο ROM ραχιαίας κάμψης ΠΔΚ στην τελική φάση στάσης	Προκύπτουν δύο μηχανισμοί αντιστάθμισης στους ΔΠΝ ασθενείς. Ο πρώτος χρησιμοποιεί την αύξηση της δύναμης του γαστροκνημίου και του υποκνημίδου στην τελική φάση στάσης για να αυξήσει την ιδιοδεκτικότητα και την αποθήκευση ενέργειας ενώ η παρατεταμένη έκταση ισχίου αντισταθμίζει την μειωμένη

					5.Μειωμένο ROM πελματιαίας κάμψης ΠΔΚ στην αρχική φάση στάσης 6. Αυξημένο ROM έκτασης μεταταρσοφαλαγγικών αρθρώσεων Συγκριτικά των υγιών	ώθηση των δακτύλων του πέλματος.
Lamola <i>et al.</i> (2015)	Σύνολο: 30 άτομα, 3 ομάδες ΔΠΝ ασθενείς χωρίς έλκη: 10 Διαβητικοί χωρίς ΔΠΝ: 10 ΔΠΝ με έλκη: 10	<ul style="list-style-type: none"> Ανάλυση βάδισης σε 3D μορφή με αυτοεπιλεγούμενη ταχύτητα Μέτρηση χωροχρονικών, κινηματικής, κινητικής παραμέτρου στις αρθρώσεις της ΠΔΚ και των πελμάτων. Η σύγκριση των δεδομένων έγινε με χρήση 1-way ANOVA και την δοκιμασία Tukey HSD. 	Ήταν η προσπάθεια να εντοπιστούν οι πρώιμοι εμβιομηχανικοί παράγοντες που σχετίζονται με την εξέλιξη της ΔΠΝ.	1.Εύρος κίνησης 2. Μήκος βήματος	ΔΠΝ ασθενείς χωρίς έλκη: 1.Μείωμένο ROM της έκτασης και κάμψης των μεταταρσοφαλαγγικών αρθρώσεων (P = 0.0039) και της ΠΔΚ άρθρωσης. 2. Μικρότερο μήκος βήματος (P = 0.0248) Σημαντική στατιστική διαφορά των ΔΠΝ με έλκη	Από τα αποτελέσματα βγήκε το συμπέρασμα ότι η κινηματική των τμημάτων του πέλματος, μαζί με το μήκος βήματος μπορούν να θεωρηθούν δείκτες επιδείνωσης της ΔΠΝ. Έτσι να δημιουργηθούν στόχοι για πρόληψη της περαιτέρω επιδείνωσης.
Petrovic <i>et al.</i> (2017)	Σύνολο: 67 άτομα, 3 ομάδες, ΔΠΝ ασθενείς: 14 Διαβητικοί χωρίς ΔΠΝ: 22 Υγιής: 31	Πραγματοποιήθηκε ανάλυση βάδισης χρησιμοποιώντας ένα σύστημα ανάλυσης κίνησης και δυναμοπλατόφωρες κατά την βάδιση σε ελεγχόμενες ταχύτητες βάδισης.	Ήταν να διερευνηθεί την κατακόρυφη μετατόπιση του κέντρου μάζας και του μήκους βήματος ως πιθανό παράγοντα για το αυξημένο μεταβολικό κόστος βάδισης στα άτομα με διαβήτη	1.Μήκος βήματος 2.Δυνάμεις αντίδραση εδάφους (GRF) 3.Μέγιστη αρθρική ροπή 4.Εύρος κίνησης 5.Ρυθμός βάδισης	ΔΠΝ ασθενείς: 1.Υψηλότερες δυνάμεις αντίδρασης εδάφους (GRF) (P < 0.01) 2. Μειωμένη μέγιστη ροπή πελματιαίας κάμψης (P < 0.01) 3. Μειωμένο ROM στην ΠΔΚ, ισχίο και γόνατο (P < 0.01) 4. Μικρότερο μήκος βήματος και αυξημένο ρυθμό βάδισης (P < 0.05).	Αυτά τα ευρήματα δείχνουν ότι οι μύες της ΠΔΚ των ΔΠΝ ασθενών, θα πρέπει να παράγουν μικρότερες δυνάμεις προκειμένου να προσπεράσουν την εξωτερική αντίσταση κατά τη βάδιση σε σύγκριση με τους υγιείς.

4.2.2 Αποτελέσματα ερευνών για τις αρθρικές ροπές των ΔΠΝ ασθενών

(Πίνακας 8)

Οι αρθρικές ροπές μελετήθηκαν από 8 μελέτες (Petrovic *et al.* 2017; Sacco *et al.* 2015; Hsu Liu and Lu 2016; Abadi *et al.* 2017; DiLiberto *et al.* 2015; Henderson 2018; Petrovic *et al.*, 2017; Scarton *et al.*, 2017). Η μελέτη του Sacco *et al.* (2015) είχε σύνολο 38 άτομα δείγμα, σε 3 ομάδες, 14 ΔΠΝ ασθενών, 12 διαβητικών χωρίς ΔΠΝ και 12 υγιών. Μετρήθηκαν και συγκρίθηκαν οι μέγιστες ροπές κάμψης και έκτασης και κινηματικής της ΠΔΚ, γόνατος και ισχίου μεταξύ των ομάδων. Τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν 3d ανάλυση με χρήσης αντανakλαστικών σημαδιών και 6 κάμερες καταγραφής για τις στατικές δοκιμασίες και μια δυναμοπλατφόρμα. Σκοπός της ήταν να εντοπιστούν οι διαφορές στις αρθρικές ροπές του κάτω άκρου και της κινηματικής του στην βάρδιση σε διαφορετικά στάδια διαβήτη. Τα αποτελέσματα που αφορούν τις αρθρικές ροπές ήταν μειωμένη ροπή έκτασης ισχίου αρχική επαφή της φάσης στάσης, αυξημένη ροπή κάμψης ισχίου στην φάση ώθησης, μειωμένη ροπή κάμψης γόνατος στην τελική μέση φάση στάσης, μειωμένη ροπή έκτασης γόνατος συγκριτικά των διαβητικών χωρίς ΔΠΝ, μειωμένη ροπή έκτασης ΠΔΚ στην ώθηση της φάσης στάσης των ΔΠΝ ασθενών συγκριτικά των υγιών και διαβητικών χωρίς ΔΠΝ. Οι εμβιομηχανικές αλλαγές στην βάρδιση είναι ήδη φανερές στους διαβητικούς ασθενείς, ενώ ακόμη οι ΔΠΝ ασθενείς χρησιμοποιούσαν την άρθρωση του ισχίου ως μηχανισμό ώθησης του σώματος προς τα εμπρός αντί για την ΠΔΚ. Ο Petrovic *et al.* (2017) που αναλύθηκε σε προηγούμενη παράμετρο βρήκε σχετικά αποτελέσματα τα οποία ήταν μειωμένη μέγιστη ροπή πελματιαίας κάμψης στους ΔΠΝ συγκριτικά των άλλων ομάδων. Ο Hsu Liu and Lu (2016) είχε συνολικό δείγμα 28 άτομα, με 2 ομάδες, 14 διαβητικών ασθενών με ή χωρίς ΔΠΝ και 14 υγιών ατόμων. Οι συμμετέχοντες βάρδισαν και διέσχισαν εμπόδια τριών διαφορετικών υψών, μετρήθηκαν τα δεδομένα κίνησης με τη χρήση συστήματος σύλληψης κίνησης και δύο δυναμοπλατφόρμες. Σκοπός της ήταν να εντοπιστούν οι παράγοντες κινδύνου για πτώση σε διαβητικούς ασθενείς με ή χωρίς ΔΠΝ κατά την αποφυγή εμποδίων. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν ήταν αυξημένη ροπή προσπέλασης πελματιαίων καμπτήρων του μπροστινού άκρου και μειωμένη μέγιστη ροπή της απαγωγής ισχίου στους ΔΠΝ ασθενείς συγκριτικά των άλλων ομάδων. Τα συμπεράσματα από τα αποτελέσματα που προέκυψαν αποδείχθηκε πως η δοκιμασία προσπέρασης εμποδίων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό και αξιολόγηση των αποκλίσεων στην βάρδιση και για τον εντοπισμό του σχετικού κινδύνου να σκοντάψουν σε ασθενείς με διαβήτη τύπου II χωρίς ή σε πρώιμο στάδιο ΔΠΝ. Ο Brown *et al.* (2016) που έχει αναλυθεί σε προηγούμενη παράμετρο ανέφερε ως προς τις αρθρικές ροπές ότι ήταν μειωμένες μέγιστες ροπές στην ΠΔΚ και γόνατο κατά την ανάβαση σκαλιών και μειωμένη ροπή στο γόνατο κατά την κατάβαση σκαλιών σε

ασθενείς με ΔΠΝ συγκριτικά των άλλων ομάδων. Ο Scarton *et al.* (2017) χρησιμοποίησε συνολικά 20 άτομα, σε 2 ομάδες των 10 ΔΠΝ ασθενών και 10 υγιών ατόμων. Με την χρήση του OpenSim καταγράφηκαν δεδομένα για τις μυϊκές δυνάμεις σε δυναμικές προσομοιώσεις κίνησης. Η Student T δοκιμασία πραγματοποιήθηκε για την σύγκριση της κινηματικής, της κινητικής των αρθρώσεων και της μυϊκής δύναμης μεταξύ των ομάδων κατά την βάδιση. Χρησιμοποιήθηκαν επίσης 6 κάμερες στεροφωτογραφικού συστήματος, 2 δυναμοπλατφόρμες και 16 ηλεκτρομυογραφικοί αισθητήρες για την μέτρηση της κινητικής, κινηματικής και των μυϊκών δυνάμεων αντίστοιχα. Σκοπός της ήταν η εκτίμηση των μυϊκών δυνάμεων σε άτομα με ΔΠΝ συγκριτικά υγιών. Τα αποτελέσματα σχετικά με την ροπή ήταν η μειωμένη ροπή στροφής της λεκάνης στην μέση φάση στήριξης των ασθενών ΔΠΝ. Από τα αποτελέσματα φάνηκε πως υπάρχει σημαντική συσχέτιση των αλλαγών στην βάδιση και της δημιουργίας ελκών. Η μελέτη αυτή καθιέρωσε την αποτελεσματική αξιολόγηση της παρουσίας αλλαγών στις μυϊκές δυνάμεις των ΔΠΝ ασθενών κατά τη διάρκεια της βάδισης. Ο Henderson (2018) συνολικά χρησιμοποίησε 20 άτομα, με 2 ομάδες 10 ΔΠΝ ασθενών και 10 υγιή. Πραγματοποιήθηκε μελέτη διατομής στην οποία οι συμμετέχοντες βάδισαν με ελεγχόμενη ταχύτητα (1 m/s) και συλλέχθηκαν δεδομένα για τις πελματιαίες πιέσεις, την κινηματική και την κινητική των κάτω άκρων των ασθενών ΔΠΝ σε σχέση με το υγιές δείγμα. Για την μέτρηση χρησιμοποιήθηκαν 56 αντανακλαστικά σημάδια σε κάθε άτομο. Σκοπός της ήταν να αναλύσει τις πελματιαίες πιέσεις και διαφορές στην βάδιση των ΔΠΝ ασθενών, ελέγχοντας την ταχύτητα βάδισης και ενσωματώνοντας ένα μοντέλο πέλματος μέσα σε μία ανάλυση ολόκληρου του σώματος. Τα αποτελέσματα που βρήκε ήταν μειωμένη μέγιστη ροπή κάμψης ισχίου των ΔΠΝ ασθενών. Συμπέρασμα της ήταν ότι τα ευρήματα έδειξαν ότι οι ασθενείς με ΔΠΝ δημιουργούν ένα μηχανισμό αντιστάθμισης με το ισχίο για να προσπεράσουν την μυϊκή αδυναμία που συνάδουν και με τις αλλαγές στην ΠΔΚ και το μέσο τμήμα του πέλματος. Οι μετρήσεις των πελματιαίων πιέσεων και η μηχανική των αρθρώσεων προσθέτουν δεδομένα σχετικά με την αξιολόγηση και θεραπεία. Η μελέτη του Abadi *et al.* (2017) με δείγμα συνόλου 42 άτομα, σε 3 ομάδες, 12 ΔΠΝ ασθενών, 15 διαβητικών χωρίς ΔΠΝ και 15 υγιών, πραγματοποίησε μετρήσεις με ισοκινητικό δυναμόμετρο για τις παραμέτρους των ισομετρικών ομόκεντρων ροπών της έκτασης και απαγωγής ισχίου του μη κυρίαρχου κάτω άκρου. Σκοπός της ήταν η εκτίμηση των ισομετρικών ομόκεντρων μέγιστων ροπών της άρθρωσης του ισχίου μεταξύ ατόμων με διαβήτη με και χωρίς ΔΠΝ σε σύγκριση με υγιής. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν ήταν μειωμένες μέγιστες γωνίες ροπών και μέγιστες ομόκεντρες ροπές της έκτασης ισχίου, μειωμένη μέγιστη ομόκεντρη ροπή απαγωγής ισχίου με σημαντική διαφορά των διαβητικών χωρίς ΔΠΝ και των υγιών.

Το συμπέρασμα που έβγαλε ήταν ότι οι αρθρικές ροπές των παραμέτρων σε ασθενείς με ΔΠΝ ή διαβητικών χωρίς ΔΠΝ διαφέρουν από τους υγιείς. Έτσι οι ασθενείς με διαβήτη και ακόμη περισσότερο οι ΔΠΝ είναι επιρρεπής σε τραυματισμούς και αναπηρία στο κάτω άκρο. Ο DiLiberto *et al.* (2015) είχε συνολικό δείγμα ατόμων 30 άτομα, 2 ομάδων, 15 ΔΠΝ ασθενών και 15 υγιών ατόμων. Οι συμμετέχοντες βάδισαν σε ελεγχόμενη ταχύτητα με 3 προσπάθειες σε μία δυναμοπλατφόρμα. Χρησιμοποιήθηκε ένα μοντέλο ποδιών πέντε τμημάτων (1ο, 3ο και 5ο μετατάρσια, πτέρνα, κνήμη) για την εξέταση των σχετικών τρισδιάστατων γωνιακών ροπών κατά τη τελική φάση στάσης βάδισης. T-test χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση της κινηματικής. Συντελεστής συσχέτισης γινομένου ροπής Pearson χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση των σχέσεων μεταξύ της κίνησης των επιμέρους μεταταρσίων και του ενοποιημένου πρόσθιου τμήματος του πέλματος. Σκοπός της ήταν η εξέταση σε 3D της κινηματικής in-vivo γωνιακές ροπές των μεμονωμένων τμημάτων των μεταταρσίων και το ενοποιημένο πρόσθιο τμήμα πέλματος σε άτομα με ΣΔ και ΔΠΝ χωρίς παραμόρφωση ή έλκος συγκριτικά μια υγιή ομάδα ελέγχου. Τα αποτελέσματα σχετικά με την αρθρική ροπή ήταν μειωμένη ροπή στο ενοποιημένο πρόσθιο τμήμα του πέλματος, του 3^{ου} και 5^{ου} μεταταρσίου στους ΔΠΝ συγκριτικά των υγιών. Τα συμπεράσματα που έβγαλε ήταν ότι τα ευρήματα δείχνουν ότι αρκετά μετατάρσια έχουν μειωμένη κίνηση σε άτομα με ΔΠΝ. Η σύγκριση μεμονωμένων κινήσεων μεταταρσίων και ενοποιημένου πρόσθιου τμήματος του πέλματος υποστηρίζει τη χρήση μιας προσέγγισης μοντελοποίησης δυο τμημάτων του πρόσθιου τμήματος του πέλματος σε μελλοντικές κινηματικές μελέτες. Συνιστάται συνεχής μελέτη για να προσδιοριστεί εάν το ανιχνευμένο κινηματικό προφίλ της λειτουργίας των πελμάτων των ατόμων με ΔΠΝ σχετίζεται με την ανάπτυξη παραμόρφωσης και βλάβης των ιστών.

Πίνακας 8 Χαρακτηριστικά και αποτελέσματα ερευνών σχετικά με τις αρθρικές ροπές των ΔΠΝ ασθενών

Άρθρο-Έτος	Δείγμα	Μέθοδος-Εργαλεία	Σκοπός	Παράμετροι	Αποτελέσματα	Συμπέρασμα
Sacco <i>et al.</i> (2015)	Σύνολο: 38 άτομα, 3 ομάδες, ΔΠΝ ασθενείς: 14 Διαβητικοί χωρίς ΔΠΝ: 12 Υγιής: 12	<ul style="list-style-type: none"> Μέτρηση και σύγκριση των μέγιστων ροπών κάμψης και έκτασης, της κινηματικής της ΠΔΚ, γόνατος και ισχίου μεταξύ των ομάδων. 3D ανάλυση με χρήσης αντανακλαστικών σημαδιών και 6 κάμερες καταγραφής για τις στατικές δοκιμασίες και μια δυναμοπλατόρμα. 	Εντοπισμός διαφορών στις αρθρικές ροπές του κάτω άκρου και της κινηματικής του στην βάδιση σε διαφορετικά στάδια διαβήτη.	<ol style="list-style-type: none"> Εύρος κίνησης Αρθρικές ροπές 	<p>ΔΠΝ ασθενείς:</p> <ol style="list-style-type: none"> Αυξημένο ROM κάμψης ισχίου στην αρχική επαφή της φάσης στάσης βάδισης (p= 0.018) συγκριτικά των διαβητικών χωρίς ΔΠΝ και υγιών Μειωμένο ROM έκτασης ισχίου στην φάση ώθησης (p= 0.001) συγκριτικά των υγιών Μειωμένο ROM κάμψης γόνατος (p=0.026) συγκριτικά των διαβητικών χωρίς ΔΠΝ Μειωμένο ROM έκτασης ΠΔΚ στην αρχική επαφή της φάσης στάσης συγκριτικά των υγιών (p=0.012) Μειωμένη ροπή έκτασης ισχίου (p=0.001) αρχική επαφή της φάσης στάσης Αυξημένη ροπή κάμψης ισχίου (p=0.001) στην φάση ώθησης Μειωμένη ροπή κάμψης γόνατος στην τελική μέση φάση στάσης (p=0.003) <p>Σημαντική στατιστική διαφορά συγκριτικά των υγιών</p> <ol style="list-style-type: none"> Μειωμένη ροπή έκτασης γόνατος (p=0.004) συγκριτικά των διαβητικών χωρίς ΔΠΝ Μειωμένη ροπή έκτασης ΠΔΚ στην ώθηση της φάσης στάσης (p=0.004) συγκριτικά των υγιών και διαβητικών χωρίς ΔΠΝ 	Εμβιομηχανικές αλλαγές στην βάδιση στους διαβητικούς ασθενείς, ενώ ακόμη οι ΔΠΝ ασθενείς χρησιμοποιούσαν την άρθρωση του ισχίου ως μηχανισμό ώθησης του σώματος προς τα εμπρός αντί για την ΠΔΚ.
Abadi <i>et al.</i> (2017)	Σύνολο: 42 άτομα, 3 ομάδες	<ul style="list-style-type: none"> Μετρήσεις με ισοκινητικό δυναμόμετρο για τις παραμέτρους των ισομετρικών ομόκεντρων ροπών της έκτασης και απαγωγής 	Ήταν η εκτίμηση των ισομετρικών ομόκεντρων μέγιστων ροπών	<ol style="list-style-type: none"> Μέγιστες ομόκεντρες αρθρικές ροπές 	<p>ΔΠΝ ασθενείς:</p> <ol style="list-style-type: none"> Μειωμένες μέγιστες γωνίες ροπών και μέγιστες ομόκεντρες ροπές της έκτασης ισχίου (p <0.01) με σημαντική διαφορά των διαβητικών χωρίς ΔΠΝ και των υγιών. 	Οι αρθρικές ροπές των παραμέτρων σε ασθενείς με ΔΠΝ ή διαβητικών χωρίς ΔΠΝ διαφέρουν από τους υγιείς. Έτσι οι ασθενείς με διαβήτη και ακόμη

	ΔΠΝ ασθενείς: 12 Διαβητικοί χωρίς ΔΠΝ: 15 Υγιής: 15	ισχίου του μη κυρίαρχου κάτω άκρου	της άρθρωσης του ισχίου μεταξύ ατόμων με διαβήτη με και χωρίς ΔΠΝ σε σύγκριση με υγιής	2. Μέγιστη γωνία αρθρικών ροπών	2. Μειωμένη μέγιστη ομόκεντρη ροπή παραγωγής ισχίου ($p < 0.03$) Σημαντική στατιστική διαφορά με τους διαβητικούς χωρίς ΔΠΝ και τους υγιής.	περισσότερο οι ΔΠΝ είναι επιρρεπείς σε τραυματισμούς και αναπηρία στο κάτω άκρο
DiLiberto <i>et al.</i> (2015)	Σύνολο: 30 άτομα, ΔΠΝ ασθενείς: 15, Υγιής άτομα: 15	<ul style="list-style-type: none"> • Βάδιση σε ελεγχόμενη ταχύτητα με 3 προσπάθειες σε μία δυναμοπλατφόρμα. • Χρήση ένα μοντέλο ποδιών πέντε τμημάτων (1ο, 3ο και 5ο μετατάρσια, πτέρνα, κνήμη) για την εξέταση των σχετικών τρισδιάστατων γωνιακών ροπών κατά τη τελική φάση στάσης βάδισης. • T-test για αξιολόγηση της κινηματικής • Συντελεστής συσχέτισης γινομένου ροπής Pearson για την αξιολόγηση των σχέσεων μεταξύ της κίνησης των επιμέρους μεταταρσίων και του ενοποιημένου πρόσθιου τμήματος του πέλματος. 	3D εξέταση της κινηματικής in-vivo γωνιακές ροπές των μεμονωμένων τμημάτων των μεταταρσίων και το ενοποιημένο πρόσθιο τμήμα πέλματος σε άτομα με ΣΔ και ΔΠΝ χωρίς παραμόρφωση ή έλκος συγκριτικά μια υγιή ομάδα ελέγχου	1. Αρθρικές ροπές 2. Εύρος κίνησης	Ομάδα ΔΠΝ: 1. Μειωμένο ROM όλων των τμημάτων του πέλματος σε οβελιαίο επίπεδο ($p < 0.01$). 2. Μειωμένη ροπή στο ενοποιημένο πρόσθιο τμήμα του πέλματος, του 3 ^{ου} και 5 ^{ου} μεταταρσίου ($p \leq 0.02$). Σημαντική στατιστική διαφορά συγκριτικά των υγιών	Μειωμένη κίνηση σε άτομα με ΔΠΝ. Σύγκριση μεμονωμένων κινήσεων μεταταρσίων και ενοποιημένου πρόσθιου τμήματος του πέλματος υποστηρίζει τη χρήση μιας προσέγγισης μοντελοποίησης δυο τμημάτων του πρόσθιου τμήματος του πέλματος σε μελλοντικές κινηματικές μελέτες. Συνιστάται συνεχής μελέτη για να προσδιοριστεί εάν το ανιχνευμένο κινηματικό προφίλ της λειτουργίας των πελμάτων των ατόμων με ΔΠΝ σχετίζεται με την ανάπτυξη παραμόρφωσης και βλάβης των ιστών
Scarton <i>et al.</i> (2017)	Σύνολο: 20 άτομα, 2 ομάδες	<ul style="list-style-type: none"> • Χρήση OpenSim για καταγραφή δεδομένων μυϊκών δυνάμεων σε δυναμικές προσομοιώσεις κίνησης. 	Ήταν η εκτίμηση των μυϊκών δυνάμεων σε	1. Εύρος κίνησης 2. Αρθρικές ροπές	ΔΠΝ ασθενείς: 1. Αυξημένο ROM στροφής λεκάνης ($0.013 < P < 0.044$) στο τέλος του κύκλου βάδισης 2. Μειωμένο ROM κάμψης- έκτασης ΠΔΚ ($0.014 < P < 0.043$)	Από τα αποτελέσματα φάνηκε πως υπάρχει σημαντική συσχέτιση των αλλαγών στην βάδιση και της δημιουργίας ελκών. Η μελέτη αυτή

	<p>ΔΠΝ ασθενείς: 10 Υγιή: 10</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Η Student T δοκιμασία πραγματοποιήθηκε για σύγκριση της κινηματικής, της κινητικής των αρθρώσεων και της μυϊκής δύναμης μεταξύ των ομάδων. • Χρήση 6 καμερών στεροφωτογραφικού συστήματος, 2 δυναμοπλατόρμες και 16 ηλεκτρομυογραφικοί αισθητήρες για μέτρηση κινητικής, κινηματικής και μυϊκών δυνάμεων. 	<p>άτομα με ΔΠΝ συγκριτικά υγιών</p>	<p>3. Μυϊκή δύναμη</p>	<p>3. Μειωμένο ROM κάμψης- έκτασης ισχίου ($0.022 < P < 0.049$) 4. Μειωμένο ROM πλάγιας μετατόπισης λεκάνης ($0.042 < P < 0.049$) 5. Μειωμένη ροπή στροφής της λεκάνης ($0.039 < P < 0.043$) στην μέση φάση στήριξης 6. Μειωμένη μυϊκή δύναμη του ισχού, λαγόνιου, καμπτήρα δακτύλων του ποδιού, πρόσθιου κνημιαίου, μείζονα και ελάσσονα γλουτιαίου μυ ($p < 0.05$) Σημαντική στατιστική διαφορά με το υγιές δείγμα.</p>	<p>καθιέρωσε την αποτελεσματική αξιολόγηση της παρουσίας αλλαγών στις μυϊκές δυνάμεις των ΔΠΝ ασθενών κατά τη διάρκεια της βάδισης.</p>
<p>Brown <i>et al.</i> (2016)</p>	<p>Σύνολο: 93 άτομα, 3 ομάδες ΔΠΝ ασθενείς: 22 Διαβητικοί χωρίς ΔΠΝ:39 Υγιής:32</p>	<p>Πραγματοποιήθηκε:</p> <ul style="list-style-type: none"> • μέτρηση αρθρικών ροπών κάτω άκρων ασθενών με ΔΠΝ, διαβητικούς χωρίς ΔΠΝ και υγιή άτομα κατά το ανεβοκατέβασμα σκαλιών φορώντας ειδικά υποδήματα. • 59 συμμετέχοντες αξιολογήθηκαν στη μέγιστη ισοκινητική αρθρική ροπή της ΠΔΚ και του γόνατος (μυϊκή δύναμη). • Η κινηματική μετρήθηκε με την χρήση 10 καμερών Vicon 	<p>Διερεύνηση εμβιομηχανικής κάτω άκρων κατά την διάρκεια βάδισης σε σκαλιά ασθενών με διαβήτη με και χωρίς ΔΠΝ</p>	<p>5. Μέγιστες αρθρικές ροπές ΠΔΚ και γόνατος 6. Μυϊκή δύναμη ΠΔΚ και γόνατος 7. Ταχύτητα βάδισης 8. Λειτουργικές δυνάμεις ΠΔΚ και γόνατος</p>	<p>1. ΔΠΝ & διαβητικοί ασθενείς: μειωμένη ταχύτητα βάδισης κατά την ανάβαση και κατάβαση σκάλας ($p < 0.05$) 2. ΔΠΝ ασθενείς: Μειωμένες μέγιστες ροπές στην ΠΔΚ και γόνατο κατά την ανάβαση ($p < 0.05$) και μειωμένη ροπή στο γόνατο κατά την κατάβαση ($p < 0.05$) 3. ΔΠΝ ασθενείς: Μειωμένη μυϊκή δύναμη των μυών του γόνατος και ΠΔΚ ($p < 0.05$) 4. Αυξημένες λειτουργικές δυνάμεις στην ΠΔΚ και γόνατο των ΔΠΝ κατά την κατάβαση ($p < 0.05$) Σημαντική στατιστική διαφορά με τους υγιείς.</p>	<p>Μειωμένη ταχύτητα βάδισης στους ΔΠΝ κατά την διάρκεια βάδισης στα σκαλιά με συσχέτιση της μειωμένης μυϊκής δύναμη του κάτω άκρου. Υψηλές λειτουργικές δυνάμεις κατά την κάθοδο των σκαλιών οδηγώντας σε αστάθεια.</p>

		<p>σύστημα και 56 αντανακλώμενων σημαδιών.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Η μέγιστη ισοκινητική ροπή των αρθρώσεων μετρήθηκαν με ισοκινητικό δυναμόμετρο 				
Petrovic <i>et al.</i> (2017)	<p>Σύνολο: 67 άτομα, 3 ομάδες, ΔΠΝ ασθενείς: 14 Διαβητικοί χωρίς ΔΠΝ: 22 Υγιής: 31</p>	<p>Πραγματοποιήθηκε ανάλυση βάρδισης χρησιμοποιώντας ένα σύστημα ανάλυσης κίνησης και δυναμοπλατφόρμες κατά την βάρδιση σε ελεγχόμενες ταχύτητες βάρδισης.</p>	<p>Ήταν να διερευνηθεί την κατακόρυφη μετατόπιση του κέντρου μάζας και του μήκους βήματος ως πιθανό παράγοντα για το αυξημένο μεταβολικό κόστος βάρδισης στα άτομα με διαβήτη</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Μήκος βήματος 2. Δυνάμεις αντίδραση εδάφους (GRF) 3. Μέγιστη αρθρική ροπή 4. Εύρος κίνησης 5. Ρυθμός βάρδισης 	<p>ΔΠΝ ασθενείς:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Υψηλότερες δυνάμεις αντίδρασης εδάφους (GRF) ($P < 0.01$) 2. Μειωμένη μέγιστη ροπή πελματιαίας κάμψης ($P < 0.01$) 3. Μειωμένο ROM στην ΠΔΚ, ισχίο και γόνατο ($P < 0.01$) 4. Μικρότερο μήκος βήματος και αυξημένο ρυθμό βάρδισης ($P < 0.05$). Σημαντική στατιστική διαφορά συγκριτικά των υγιών 	<p>Αυτά τα ευρήματα δείχνουν ότι οι μύες της ΠΔΚ των ΔΠΝ ασθενών, θα πρέπει να παράγουν μικρότερες δυνάμεις προκειμένου να προσπεράσουν την εξωτερική αντίσταση κατά τη βάρδιση σε σύγκριση με τους υγιείς.</p>
Henderson <i>et al.</i> (2018)	<p>Σύνολο: 20 άτομα, 2 ομάδες ΔΠΝ ασθενείς: 10 Υγιή: 10</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Μελέτη διατομής με βάρδιση με ελεγχόμενη ταχύτητα (1 m/s) • Συλλογή δεδομένων για τις πελματιαίες πιέσεις, την κινηματική και την κινητική των κάτω άκρων των ασθενών ΔΠΝ σε σχέση με το υγιές δείγμα. • Για την μέτρηση χρησιμοποιήθηκαν 56 	<p>Ανάλυση πελματιαίων πιέσεων και διαφορών στην βάρδιση των ΔΠΝ ασθενών, με έλεγχο της ταχύτητας βάρδισης και ενσωματώνοντας ένα μοντέλο</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Μέγιστες αρθρικές ροπές 2. Εύρος κίνησης 3. Πελματιαίες πιέσεις 	<p>ΔΠΝ ασθενείς:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Μειωμένη μέγιστη ροπή κάμψης ισχίου 2. Αυξημένο ROM της ραχιαίας κάμψης της ΠΔΚ στην τελική φάση και ώθηση της φάσης στάσης 3. Μικρότερη μέγιστη πελματιαία πίεση στα δάκτυλα του πέλματος <p>Συγκριτικά των υγιών.</p>	<p>Οι ασθενείς με ΔΠΝ δημιουργούν ένα μηχανισμό αντιστάθμισης με το ισχίο για να προσπεράσουν την μυϊκή αδυναμία που συνάδουν και με τις αλλαγές στην ΠΔΚ και το μέσο τμήμα του πέλματος. Οι μετρήσεις των πελματιαίων πιέσεων και η μηχανική των αρθρώσεων προσθέτουν δεδομένα σχετικά με την αξιολόγηση και θεραπεία.</p>

		αντανεκλαστικά σημάδια σε κάθε άτομο.	πέλματος μέσα σε μία ανάλυση ολόκληρου του σώματος			
Hsu, Liu and Lu, (2016)	Σύνολο: 28 άτομα, 2 ομάδες, Διαβητικοί ασθενείς με ή χωρίς ΔΠΝ:14 Υγιής: 14	<ul style="list-style-type: none"> • Βάδιση και διάσχιση εμποδίων τριών διαφορετικών υψών, • Μέτρηση των δεδομένων κίνησης με τη χρήση συστήματος σύλληψης κίνησης και δύο δυναμοπλατφόρμες. 	Να εντοπιστούν οι παράγοντες κινδύνου για πτώση σε διαβητικούς ασθενείς με ή χωρίς ΔΠΝ κατά την αποφυγή εμποδίων	1.Κατακόρυφη απόσταση δακτύλων από το έδαφος 2. Εύρος κίνησης 3. Αρθρικές ροπές	ΔΠΝ ασθενείς: 1.Μειωμένη κατακόρυφη απόσταση των δακτύλων του ποδιού από το έδαφος (p=0.04) 2. Αυξημένο ROM πρόσθια κλίση της πυέλου (p=0.04) 3. Μειωμένο ROM κάμψης γόνατος, προσαγωγής ισχίου του αιωρούμενου άκρου (p < 0.05) 4. Αυξημένη ροπή προσπέλασης πελματιαίων καμπτήρων του μπροστινού άκρου (p=0.003) 5.Μειωμένη μέγιστη ροπή της απαγωγής ισχίου (p=0.003). Σημαντική στατιστική διαφορά συγκριτικά των υγιών	Αποδείχθηκε πως η δοκιμασία προσπέρασης εμποδίων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό και αξιολόγηση των αποκλίσεων στην βάδιση και για τον εντοπισμό του σχετικού κινδύνου να σκοντάψουν σε ασθενείς με διαβήτη τύπου II χωρίς ή σε πρώιμο στάδιο ΔΠΝ.

4.2.3 Αποτελέσματα ερευνών για τις πελματιαίες πιέσεις των ΔΠΝ ασθενών

(Πίνακας 9)

Οι πελματιαίες πιέσεις μετρήθηκαν από 3 μελέτες (Gnanasundaram *et al.* 2020; Halawa *et al.* 2018; Henderson, 2018). Τα αποτελέσματα αυτών ήταν σε 1 μελέτη αυξημένη πελματιαία πίεση και αυξημένη μέγιστη δυναμική πελματιαία πίεση στο έσω οπίσθιο τμήμα της πτέρνας ενώ μία άλλη έδειξε μειωμένη μέγιστη πελματιαία πίεση στα δάκτυλα του πέλματος. Ακόμη 1 μελέτη ανέλυσε τις πελματιαίες πιέσεις σε στατική και δυναμική θέση, φάνηκαν αυξημένες πελματιαίες πιέσεις στο έσω και έξω οπίσθιο τμήμα πέλματος , στο 1°, 2°, 3°, 4°, 5° μετατάρσιο τμήμα και στο 1ο, 2° και 3° δάκτυλο πέλματος. Η μελέτη του Gnanasundaram *et al.* (2020) με δείγμα 53 ατόμων, 3 ομάδων, 24 ΔΠΝ ασθενών, 15 διαβητικών χωρίς ΔΠΝ και 14 υγιών ατόμων στην οποία εκτελέστηκε βάδιση 2 μέτρων με το σύστημα BTS-P WALK. Μετρήθηκαν πελματιαίες πιέσεις στην φάση στάσης όπου έπρεπε να σταθούν 10 δευτερόλεπτα με γυμνό πέλμα. Τα δεδομένα αναλύθηκαν με χρήση SPSS λογισμικού. Για τον εντοπισμό

διαφορών και σύγκρισης των ομάδων αντίστοιχα χρησιμοποιήθηκαν 1-way ANOVA και Tukey HSD test. Σκοπός της ήταν η αναγνώριση των αρχικών δεικτών κινδύνου για την εμφάνιση διαβητικού έλκους ποδιού. Τα αποτελέσματα που βρήκε ήταν αυξημένη δυναμική μέγιστη πελματιαία πίεση και αυξημένη πελματιαία πίεση στο έσω οπίσθιο τμήμα της πτέρνας με σημαντική στατιστική διαφορά συγκριτικά των υγιών. Το συμπέρασμα που έβγαλε ήταν ότι οι παρεκκλίσεις και οι περιορισμοί στις περιοχές του πέλματος και στην 1^η μεταταρσοφαλαγγική περιοχή παρουσιάζονται σε άτομα με ΔΠΝ και πριν την έναρξη της παραμόρφωσης του πέλματος. Στην μελέτη Halawa *et al.* (2018) συμπεριλήφθηκαν 80 άτομα συνολικά, 3 ομάδων, 20 ΔΠΝ ασθενών, 30 διαβητικών χωρίς ΔΠΝ και 20 υγιών. Διερευνήθηκαν 5 πελματιαίες περιοχές, των 5 μεταταρσικών περιοχών το μέσο τμήμα, έσω και έξω τμήμα οπίσθιου τμήματος πέλματος και έξω τρία δάκτυλα ποδιού. Οι πελματιαίες πιέσεις μετρήθηκαν με την χρήση του Mat-Scan σε στατική θέση και δυναμικές θέσεις. Σκοπός της ήταν η αξιολόγηση της συσχέτισης των πελματιαίων πιέσεων με τον γλυκαιμικό έλεγχο των ασθενών με διαβήτη με ή χωρίς ΔΠΝ. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν ήταν υψηλότερες πελματιαίες πιέσεις και στα δύο πόδια στο έσω και έξω οπίσθιο τμήμα του πέλματος, στο μέσο τμήμα πέλματος, στο 1ο, 2ο, 3ο, 4ο, και 5ο μετατάρσιο τμήμα πέλματος, 1ο, 2ο και 3ο δάκτυλο σε στατική και δυναμική θέση των ΔΠΝ ασθενών συγκριτικά των υπόλοιπων ομάδων. Η μελέτη του Henderson (2018) βρήκε αποτελέσματα σχετικά με τις πελματιαίες πιέσεις των δακτύλων του ποδιού των ΔΠΝ ασθενών καθώς παρατήρησε μικρότερη μέγιστη πελματιαία πίεση στα δάκτυλα του πέλματος.

Πίνακας 9 Χαρακτηριστικά και αποτελέσματα ερευνών σχετικά με τις πελματιαίες πιέσεις των ΔΠΝ ασθενών

Gnanasundaram <i>et al.</i> (2020)	Σύνολο: 53 άτομα, 3 ομάδες, ΔΠΝ ασθενείς: 24 Διαβητικοί χωρίς ΔΠΝ:15 Υγιής: 14	<ul style="list-style-type: none"> • Βάδιση 2 μέτρων με το σύστημα BTS-P WALK. • Μέτρηση πελματιαίων πιέσεων στην φάση στάσης όπου έπρεπε να σταθούν 10 δευτερόλεπτα με γυμνό πέλμα. • Τα δεδομένα αναλύθηκαν με χρήση SPSS λογισμικού. 	Η αναγνώριση των αρχικών δεικτών κινδύνου για την εμφάνιση διαβητικού έλκους ποδιού.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Πελματιαία πίεση 2. Δυναμική μέγιστη πελματιαία πίεση 	ΔΠΝ ασθενείς: 1.Αυξημένη δυναμική μέγιστη πελματιαία πίεση (p=0.0035) σημαντική στατιστική διαφορά συγκριτικά των υγιών 2.Αυξημένη πελματιαία πίεση στο έσω οπίσθιο τμήμα της πτέρνας (p=0.009) Σημαντική στατιστική διαφορά συγκριτικά των υγιών	Οι παρεκκλίσεις και οι περιορισμοί στις περιοχές του πέλματος και στην 1 ^η μεταταρσοφαλαγγική περιοχή παρουσιάζονται σε άτομα με ΔΠΝ και πριν την έναρξη της παραμόρφωσης του πέλματος.
------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

		<ul style="list-style-type: none"> • Για τον εντοπισμό διαφορών και σύγκρισης των ομάδων αντίστοιχα χρησιμοποιήθηκαν 1-way ANOVA και Tukey HSD test. 				
Halawa <i>et al.</i> (2018)	<p>Σύνολο:80 άτομα, 3 ομάδες, ΔΠΝ ασθενείς: 20 Διαβητικοί χωρίς ΔΠΝ: 30 Υγιής: 20</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ανάλυση των 5 μεταταρσικών περιοχών το μέσο τμήμα, έσω και έξω τμήμα οπίσθιου τμήματος πέλματος και έξω τρία δάκτυλα ποδιού. • Πελματιαίες πιέσεις μετρήθηκαν με χρήση του Mat-Scan σε στατική θέση και δυναμικές θέσεις. 	<p>Η αξιολόγηση της συσχέτισης των πελματιαίων πιέσεων με τον γλυκαιμικό έλεγχο των ασθενών με διαβήτη με ή χωρίς ΔΠΝ.</p>	<p>Πελματιαίες πιέσεις όλων των τμημάτων του πέλματος</p>	<p>ΔΠΝ ασθενείς: 1.Υψηλότερες πελματιαίες πιέσεις και στα δύο πόδια στο έσω και έξω οπίσθιο τμήμα του πέλματος, στο μέσο τμήμα πέλματος, στο 1ο, 2ο, 3ο, 4ο, και 5ο μετατάρσιο τμήμα πέλματος, 1ο, 2ο και 3ο δάκτυλο (P < 0.05) σημαντική στατιστική διαφορά συγκριτικά των υγιών και των διαβητικών χωρίς ΔΠΝ σε στατική και δυναμική θέση</p>	<p>Τα άτομα με ΔΠΝ έχουν αυξημένες πελματιαίες πιέσεις συγκριτικά των διαβητικών χωρίς ΔΠΝ και των υγιών. Το ποσοστό της γλυκοζηλιωμένης αιμοσφαιρίνης ως υποκατάστατο του γλυκαιμικού ελέγχου δεν είχε άμεση επίδραση στις πελματιαίες πιέσεις όμως έμμεσα επηρεάζει την πορεία της ΔΠΝ και οδηγεί σε αύξηση των πιέσεων και εμβιομηχανικών αλλαγών στην βάδιση.</p>
Henderson <i>et al.</i> (2018)	<p>Σύνολο: 20 άτομα, 2 ομάδες ΔΠΝ ασθενείς:10 Υγιή: 10</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Μελέτη διατομής με βάδιση με ελεγχόμενη ταχύτητα (1 m/s) •Συλλογή δεδομένων για τις πελματιαίες πιέσεις, την κινηματική και την κινητική των κάτω άκρων των ασθενών ΔΠΝ σε σχέση με το υγιές δείγμα. •Για την μέτρηση χρησιμοποιήθηκαν 56 αντανακλαστικά σημάδια σε κάθε άτομο. 	<p>Ανάλυση πελματιαίων πιέσεων και διαφορών στην βάδιση των ΔΠΝ ασθενών, με έλεγχο της ταχύτητας βάδισης και ενσωματώνοντας ένα μοντέλο πέλματος μέσα σε μία ανάλυση ολόκληρου του σώματος</p>	<p>4. Μέγιστες αρθρικές ροπές 5. Εύρος κίνησης 6. Πελματιαίες πιέσεις</p>	<p>ΔΠΝ ασθενείς: 1.Μειωμένη μέγιστη ροπή κάμψης ισχίου 2.Αυξημένο ROM της ραχιαίας κάμψης της ΠΔΚ στην τελική φάση και ώθηση της φάσης στάσης 3. Μικρότερη μέγιστη πελματιαία πίεση στα δάκτυλα του πέλματος Συγκριτικά των υγιών.</p>	<p>Οι ασθενείς με ΔΠΝ δημιουργούν ένα μηχανισμό αντιστάθμισης με το ισχίο για να προσπεράσουν την μυϊκή αδυναμία που συνάδουν και με τις αλλαγές στην ΠΔΚ και το μέσο τμήμα του πέλματος. Οι μετρήσεις των πελματιαίων πιέσεων και η μηχανική των αρθρώσεων προσθέτουν δεδομένα σχετικά με την αξιολόγηση και θεραπεία.</p>

4.2.4 Αποτελέσματα ερευνών για το εύρος κίνησης των αρθρώσεων των ΔΠΝ ασθενών

(Πίνακας 10)

Το εύρος κίνησης των αρθρώσεων ομάδων ασθενών με ΔΠΝ ανέλυσαν 8 μελέτες (Henderson *et al.* 2019; Lamola *et al.* 2015; Petrovic *et al.* 2017; Sacco *et al.* 2015; Hsu, Liu and Lu, 2016; Scarton *et al.* 2017; Henderson, 2018; DiLiberto *et al.* 2015) συγκριτικά με ομάδες ασθενών υγιών ή διαβητικών χωρίς ΔΠΝ. Το ROM της κάμψης γόνατος ήταν μειωμένο σε 3 μελέτες (Petrovic *et al.* 2017; Sacco *et al.* 2015; Hsu Liu and Lu 2016), ενώ 1 μελέτη (Henderson *et al.*, 2019) παρουσίασε αυξημένο ROM κάμψης γόνατος στην αρχική φάση στάσης της βάδισης. Σε 2 έρευνες (Henderson *et al.* 2019; Sacco *et al.* 2015) φάνηκε το ROM της κάμψης ισχίου να είναι αυξημένο στους ΔΠΝ, ενώ 2 άλλες (Scarton *et al.* 2017; Petrovic *et al.*, 2017) είχαν μειωμένο ROM κάμψης ισχίου. Μία μόνο μελέτη (Hsu, Liu and Lu, 2016) βρήκε μειωμένο ROM στην προσαγωγή ισχίου. Το ROM της έκτασης ισχίου φάνηκε μειωμένο στην φάση ώθησης της βάδισης σε 3 μελέτες (Petrovic *et al.* 2017; Sacco *et al.* 2015; Scarton *et al.*, 2017) ενώ σε μία (Henderson *et al.*, 2019) φάνηκε αυξημένο στην μέση φάση στάσης της βάδισης. Στην ραχιαία κάμψη ΠΔΚ το ROM φάνηκε σε 4 μελέτες (Sacco *et al.* 2015; DiLiberto *et al.* 2015; Petrovic *et al.* 2017; Lamola *et al.*, 2015) μειωμένο και σε άλλες δύο (Henderson *et al.* 2019; Henderson, 2018) αυξημένο στην τελική φάση στάσης της βάδισης. Η πελματιαία κάμψη φάνηκε σε 4 μελέτες (Henderson *et al.* 2019; Petrovic *et al.* 2017; Scarton *et al.* 2017; Lamola *et al.* 2015; DiLiberto *et al.* 2015) μειωμένη στους ΔΠΝ. Μία μελέτη (DiLiberto *et al.*, 2015) μόνο βρήκε μειωμένο ROM σε όλα τα τμήματα του πέλματος σε οβελιαίο επίπεδο. Μια μελέτη (Henderson *et al.*, 2019) βρήκε σχετικά με το ROM της έκτασης των μεταταρσοφαλαγγικών αρθρώσεων αύξηση ενώ μία άλλη (Lamola *et al.*, 2015) βρήκε μειωμένο το ROM στην έκταση και την κάμψη των μεταταρσοφαλαγγικών των ΔΠΝ. Μεμονωμένες έρευνες (Scarton *et al.* 2017; Hsu, Liu and Lu, 2016) βρήκαν ακόμη μειωμένο ROM στην πρόσθια και πλάγια μετατόπιση της πύελου ενώ στο (Scarton *et al.*, 2017) ROM της στροφής πύελου φάνηκε αύξηση στους ΔΠΝ.

Πίνακας 10 Χαρακτηριστικά και αποτελέσματα ερευνών σχετικά με το εύρος κίνησης (ROM) των ΔΠΝ ασθενών

Αρθρο-Έτος	Δείγμα	Μέθοδος-Εργαλεία	Σκοπός	Παράμετροι	Αποτελέσματα	Συμπέρασμα
Hsu, Liu and Lu, (2016)	Σύνολο: 28 άτομα, 2 ομάδες, Διαβητικοί ασθενείς με ή χωρίς ΔΠΝ:14 Υγιής: 14	<ul style="list-style-type: none"> • Βάδιση και διάσχιση εμποδίων τριών διαφορετικών υψών, • Μέτρηση των δεδομένων κίνησης με τη χρήση συστήματος σύλληψης κίνησης και δύο δυναμοπλατφόρμες. 	Να εντοπιστούν οι παράγοντες κινδύνου για πτώση σε διαβητικούς ασθενείς με ή χωρίς ΔΠΝ κατά την αποφυγή εμποδίων	<ol style="list-style-type: none"> 1.Κατακόρυφη απόσταση δακτύλων από το έδαφος 2. Εύρος κίνησης 3. Αρθρικές ροπές 	<p>ΔΠΝ ασθενείς: 1.Μειωμένη κατακόρυφη απόσταση των δακτύλων του ποδιού από το έδαφος (p=0.04)</p> <p>2. Αυξημένο ROM πρόσθια κλίση της πυέλου (p=0.04)</p> <p>3. Μειωμένο ROM κάμψης γόνατος, προσαγωγής ισχίου του αιωρούμενου άκρου (p < 0.05)</p> <p>4. Αυξημένη ροπή προσπέλασης πελματιαίων καμπτήρων του μπροστινού άκρου (p=0.003)</p> <p>5.Μειωμένη μέγιστη ροπή της απαγωγής ισχίου (p=0.003). Σημαντική στατιστική διαφορά συγκριτικά των υγιών</p>	Αποδείχθηκε πως η δοκιμασία προσπέρασης εμποδίων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό και αξιολόγηση των αποκλίσεων στην βάδιση και για τον εντοπισμό του σχετικού κινδύνου να σκοντάψουν σε ασθενείς με διαβήτη τύπου II χωρίς ή σε πρώιμο στάδιο ΔΠΝ.
Henderson <i>et al.</i> (2018)	Σύνολο: 20 άτομα, 2 ομάδες ΔΠΝ ασθενείς:10 Υγιή: 10	<ul style="list-style-type: none"> •Μελέτη διατομής με βάδιση με ελεγχόμενη ταχύτητα (1 m/s) •Συλλογή δεδομένων για τις πελματιαίες πιέσεις, την κινηματική και την κινητική των κάτω άκρων των ασθενών ΔΠΝ σε σχέση με το υγιές δείγμα. •Για την μέτρηση χρησιμοποιήθηκαν 56 	Ανάλυση πελματιαίων πιέσεων και διαφορών στην βάδιση των ΔΠΝ ασθενών, με έλεγχο της ταχύτητας βάδισης και ενσωματώνοντας ένα μοντέλο πέλματος μέσα σε μία ανάλυση ολόκληρου του σώματος	<ol style="list-style-type: none"> 7. Μέγιστες αρθρικές ροπές 8. Εύρος κίνησης 9. Πελματιαίες πιέσεις 	<p>ΔΠΝ ασθενείς:</p> <p>1.Μειωμένη μέγιστη ροπή κάμψης ισχίου</p> <p>2.Αυξημένο ROM της ραχιαίας κάμψης της ΠΔΚ στην τελική φάση και ώθηση της φάσης στάσης</p> <p>3. Μικρότερη μέγιστη πελματιαία πίεση στα δάκτυλα του πέλματος</p> <p>Συγκριτικά των υγιών.</p>	Οι ασθενείς με ΔΠΝ δημιουργούν ένα μηχανισμό αντιστάθμισης με το ισχίο για να προσπεράσουν την μυϊκή αδυναμία που συνάδουν και με τις αλλαγές στην ΠΔΚ και το μέσο τμήμα του πέλματος. Οι μετρήσεις των πελματιαίων πιέσεων και η μηχανική των αρθρώσεων προσθέτουν δεδομένα σχετικά με την αξιολόγηση και θεραπεία.

		αντανακλαστικά σημάδια σε κάθε άτομο.				
Petrovic <i>et al.</i> (2017)	Σύνολο: 67 άτομα, 3 ομάδες, ΔΠΝ ασθενείς: 14 Διαβητικοί χωρίς ΔΠΝ: 22 Υγής: 31	Πραγματοποιήθηκε ανάλυση βάδισης χρησιμοποιώντας ένα σύστημα ανάλυσης κίνησης και δυναμοπλατφόρμες κατά την βάδιση σε ελεγχόμενες ταχύτητες βάδισης.	Ήταν να διερευνήσει την κατακόρυφη μετατόπιση του κέντρου μάζας και του μήκους βήματος ως πιθανό παράγοντα για το αυξημένο μεταβολικό κόστος βάδισης στα άτομα με διαβήτη	1.Μήκος βήματος 2.Δυνάμεις αντίδραση εδάφους (GRF) 3.Μέγιστη αρθρική ροπή 4.Εύρος κίνησης 5.Ρυθμός βάδισης	ΔΠΝ ασθενείς: 1.Υψηλότερες δυνάμεις αντίδρασης εδάφους (GRF) (P < 0.01) 2. Μειωμένη μέγιστη ροπή πελματιαίας κάμψης (P < 0.01) 3. Μειωμένο ROM στην ΠΔΚ, ισχίο και γόνατο (P < 0.01) 4. Μικρότερο μήκος βήματος και αυξημένο ρυθμό βάδισης (P < 0.05). Σημαντική στατιστική διαφορά συγκριτικά των υγιών	Αυτά τα ευρήματα δείχνουν ότι οι μύες της ΠΔΚ των ΔΠΝ ασθενών, θα πρέπει να παράγουν μικρότερες δυνάμεις προκειμένου να προσπεράσουν την εξωτερική αντίσταση κατά τη βάδιση σε σύγκριση με τους υγείς.
Scarton <i>et al.</i> (2017)	Σύνολο: 20 άτομα, 2 ομάδες ΔΠΝ ασθενείς: 10 Υγής: 10	<ul style="list-style-type: none"> Χρήση OpenSim για καταγραφή δεδομένων μυϊκών δυνάμεων σε δυναμικές προσομοιώσεις κίνησης. Η Student T δοκιμασία πραγματοποιήθηκε για σύγκριση της κινηματικής, της κινητικής των αρθρώσεων και της μυϊκής δύναμης μεταξύ των ομάδων. Χρήση 6 καμερών στεροφωτογραφικού 	Ήταν η εκτίμηση των μυϊκών δυνάμεων σε άτομα με ΔΠΝ συγκριτικά υγιών	4. Εύρος κίνησης 5. Αρθρικές ροπές 6. Μυϊκή δύναμη	ΔΠΝ ασθενείς: 1.Αυξημένο ROM στροφής λεκάνης (0.013 < P < 0.044) στο τέλος του κύκλου βάδισης 2. Μειωμένο ROM κάμψης- έκτασης ΠΔΚ (0.014 < P < 0.043) 3. Μειωμένο ROM κάμψης- έκτασης ισχίου (0.022 < P < 0.049) 4.Μειωμένο ROM πλάγιας μετατόπισης λεκάνης (0.042 < P < 0.049) 5. Μειωμένη ροπή στροφής της λεκάνης (0.039 < P < 0.043) στην μέση φάση στήριξης 6. Μειωμένη μυϊκή δύναμη του ισχνού, λαγόνιου, καμπτήρα δακτύλων του ποδιού, πρόσθιου κνημιαίου, μείζονα και ελάσσονα γλουτιαίου μυ (p < 0.05)	Από τα αποτελέσματα φάνηκε πως υπάρχει σημαντική συσχέτιση των αλλαγών στην βάδιση και της δημιουργίας ελκών. Η μελέτη αυτή καθιέρωσε την αποτελεσματική αξιολόγηση της παρουσίας αλλαγών στις μυϊκές δυνάμεις των ΔΠΝ ασθενών κατά τη διάρκεια της βάδισης.

		<p>συστήματος, 2 δυναμοπλατφόρμες και 16 ηλεκτρομυογραφικοί αισθητήρες για μέτρηση κινητικής, κινηματικής και μυϊκών δυνάμεων.</p>			Σημαντική στατιστική διαφορά με το υγιές δείγμα.	
Sacco <i>et al.</i> (2015)	<p>Σύνολο: 38 άτομα, 3 ομάδες, ΔΠΝ ασθενείς: 14 Διαβητικοί χωρίς ΔΠΝ: 12 Υγιής: 12</p>	<ul style="list-style-type: none"> Μέτρηση και σύγκριση των μέγιστων ροπών κάμψης και έκτασης, της κινηματικής της ΠΔΚ, γόνατος και ισχίου μεταξύ των ομάδων. 3D ανάλυση με χρήσης αντανακλαστικών σημαδιών και 6 κάμερες καταγραφής για τις στατικές δοκιμασίες και μια δυναμοπλατφόρμα. 	<p>Εντοπισμός διαφορών στις αρθρικές ροπές του κάτω άκρου και της κινηματικής του στην βάρδιση σε διαφορετικά στάδια διαβήτη.</p>	<p>3. Εύρος κίνησης 4. Αρθρικές ροπές</p>	<p>ΔΠΝ ασθενείς:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Αυξημένο ROM κάμψης ισχίου στην αρχική επαφή της φάσης στάσης βάρδισης ($p= 0.018$) συγκριτικά των διαβητικών χωρίς ΔΠΝ και υγιών 2. Μειωμένο ROM έκτασης ισχίου στην φάση ώθησης ($p= 0.001$) συγκριτικά των υγιών 3. Μειωμένο ROM κάμψης γόνατος ($p=0.026$) συγκριτικά των διαβητικών χωρίς ΔΠΝ 4. Μειωμένο ROM έκτασης ΠΔΚ στην αρχική επαφή της φάσης στάσης συγκριτικά των υγιών ($p=0.012$) 5. Μειωμένη ροπή έκτασης ισχίου ($p=0.001$) αρχική επαφή της φάσης στάσης 6. Αυξημένη ροπή κάμψης ισχίου ($p=0.001$) στην φάση ώθησης 7. Μειωμένη ροπή κάμψης γόνατος στην τελική μέση φάση στάσης ($p=0.003$) <p>Σημαντική στατιστική διαφορά συγκριτικά των υγιών</p> <ol style="list-style-type: none"> 8. Μειωμένη ροπή έκτασης γόνατος ($p=0.004$) συγκριτικά των διαβητικών χωρίς ΔΠΝ 	<p>Εμβιομηχανικές αλλαγές στην βάρδιση στους διαβητικούς ασθενείς, ενώ ακόμη οι ΔΠΝ ασθενείς χρησιμοποιούσαν την άρθρωση του ισχίου ως μηχανισμό ώθησης του σώματος προς τα εμπρός αντί για την ΠΔΚ.</p>

					9. Μειωμένη ροπή έκτασης ΠΔΚ στην ώθηση της φάσης στάσης (p=0.004) συγκριτικά των υγιών και διαβητικών χωρίς ΔΠΝ	
DiLiberto <i>et al.</i> (2015)	Σύνολο: 30 άτομα, ΔΠΝ ασθενείς: 15, Υγιής άτομα: 15	<ul style="list-style-type: none"> • Βάδιση σε ελεγχόμενη ταχύτητα με 3 προσπάθειες σε μία δυναμοπλατφόρμα. • Χρήση ένα μοντέλο ποδιών πέντε τμημάτων (1ο, 3ο και 5ο μετατάρσια, πτέρνα, κνήμη) για την εξέταση των σχετικών τρισδιάστατων γωνιακών ροπών κατά τη τελική φάση στάσης βάδισης. • T-test για αξιολόγηση της κινηματικής • Συντελεστής συσχέτισης γινομένου ροπής Pearson για την αξιολόγηση των σχέσεων μεταξύ της κίνησης των επιμέρους μεταταρσίων και του ενοποιημένου πρόσθιου τμήματος του πέλματος. 	3D εξέταση της κινηματικής in-vivo γωνιακές ροπές των μεμονωμένων τμημάτων των μεταταρσίων και το ενοποιημένο πρόσθιο τμήμα πέλματος σε άτομα με ΣΔ και ΔΠΝ χωρίς παραμόρφωση ή έλκος συγκριτικά μια υγιή ομάδα ελέγχου	1. Αρθρικές ροπές 2. Εύρος κίνησης	Ομάδα ΔΠΝ: 1. Μειωμένο ROM όλων των τμημάτων του πέλματος σε οβελιαίο επίπεδο (p<0,01). 2. Μειωμένη ροπή στο ενοποιημένο πρόσθιο τμήμα του πέλματος, του 3 ^{ου} και 5 ^{ου} μεταταρσίου (p ≤ 0.02). Σημαντική στατιστική διαφορά συγκριτικά των υγιών	Μειωμένη κίνηση σε άτομα με ΔΠΝ. Σύγκριση μεμονωμένων κινήσεων μεταταρσίων και ενοποιημένου πρόσθιου τμήματος του πέλματος υποστηρίζει τη χρήση μιας προσέγγισης μοντελοποίησης δυο τμημάτων του πρόσθιου τμήματος του πέλματος σε μελλοντικές κινηματικές μελέτες. Συνιστάται συνεχής μελέτη για να προσδιοριστεί εάν το ανιχνευμένο κινηματικό προφίλ της λειτουργίας των πελμάτων των ατόμων με ΔΠΝ σχετίζεται με την ανάπτυξη παραμόρφωσης και βλάβης των ιστών
Lamola <i>et al.</i> (2015)	Σύνολο: 30 άτομα, 3 ομάδες ΔΠΝ ασθενείς χωρίς έλκη: 10	<ul style="list-style-type: none"> • Ανάλυση βάδισης σε 3D μορφή με αυτοεπιλεγόμενη ταχύτητα 	Ήταν η προσπάθεια να εντοπιστούν οι πρόμοιοι εμβιομηχανικοί παράγοντες που	1. Εύρος κίνησης 2. Μήκος βήματος	ΔΠΝ ασθενείς χωρίς έλκη: 1. Μειωμένο ROM της έκτασης και κάμψης των μεταταρσοφαλαγγικών αρθρώσεων (P = 0.0039) και της ΠΔΚ άρθρωσης. 2. Μικρότερο μήκος βήματος (P = 0.0248)	Από τα αποτελέσματα βγήκε το συμπέρασμα ότι η κινηματική των τμημάτων του πέλματος, μαζί με το μήκος βήματος μπορούν να θεωρηθούν δείκτες επιδείνωσης της ΔΠΝ.

Διαβητικοί χωρίς ΔΠΝ: 10 ΔΠΝ με έλκη:10	<ul style="list-style-type: none"> • Μέτρηση χωροχρονικών, κινηματικής, κινητικής παραμέτρου στις αρθρώσεις της ΠΔΚ και των πελμάτων. • Η σύγκριση των δεδομένων έγινε με χρήση 1-way ANOVA και την δοκιμασία Tukey HSD. 	σχετίζονται με την εξέλιξη της ΔΠΝ.		Σημαντική στατιστική διαφορά των ΔΠΝ με έλκη	Έτσι να δημιουργηθούν στόχοι για πρόληψη της περαιτέρω επιδείνωσης.
-----------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------	--	----------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------

4.2.5 Αποτελέσματα ερευνών για την μυϊκή δύναμη των ΔΠΝ ασθενών

(Πίνακας 11)

Τα αποτελέσματα της μυϊκής δύναμης των μυών του κάτω άκρου των ΔΠΝ ασθενών αναλύθηκαν σε 5 έρευνες (Brown *et al.* 2016; Almurthi *et al.* 2016; Camargo *et al.* 2015; Gomes *et al.* 2017; Scarton *et al.* 2017). Μια μελέτη (Almurthi *et al.*, 2016) ανέφερε πως υπήρξε μειωμένη δύναμη των εκτεινόντων του γόνατος, άλλη μία (Brown *et al.*, 2016) ανέφερε μειωμένη δύναμη στους μύες του γόνατος ενώ ακόμη βρήκε αυξημένη λειτουργική δύναμη στους μύς του γόνατος κατά την κατάβαση σκαλιών. Μειωμένη μυϊκή δύναμη παρατηρήθηκε από 2 έρευνες (Camargo *et al.* 2015; Gomes *et al.* 2017) για τους πελματιαίους και ραχιαίους καμπτήρες της ΠΔΚ των ΔΠΝ ενώ μία μόνο μελέτη (Brown *et al.*, 2016) ανέφερε αυξημένες λειτουργικές δυνάμεις στην ΠΔΚ κατά την κατάβαση σκαλιών. Μία μελέτη (Gomes *et al.*, 2017) έδειξε μειωμένη δύναμη στον υποκνημίδιο, την έσω κεφαλή του γαστροκνημίου στην φάση ώθησης της βάδισης, μειωμένη δύναμη παρουσίασε επίσης στους μακρύ και βραχύ περωναίο ενώ η έξω κεφαλή του γαστροκνημίου είχε αυξημένη δύναμη στους ΔΠΝ. Μείωση φάνηκε σε άλλη μία μελέτη (Scarton *et al.*, 2017) στους ισχνό, λαγόνιο, καμπτήρα των δακτύλων του ποδιού, πρόσθιου κνημιαίου, μείζονα και ελάσσονα γλουτιαίου μυ των ΔΠΝ.

Η μελέτη του *Almurdhi et al.* (2016) είχε δείγμα 40 ατόμων σύνολο, με 2 ομάδες, 20 Διαβητικών με ή χωρίς ΔΠΝ και 20 υγιών ατόμων. Έγινε αξιολόγηση του μεγέθους και της δύναμης των εκτεινόντων, καμπτήρων του γόνατος, τους πελματιαίους και ραχιαίους καμπτήρες της ΠΔΚ σε σχέση με την σοβαρότητα της ΔΠΝ, του ποσού του ενδομυϊκού με συσταλτού ιστού και τα επίπεδα της βιταμίνης D. Τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν το ισοκινητικό δυναμόμετρο όπου μέτρησε τις αρθρικές ροπές και το MRI (μαγνητικό τομογράφος) για την καταγραφή αξονικού επιπέδου εικόνες των μυών του κάτω άκρου. Σκοπός της ήταν η ποσοτικοποίηση του μεγέθους και της μυϊκής δύναμης των μυών σε ασθενείς με διαβήτη σε σχέση με την σοβαρότητα της ΔΠΝ, του ενδομυϊκού μυ συσταλτού ιστού και της ανεπάρκεια της βιταμίνης D. Τα αποτελέσματα που έδειξε ήταν μειωμένη μυϊκή δύναμη εκτεινόντων γόνατος με στατιστικά σημαντική διαφορά συγκριτικά των ομάδων χωρίς ΔΠΝ. Το συμπέρασμα της ήταν ότι οι ασθενείς με διαβήτη έχουν σημαντική μείωση της δύναμης στους εγγύς και άπω μυς του κάτω άκρου αλλά λόγω μεγάλης συσσώρευσης λίπους δεν υπήρξε μείωση του όγκου στου άπω μυς. Έτσι οι εγγύς μυς σχετίζονται με την σοβαρότητα της ΔΠΝ. Η μελέτη του *Gomes et al.* (2017) χρησιμοποίησε 30 άτομα συνολικά δείγματος, 3 ομάδων, 10 ΔΠΝ ασθενών, 10 διαβητικών χωρίς ΔΠΝ και 10 υγιών ατόμων. Χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα των δυνάμεων αντίδρασης εδάφους και κινηματικής για την αξιολόγηση μέσω του OpenSim λογισμικού. Οι συμμετέχοντες πραγματοποίησαν βάδιση με αυτοεπιλεγούμενη ταχύτητα. Οι μυϊκές δυνάμεις υπολογίστηκαν με στατική βελτιστοποίηση ενώ οι μέγιστες δυνάμεις των μυών συγκρίθηκαν μέσω του συστήματος MANOVA και καταγράφηκαν με σύστημα καταγραφής κίνησης 6 υπέρυθρων καμερών. Σκοπός της όπως ανέφερε ήταν η εκτίμηση των προτύπων κατανομής των μυϊκών δυνάμεων του κάτω άκρου κατά την βάδιση μεταξύ ασθενών με ΔΠΝ, διαβητικούς χωρίς ΔΠΝ και υγίης. Τα αποτελέσματα που βγήκαν ήταν μειωμένη μέγιστη δύναμη του υποκνημίδιου και μέγιστη δύναμη της έσω κεφαλής γαστροκνημίου στην φάση ώθησης συγκριτικά των διαβητικών χωρίς ΔΠΝ. Ακόμη αυξημένη μυϊκή δύναμη έξω κεφαλής γαστροκνημίου και αυξημένες μέγιστες μυϊκές δυνάμεις μακρύ και βραχύ περωναίου συγκριτικά των διαβητικών χωρίς ΔΠΝ και των υγιών. Τα συμπεράσματα που βγήκαν ήταν ότι δεν υπήρξαν εμφανείς αλλαγές στα πατέντα βάδισης των ομάδων. Ακόμη φάνηκε να υπάρχει μείωση της δύναμης του υποκνημίδιου στους διαβητικούς χωρίς ΔΠΝ και στην έσω κεφαλή του γαστροκνημίου στους ΔΠΝ ασθενείς. Οι διαβητικοί φάνηκε να έχουν αύξηση της δύναμης στον τετρακέφαλο μυ στην αρχική φάση στάσης και μείωση στον ιγνυακό στην τελική φάση αιώρησης. Τέλος οι ΔΠΝ ασθενείς φαίνεται να αντικαθιστούν τις μειωμένες δυνάμεις των κάτω άκρων με την αύξηση της δύναμης του ιγνυακού μυ στην φάση ώθησης.

Πίνακας 11 Χαρακτηριστικά και αποτελέσματα ερευνών σχετικά με την μυϊκή δύναμη των ΔΠΝ ασθενών

Άρθρο-Έτος	Δείγμα	Μέθοδος-Εργαλεία	Σκοπός	Παράμετροι	Αποτελέσματα	Συμπέρασμα
Almurdhi <i>et al.</i> (2016)	Σύνολο: 40 άτομα, 2 ομάδες, Διαβητικοί ασθενείς με ή χωρίς ΔΠΝ: 20 Υγιής: 20	<ul style="list-style-type: none"> Αξιολόγηση του μεγέθους και της δύναμης των εκτεινόντων, καμπτήρων του γόνατος, τους πελματιαίους και ραχιαίους καμπτήρες της ΠΔΚ σε σχέση με την σοβαρότητα της ΔΠΝ, του ποσού του ενδομυϊκού με συσταλού ιστού και τα επίπεδα της βιταμίνης D. Τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν το ισοκινητικό δυναμόμετρο όπου μέτρησε τις αρθρικές ροπές και το MRI (μαγνητικό τομογράφος) για την καταγραφή αξονικού επιπέδου εικόνες των μυών του κάτω άκρου. 	Ποσοτικοποίηση του μεγέθους και της μυϊκής δύναμης των μυών σε ασθενείς με διαβήτη σε σχέση με την σοβαρότητα της ΔΠΝ, του ενδομυϊκού συσταλού ιστού και της ανεπάρκεια της βιταμίνης D.	1. Μυϊκή δύναμη	ΔΠΝ ασθενείς: 1. Μειωμένη μυϊκή δύναμη εκτεινόντων γόνατος (p=0.028) Στατιστικά σημαντική διαφορά συγκριτικά των ομάδων χωρίς ΔΠΝ.	Οι ασθενείς με διαβήτη έχουν σημαντική μείωση της δύναμης στους εγγύς και άπω μυς του κάτω άκρου αλλά λόγω μεγάλης συσσώρευσης λίπους δεν υπήρξε μείωση του όγκου στου άπω μυς. Έτσι οι εγγύς μυς σχετίζονται με την σοβαρότητα της ΔΠΝ.
Gomes <i>et al.</i> (2017)	Σύνολο: 30 άτομα, 3 ομάδες, ΔΠΝ ασθενείς: 10 Διαβητικοί χωρίς ΔΠΝ: 10 Υγιής: 10	<ul style="list-style-type: none"> Χρήση του OpenSim λογισμικού δεδομένων για αξιολόγηση των δυνάμεων αντίδρασης εδάφους και κινηματικής. Βάδιση με αυτοεπιλεγόμενη ταχύτητα. Οι μυϊκές δυνάμεις υπολογίστηκαν με στατική βελτιστοποίηση ενώ οι 	Η εκτίμηση των προτύπων κατανομής των μυϊκών δυνάμεων του κάτω άκρου κατά την βάδιση μεταξύ ασθενών με ΔΠΝ, διαβητικούς χωρίς ΔΠΝ και υγιής.	1. Μυϊκή δύναμη	ΔΠΝ ασθενείς: 1. Μειωμένη μέγιστη δύναμη του υποκνημίδιου (p=0.024) και μέγιστη δύναμη της έσω κεφαλής γαστροκνημίου (p=0.037) στην φάση ώθησης συγκριτικά των διαβητικών χωρίς ΔΠΝ 2. Αυξημένη μυϊκή δύναμη έξω κεφαλής γαστροκνημίου (p=0.021) συγκριτικά των διαβητικών χωρίς ΔΠΝ και των υγιών	Από τα αποτελέσματα προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα ότι δεν υπήρξαν εμφανείς αλλαγές στα πατέντα βάδισης των ομάδων. Ακόμη φάνηκε να υπάρχει μείωση της δύναμης του υποκνημίδιου στους διαβητικούς χωρίς ΔΠΝ και στην έσω κεφαλή του

		μέγιστες δυνάμεις των μυών συγκρίθηκαν μέσω του συστήματος MANOVA και καταγράφηκαν με σύστημα καταγραφής κίνησης 6 υπέρυθρων καμερών			3. Αυξημένες μέγιστες μυϊκές δυνάμεις μακρύ και βραχύ περονιαίου ($p < 0.001$)	γαστροκνημίου στους ΔΠΝ ασθενείς. Οι διαβητικοί φάνηκε να έχουν αύξηση της δύναμης στον τετρακέφαλο μυ στην αρχική φάση στάσης και μείωση στον ιγνυακό στην τελική φάση αιώρησης. Τέλος οι ΔΠΝ ασθενείς φαίνεται να αντικαθιστούν τις μειωμένες δυνάμεις των κάτω άκρων με την αύξηση της δύναμης του ιγνυακού μυ στην φάση ώθησης.
Brown <i>et al.</i> (2016)	Σύνολο: 93 άτομα, 3 ομάδες ΔΠΝ ασθενείς: 22 Διαβητικοί χωρίς ΔΠΝ:39 Υγιής:32	<p>Πραγματοποιήθηκε:</p> <ul style="list-style-type: none"> • μέτρηση αρθρικών ροπών κάτω άκρων ασθενών με ΔΠΝ, διαβητικούς χωρίς ΔΠΝ και υγιή άτομα κατά το ανεβοκατέβασμα σκαλιών φορώντας ειδικά υποδήματα. • 59 συμμετέχοντες αξιολογήθηκαν στη μέγιστη ισοκινητική αρθρική ροπή της ΠΔΚ και του γόνατος (μυϊκή δύναμη). • Η κινηματική μετρήθηκε με την χρήση 10 καμερών Vicon σύστημα και 56 αντανακλώμενων σημαδιών. 	Διερεύνηση εμβιομηχανικής κάτω άκρων κατά την διάρκεια βάρδισης σε σκαλιά ασθενών με διαβήτη με και χωρίς ΔΠΝ	<ol style="list-style-type: none"> 1. Μέγιστες αρθρικές ροπές ΠΔΚ και γόνατος 2. Μυϊκή δύναμη ΠΔΚ και γόνατος 3. Ταχύτητα βάρδισης 4. Λειτουργικές δυνάμεις ΠΔΚ και γόνατος 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ΔΠΝ & διαβητικοί ασθενείς: μειωμένη ταχύτητα βάρδισης κατά την ανάβαση και κατάβαση σκάλας ($p < 0.05$) 2. ΔΠΝ ασθενείς: Μειωμένες μέγιστες ροπές στην ΠΔΚ και γόνατο κατά την ανάβαση ($p < 0.05$) και μειωμένη ροπή στο γόνατο κατά την κατάβαση ($p < 0.05$) 3. ΔΠΝ ασθενείς: Μειωμένη μυϊκή δύναμη των μυών του γόνατος και ΠΔΚ ($p < 0.05$) 4. Αυξημένες λειτουργικές δυνάμεις στην ΠΔΚ και γόνατο των ΔΠΝ κατά την κατάβαση ($p < 0.05$) <p>Σημαντική στατιστική διαφορά με τους υγιείς.</p>	Μειωμένη ταχύτητα βάρδισης στους ΔΠΝ κατά την διάρκεια βάρδισης στα σκαλιά με συσχέτιση της μειωμένης μυϊκής δύναμης του κάτω άκρου. Υψηλές λειτουργικές δυνάμεις κατά την κάθοδο των σκαλιών οδηγώντας σε αστάθεια.

		<ul style="list-style-type: none"> • Η μέγιστη ισοκινητική ροπή των αρθρώσεων μετρήθηκαν με ισοκινητικό δυναμόμετρο 				
Camargo <i>et al.</i> (2015)	<p>Σύνολο: 60 άτομα, 2 ομάδες ΔΠΝ ασθενείς: 30 Υγιής: 30</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Μέτρηση χωροχρονικών παράμετρων κατά την βάδιση 11 μέτρων με αυτοεπιλεγούμενης και μέγιστης ταχύτητας βάδισης. • Η λειτουργική ικανότητα και απόδοση ισορροπίας μετρήθηκαν με τις δοκιμασίες Time Up and Go και Functional Reach Test. • Η ισομετρική μυϊκή δύναμη της ΠΔΚ υπολογίστηκε με ψηφιακό δυναμόμετρο. 	<p>Αξιολόγηση ισορροπίας, μυϊκής δύναμης της ΠΔΚ και χωροχρονικών παραμέτρων ατόμων με ΔΠΝ. Εξακρίβωση συσχέτισης ελλείμματος στις χωροχρονικές παραμέτρους με την μειωμένη μυϊκή δύναμη στην ΠΔΚ και την ισορροπία.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ταχύτητα βάδισης 2. Μυϊκή δύναμη 	<p>ΔΠΝ ασθενείς: 1.Μειωμένη ταχύτητα βάδισης ($p < 0.001$) Σημαντική στατιστική συγκριτικά των υγιών κατά την αυτοεπιλεγούμενη ταχύτητα βάδισης. 2.Μειωμένη μυϊκή δύναμη στους ραχιαίους ($p < 0.001$) και πελματιαίους καμπτήρες ($p < 0.001$) της ΠΔΚ</p>	<p>Η λειτουργική κινητικότητα και η ισορροπία των ΔΠΝ ασθενών είναι σημαντικά επηρεασμένες καθώς η ισορροπία και η μυϊκή δύναμη της ΠΔΚ είναι παράγοντες που προβλέπουν τις χωροχρονικές παραμέτρους στους ΔΠΝ.</p>
Scarton <i>et al.</i> (2017)	<p>Σύνολο: 20 άτομα, 2 ομάδες ΔΠΝ ασθενείς: 10 Υγιή: 10</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Χρήση OpenSim για καταγραφή δεδομένων μυϊκών δυνάμεων σε δυναμικές προσομοιώσεις κίνησης. • Η Student T δοκιμασία πραγματοποιήθηκε για σύγκριση της κινηματικής, της κινητικής των αρθρώσεων και της μυϊκής δύναμης μεταξύ των ομάδων. • Χρήση 6 καμερών στεροφωτογραφικού συστήματος, 2 	<p>Ήταν η εκτίμηση των μυϊκών δυνάμεων σε άτομα με ΔΠΝ συγκριτικά υγιών</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Εύρος κίνησης 2. Αρθρικές ροπές 3. Μυϊκή δύναμη 	<p>ΔΠΝ ασθενείς: 1.Αυξημένο ROM στροφής λεκάνης ($0.013 < P < 0.044$) στο τέλος του κύκλου βάδισης 2. Μειωμένο ROM κάμψης- έκτασης ΠΔΚ ($0.014 < P < 0.043$) 3. Μειωμένο ROM κάμψης- έκτασης ισχίου ($0.022 < P < 0.049$) 4.Μειωμένο ROM πλάγιας μετατόπισης λεκάνης ($0.042 < P < 0.049$) 5. Μειωμένη ροπή στροφής της λεκάνης ($0.039 < P < 0.043$) στην μέση φάση στήριξης</p>	<p>Από τα αποτελέσματα φάνηκε πως υπάρχει σημαντική συσχέτιση των αλλαγών στην βάδιση και της δημιουργίας ελκών. Η μελέτη αυτή καθιέρωσε την αποτελεσματική αξιολόγηση της παρουσίας αλλαγών στις μυϊκές δυνάμεις των ΔΠΝ ασθενών κατά τη διάρκεια της βάδισης.</p>

		δυναμοπλατφόρμες και 16 ηλεκτρομυογραφικοί αισθητήρες για μέτρηση κινητικής, κινηματικής και μυϊκών δυνάμεων.			6. Μειωμένη μυϊκή δύναμη του ισχνού, λαγόνιου, καμπτήρα δακτύλων του ποδιού, πρόσθιου κνημιαίου, μείζονα και ελάσσονα γλουτιαίου μυ (p < 0.05) Σημαντική στατιστική διαφορά με το υγιές δείγμα.	
--	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

4.2.6 Αποτελέσματα ερευνών για μεμονωμένες παραμέτρους των ΔΠΝ ασθενών

Η μελέτη του Kang *et al.* (2020) ανέφερε αυξημένες πλάγιες ταλαντώσεις του σώματος στην dual-task δοκιμασία όπου οι ασθενείς βάδισαν ελεύθερα μετρώντας αντίστροφα. Η έρευνα του Petrovic *et al.* (2017) ήταν η μοναδική που μετρήσε την δύναμη αντίδρασης εδάφους (GRF) και βρήκε αύξηση στους ΔΠΝ. Οι Hsu, Liu and Lu (2016) στην ανάλυση βάρδισης με εμπόδια αυξανόμενου ύψους βρήκαν μειωμένη κατακόρυφη απόσταση των δακτύλων του πέλματος από το έδαφος κατά την υπέρβαση των εμποδίων στους ΔΠΝ ασθενείς.

Άρθρο-Έτος	Δείγμα	Μέθοδος-Εργαλεία	Σκοπός	Παράμετροι	Αποτελέσματα	Συμπέρασμα
Hsu, Liu and Lu, (2016)	Σύνολο: 28 άτομα, 2 ομάδες, Διαβητικοί ασθενείς με ή χωρίς ΔΠΝ:14 Υγιής: 14	<ul style="list-style-type: none"> • Βάρδιση και διάσχιση εμποδίων τριών διαφορετικών υψών, • Μέτρηση των δεδομένων κίνησης με τη χρήση συστήματος σύλληψης κίνησης και δύο δυναμοπλατφόρμες. 	Να εντοπιστούν οι παράγοντες κινδύνου για πτώση σε διαβητικούς ασθενείς με ή χωρίς ΔΠΝ κατά την αποφυγή εμποδίων	<ol style="list-style-type: none"> 1.Κατακόρυφη απόσταση δακτύλων από το έδαφος 2. Εύρος κίνησης 3. Αρθρικές ροπές 	ΔΠΝ ασθενείς: <ol style="list-style-type: none"> 1.Μειωμένη κατακόρυφη απόσταση των δακτύλων του ποδιού από το έδαφος (p=0.04) 2. Αυξημένο ROM πρόσθια κλίση της πυέλου (p=0.04) 3. Μειωμένο ROM κάμψης γόνατος, προσαγωγής ισχίου του αιωρούμενου άκρου (p < 0.05) 4. Αυξημένη ροπή προσπέλασης πελματιαίων καμπτήρων του μπροστινού άκρου (p=0.003) 5.Μειωμένη μέγιστη ροπή της παραγωγής ισχίου (p=0.003). Σημαντική στατιστική διαφορά συγκριτικά των υγιών 	Αποδείχθηκε πως η δοκιμασία προσπέρασης εμποδίων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό και αξιολόγηση των αποκλίσεων στην βάρδιση και για τον εντοπισμό του σχετικού κινδύνου να σκοντάψουν σε ασθενείς με διαβήτη τύπου II χωρίς ή σε πρώιμο στάδιο ΔΠΝ.

Petrovic <i>et al.</i> (2017)	Σύνολο: 67 άτομα, 3 ομάδες, ΔΠΝ ασθενείς: 14 Διαβητικοί χωρίς ΔΠΝ: 22 Υγιής: 31	Πραγματοποιήθηκε ανάλυση βάρδισης χρησιμοποιώντας ένα σύστημα ανάλυσης κίνησης και δυναμοπλατόφωρες κατά την βάρδιση σε ελεγχόμενες ταχύτητες βάρδισης.	Ήταν να διερευνηθεί την κατακόρυφη μετατόπιση του κέντρου μάζας και του μήκους βήματος ως πιθανό παράγοντα για το αυξημένο μεταβολικό κόστος βάρδισης στα άτομα με διαβήτη	1.Μήκος βήματος 2.Δυνάμεις αντίδραση εδάφους (GRF) 3.Μέγιστη αρθρική ροπή 4.Εύρος κίνησης 5.Ρυθμός βάρδισης	ΔΠΝ ασθενείς: 1.Υψηλότερες δυνάμεις αντίδρασης εδάφους (GRF) (P < 0.01) 2. Μειωμένη μέγιστη ροπή πελματιαίας κάμψης (P < 0.01) 3. Μειωμένο ROM στην ΠΔΚ, ισχίο και γόνατο (P < 0.01) 4. Μικρότερο μήκος βήματος και αυξημένο ρυθμό βάρδισης (P < 0.05). Σημαντική στατιστική διαφορά συγκριτικά των υγιών	Αυτά τα ευρήματα δείχνουν ότι οι μύες της ΠΔΚ των ΔΠΝ ασθενών, θα πρέπει να παράγουν μικρότερες δυνάμεις προκειμένου να προσπεράσουν την εξωτερική αντίσταση κατά τη βάρδιση σε σύγκριση με τους υγιείς.
Kang <i>et al.</i> (2020)	Σύνολο:71 άτομα, 2 ομάδες, ΔΠΝ ασθενείς: 38 Υγιής: 33	<ul style="list-style-type: none"> Αξιολόγηση των βημάτων, ταχύτητας, απόστασης και δυναμική ισορροπίας στη φάση έναρξης της βάρδισης Χρήση αλγόριθμου με βάση την εφαρμογή αισθητήρων και εκτέλεση single-task και dual-task δοκιμασίες. Οι συμμετέχοντες βάδισαν για τουλάχιστον 10 μέτρα. Στην single-task πραγματοποίησαν χαλαρή βάρδιση ενώ κατά την dual-task κανονική βάρδιση με ταυτόχρονη αντίστροφη μέτρηση. 	Ο προσδιορισμός της πιθανής συμβολής των μεταβλητών της έναρξης της βάρδισης στον εντοπισμό του βαθμού επιρροής της ΔΠΝ στην βάρδιση	1.Ταχύτητα βάρδισης 2.Αριθμός βημάτων 3.Πλάγιες ταλαντώσεις σώματος	ΔΠΝ ασθενείς: 1. Μειωμένη ταχύτητα βάρδισης και στις δύο δοκιμασίες (p < 0.05) 2. Αυξημένος μέσος αριθμός βημάτων στην single-task δοκιμασία (p < 0.05) 3. Αυξημένος αριθμός βημάτων και απόστασης για σταθερή κατάσταση βάρδισης (p < 0.05) κατά την dual-task δοκιμασία 4.Αυξημένες πλάγιες ταλαντώσεις του σώματος (p < 0.05) κατά την dual-task δοκιμασία. Σημαντική στατιστική διαφορά συγκριτικά των υγιών	Η ΔΠΝ σχετίζεται με διαταραχές στην φάση έναρξης σε ΔΠΝ ασθενείς. Τα δεδομένα της απόστασης, του ρυθμού βημάτων ώστε να φτάσει η βάρδιση σε σταθερή κατάσταση καθώς και η πλάγια ταλάντευση του σώματος κατά την βάρδιση υποδηλώνουν την διαταραχή της βάρδισης λόγω της ΔΠΝ.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε και έγινε ανάλυση των εμβιομηχανικών παραμέτρων καθώς και η ίδια η πάθηση της διαβητικής περιφερικής νευροπάθειας, ενώ ακόμη αναλύθηκαν εκτενώς με ποιο τρόπο επηρεάζει τις παραμέτρους και τι κινδύνους εγκυμονούν αυτές οι εμβιομηχανικές αλλαγές στην βάδιση, την ισορροπία, την δημιουργία ελκών και την γενικά την ποιότητα ζωής των ατόμων. Οι εμβιομηχανικές αλλαγές στην βάδιση είναι ήδη φανερές στους διαβητικούς ασθενείς που πάσχουν από ΔΠΝ από τις ήδη υπάρχουσες μελέτες των μετα-αναλύσεων του Hazari *et al.* (2016) και Fernando *et al.* (2013).

Στην παρούσα ανασκόπηση οι χωροχρονικές παράμετροι φάνηκε να έχουν επηρεαστεί στους ασθενείς με ΔΠΝ, συγκεκριμένα η ταχύτητα βάδισης στα αποτελέσματα των 4 νεότερων μελετών, που αναλύθηκαν φάνηκε να είναι μειωμένη στους ΔΠΝ ασθενείς συγκριτικά των υγιών και διαβητικών χωρίς ΔΠΝ με σημαντική στατιστική αξία. Από τις ήδη υπάρχουσες μελέτες των μετα-αναλύσεων του Hazari *et al.* (2016) και Fernando *et al.* (2013) οι χωροχρονικές παράμετροι αναλύθηκαν σε 12 μελέτες, οι πλειοψηφία των μελετών επιβεβαίωσαν ότι η ταχύτητα βάδισης ήταν μειωμένη στους ΔΠΝ ασθενείς συγκριτικά των υγιών και διαβητικών με ΔΠΝ, ενώ σε αντίθετη άποψη ήρθαν 2 μελέτες που βρήκαν αυξημένη την ταχύτητα στους ΔΠΝ ασθενείς.

Για το μήκος βήματος και οι 4 έρευνες της ανασκόπησης έδειξαν ομόφωνα ότι ήταν μειωμένο στους ΔΠΝ ασθενείς ενώ 5 προηγούμενες μελέτες των μετα-αναλύσεων έδειξαν επίσης πως υπήρχε σημαντική μείωση του μήκους βήματος των ΔΠΝ ασθενών με τον υγιή πληθυσμό ή με διαβητικούς χωρίς ΔΠΝ. Σύμφωνα με το Lamola *et al.* (2015) το μήκος βήματος μπορεί να θεωρηθεί σημαντικός δείκτης επιδείνωσης της ΔΠΝ και με την έγκυρη αξιολόγηση του να συμβάλλει στην πρόληψη της επιδείνωσης της νόσου μέσα από ένα προληπτικό σχεδιασμό. Όσο αφορά τον ρυθμό της βάδισης μόνο 2 μελέτες (Petrovic *et al.*, 2019; Petrovic *et al.*, 2017) προέκυψαν από την ανασκόπηση που στήριζαν ομόφωνα πως υπήρξε με υψηλή στατιστική σημασία, αύξηση του ρυθμού βάδισης. Δεν βρέθηκαν αντίστοιχες προηγούμενες μελέτες.

Οι κινηματικές αλλαγές αναλύθηκαν στην ανασκόπηση από 8 μελέτες για το εύρος κίνησης (ROM) τα ευρήματα έδειξαν ότι ROM της κάμψης γόνατος ήταν μειωμένο στις περισσότερες μελέτες ενώ 1 μελέτη ήρθε σε αντίθεση και παρουσίασε αυξημένο ROM κάμψης γόνατος στην αρχική φάση στάσης της βάδισης. Μία μόνο προηγούμενη έρευνα των μετα-αναλύσεων (Gomes *et al.*, 2011) ανέλυσε την κινηματική των ΔΠΝ ασθενών και ανέφερε μειωμένο μέγιστο ROM για την κάμψη και έκταση του γόνατος στους ΔΠΝ συγκριτικά με

υγής και διαβητικούς χωρίς ΔΠΝ συμφωνώντας με την πλειοψηφία των νεότερων μελετών. Σε ότι αφορά το εύρος κίνησης στο ισχίο οι μελέτες της ανασκόπησης με σημαντική στατιστική σημασία ήρθαν σε αντίθεση καθώς οι μισές μελέτες αναφέρουν αυξημένο ROM στην κάμψη ισχίου και οι άλλες μισές μειωμένο ROM κάμψης. Το ROM για την έκταση του ισχίου ήταν στην πλειοψηφία μειωμένο και σε μία μόνο μελέτη αυξημένο στους ΔΠΝ ασθενείς. Η μελέτη του Gomes *et al.* (2011) ήρθε σε συμφωνία ως προς το αυξημένο μέγιστο ROM στην κάμψη ισχίου ενώ επιβεβαίωσε ακόμη πως υπήρξε μειωμένο ROM στην έκταση του ισχίου των ασθενών με ΔΠΝ. Στην άρθρωση της ΠΔΚ η ανασκόπηση έδειξε ότι η πλειοψηφία των μελετών βρήκαν μειωμένο ROM ραχιαίας και πελματιαίας κάμψης ενώ υπήρξαν και μόνο 2 μελέτες με αντίθετη άποψη. Η μελέτη του Gomes *et al.* (2011) συμφώνησε με την πλειοψηφία των μελετών για μειωμένο ROM ραχιαίας και πελματιαίας κάμψης στους ΔΠΝ ασθενείς συγκριτικά με τους υγής. Το ROM σε όλα τα τμήματα του πέλματος σε οβελιαίο επίπεδο, βρήκε μειωμένο μία μελέτη της ανασκόπησης. Μια μελέτη βρήκε σχετικά με το ROM της έκτασης των μεταταρσοφαλαγγικών αρθρώσεων αύξηση ενώ μία άλλη βρήκε μειωμένο το ROM στην έκταση και την κάμψη των μεταταρσοφαλαγγικών των ΔΠΝ. Δεν βρέθηκαν αντίστοιχα ευρήματα από παλαιότερες μελέτες.

Οι κινητικές αλλαγές παρατηρήθηκαν επίσης στους ΔΠΝ ασθενείς με αντικρουόμενες απόψεις στις μελέτες της ανασκόπησης ως προς την αρθρική ροπή της πελματιαίας κάμψης αφού οι μισές σημείωσαν αύξηση και οι άλλες μισές μείωση στους ΔΠΝ, ενώ μειωμένες ήταν και οι ροπές στην ραχιαία κάμψη της ΠΔΚ. Παράλληλα παλαιότερες μελέτες των μετα-αναλύσεων του Hazari *et al.* (2016) και Fernando *et al.* (2013) βρήκαν σε πλειοψηφία μειωμένη την ροπή στην πελματιαία κάμψη της ποδοκνημικής ενώ αυξημένη στους ΔΠΝ βρέθηκε μόνο σε μία μελέτη (Sawacha *et al.*, 2009b) ενώ δεν υπήρξαν παλαιότερα ευρήματα για την ραχιαία κάμψη. Στο γόνατο παρατηρήθηκαν από μελέτες της ανασκόπησης μειωμένες αρθρικές ροπές στην κάμψη και έκταση του γόνατος στους ΔΠΝ κατά την ανάβαση και την κατάβαση σε σκαλιά αλλά και κατά την βάδιση. Οι περισσότερες μελέτες των μετα-αναλύσεων αναφέρουν αντίθετες απόψεις με αυξημένες αρθρικές ροπές στην έκταση και κάμψη γόνατος ενώ μόνο μία ανέφερε μειωμένη ροπή έκτασης γόνατος στους ΔΠΝ κατά την βάδιση (Sawacha *et al.*, 2009b). Δεν υπήρξαν παλαιότερα ευρήματα για ανάβαση και κατάβαση σκάλας. Στο ισχίο η πλειοψηφία των μελετών της ανασκόπησης ανέφερε μειωμένες μέγιστες ροπές και ομόκεντρες ροπές απαγωγής και έκτασης ισχίου στους ΔΠΝ ενώ 1 μελέτη (Sacco *et al.*, 2015) βρήκε αυξημένη την ροπή στην κάμψη ισχίου και μία άλλη μειωμένη την μέγιστη ροπή κάμψης του ισχίου στους ΔΠΝ ασθενείς (Henderson, 2018). Συγκριτικά οι μετα-αναλύσεις ανέφεραν με ομοφωνία των μελετών τους, μειωμένη την μέγιστη ροπή κάμψης ισχίου στους ΔΠΝ και

αυξημένη την μέγιστη ροπή έκτασης του ισχίου στους ΔΠΝ συγκριτικά με υγιής και διαβητικούς χωρίς ΔΠΝ ενώ δεν υπήρξαν δεδομένα για την ροπή απαγωγής ισχίου (Hazari *et al.*, 2016; Fernando *et al.*, 2013). Μία μελέτη του DiLiberto *et al.* (2015) ήταν η μοναδική ανέλυσε τις αλλαγές στις αρθρικές ροπές στα διάφορα τμήματα του πέλματος και τα ευρήματα αυτής ήταν μειωμένες αρθρικές ροπές στο ενιαίο πρόσθιο τμήμα του πέλματος, του 3^{ου} και 5^{ου} μεταταρσίου τμήμα των ασθενών με ΔΠΝ συγκριτικά των υγιών και διαβητικών χωρίς ΔΠΝ.

Οι αυξημένες πελματιαίες πιέσεις είναι επίσης φαινόμενο που απορρέει από την επίδραση της ΔΠΝ καθώς η πλειονότητα των ερευνών της εργασίας παρουσίασαν αυξημένες πελματιαίες πιέσεις σε όλα τα τμήματα του πέλματος που περιλαμβάνουν το έσω και έξω οπίσθιο τμήμα πέλματος, στο 1^ο, 2^ο, 3^ο, 4^ο και 5^ο μετατάρσιο τμήμα, στο 1^ο, 2^ο και 3^ο δάκτυλο ποδιού, εκτός από μία μόνο μελέτη (Henderson, 2018) που ανέφερε μειωμένες πελματιαίες πιέσεις στα δάκτυλα του πέλματος των ασθενών με ΔΠΝ. Οι μετα-αναλύσεις έρχονται σε συμφωνία ως προς τις αυξημένες πελματιαίες πιέσεις στο οπίσθιο τμήμα του πέλματος ωστόσο υπήρξε και ένας αριθμός μελετών που δεν βρήκαν σημαντικές διαφορές. Ακόμη στις παλαιότερες αυτές μελέτες βρέθηκαν σε μεγάλο αριθμό αυξημένες πελματιαίες πιέσεις στο μέσο τμήμα και το πρόσθιο τμήμα του πέλματος, αλλά υπήρξαν και 4 μελέτες που δεν βρήκαν σημαντική διαφορά για το μέσο τμήμα του πέλματος των ΔΠΝ ασθενών με υγιής και διαβητικούς χωρίς ΔΠΝ.

Στην παρούσα εργασία βρέθηκαν αλλαγές στις μυϊκές δυνάμεις των μυών των κάτω άκρων των ΔΠΝ ασθενών σε σχέση με τον υγιή πληθυσμό ή τους διαβητικούς χωρίς ΔΠΝ. Πιο συγκεκριμένα φάνηκε με υψηλή στατιστική σημασία των περισσότερων μελετών, μειωμένη μυϊκή δύναμη κατά την μέτρηση με ισοκινητικό δυναμόμετρο στους ραχιαίους και πελματιαίους καμπτήρες της ΠΔΚ, μειωμένη δύναμη των εκτεινόντων του γόνατος αλλά αυξημένη λειτουργική δύναμη στο γόνατο κατά την κατάβαση σκαλιών. Μειωμένες ήταν ακόμη σύμφωνα με 2 μελέτες (Scarton *et al.* 2017; Gomes *et al.* 2017) και οι δυνάμεις του υποκνημίδιου, ισχνού, λαγόνιου, καμπτήρα δακτύλων του ποδιού, πρόσθιου κνημιαίου, μείζων και ελάσσων γλουτιαίου, της έσω κεφαλής του γαστροκνημίου ενώ η έξω κεφαλή του γαστροκνημίου, του μακρύ και βραχύ περονιαίου μυ δύναμη ήταν αυξημένες κατά την βάδιση. Δεν υπήρξαν αποτελέσματα σχετικά με την μυϊκή δύναμη από τις μετα-αναλύσεις, ωστόσο αναφέρθηκαν στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των μυών του κάτω άκρου όμως ο αριθμός των μελετών δεν ήταν επαρκής για να παραχθεί συμπέρασμα για την διάρκεια ενεργοποίησης των μυών.

Μία μόνο μελέτη (Petrovic *et al.*, 2017) στην ανασκόπηση ασχολήθηκε με την δύναμη αντίδρασης εδάφους (GRF) κατά την βάδιση σε ελεγχόμενες ταχύτητες με αποτέλεσμα τον

εντοπισμό αυξημένης δύναμης αντίδρασης εδάφους στους ΔΠΝ ασθενείς. Οι μετα-αναλύσεις ανέλυσαν παραπάνω αυτή την παράμετρο όμως υπήρξε σημαντική ετερογένεια μεταξύ των μελετών όπου οι μισές μελέτες ανίχνευσαν υψηλή δύναμη αντίδραση εδάφους κατά την αρχική επαφή και την φάση αιώρησης της βάδισης και οι άλλες μισές μειωμένη δύναμη, ακόμη μία μελέτη (Rasponic, 2013) δεν βρήκε σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις ομάδες ΔΠΝ ασθενών, υγιών και διαβητικών χωρίς ΔΠΝ.

Σε τελική ανάλυση φαίνεται να υπάρχει συσχέτιση της μειωμένης ταχύτητας βάδισης με την μειωμένη μυϊκή δύναμη του κάτω άκρου κατά την βάδιση (Brown *et al.*, 2016). Από τα αποτελέσματα του Scarton *et al.* (2017) φάνηκε οι εμβιομηχανικές αλλαγές στην βάδιση να επηρεάζουν την εμφάνιση ελκών στα πόδια ασθενών με ΔΠΝ, ενώ ακόμη ευρήματα από τη μελέτη του Henderson (2018) έδειξαν ότι οι ΔΠΝ ασθενείς δημιουργούν ένα μηχανισμό αντιστάθμισης με το ισχίο, προκειμένου να προσπεράσουν την μυϊκής αδυναμίας που σχετίζονται με τις αλλαγές στην ΠΔΚ. Έτσι λοιπόν οι κινηματικοί καθώς και οι χωροχρονικοί παράμετροι μπορούν να θεωρηθούν προγνωστικοί δείκτες για την επιδείνωση της ΔΠΝ στους ασθενείς και να δημιουργηθούν στόχοι για προληπτικά μέτρα (Lamola *et al.*, 2015).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από όλα τα παραπάνω φαίνεται πως η διαβητική περιφερική νευροπάθεια επηρεάζει τις εμβιομηχανικές παραμέτρους. Παρόλα αυτά οι εμβιομηχανικές αλλαγές που σχετίζονται με την ΔΠΝ χρειάζονται περαιτέρω έρευνα για τις εν λόγω παραμέτρους. Πιο έντονη έλλειψη αρθρογραφίας παρατηρήθηκε όσο αφορά την κινηματική και κινητική των αρθρώσεων του κάτω άκρου και των διάφορων τμημάτων του πέλματος, τις δυνάμεις αντίδρασης εδάφους, τις πελματιαίες πιέσεις στα διάφορα τμήματα του πέλματος και τις μυϊκές δυνάμεις των μυών του κάτω άκρου. Συνεχής έρευνα χρειάζεται ακόμη ως προς την συσχέτιση των αλλαγών των παραμέτρων αυτών λόγω της ΔΠΝ με την ανάπτυξη παραμορφώσεων και βλάβης στους ιστούς αλλά και την αλλαγή στα πατέντα βάδισης των ασθενών με ΔΠΝ.

ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ/ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. **Abadi, L. et al.** (2017) ‘Hip joint torques in type II diabetes with and without neuropathy’, *Hong Kong Physiotherapy Journal*. Elsevier B.V., 37, pp. 27–33. doi: 10.1016/j.hkpj.2017.01.004.
2. **Adeghate, E., Schattner, P. and Dunn, E.** (2006) ‘An update on the etiology and epidemiology of diabetes mellitus’, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1084(1), pp. 1–29. doi: 10.1196/annals.1372.029.
3. **Albers, J. W. and Pop-Busui, R.** (2014) ‘Diabetic neuropathy: Mechanisms, emerging treatments, and subtypes’, *Current Neurology and Neuroscience Reports*, 14(8), p. 473. doi: 10.1007/s11910-014-0473-5.
4. **Almurdhi, M. M. et al.** (2016) ‘Reduced lower-limb muscle strength and volume in patients with type 2 diabetes in relation to neuropathy, intramuscular fat, and Vitamin D levels’, *Diabetes Care*. American Diabetes Association Inc., 39(3), pp. 441–447. doi: 10.2337/dc15-0995.
5. **AMERICAN DIABETES ASSOCIATION** (2013) ‘Diagnosis and classification of diabetes mellitus’, *Diabetes Care*, 36(SUPPL.1), pp. 67–74. doi: 10.2337/dc13-S067.
6. **ATLAS, D.** (2015) *International diabetes federation, IDF Diabetes Atlas, 7th edn. Brussels, Belgium: International Diabetes Federation.*
7. **Broadstone, V. L. et al.** (1987) ‘Diabetic peripheral neuropathy. Part I. Sensorimotor neuropathy (continuing education credit).’, *The Diabetes educator*, 13(1), pp. 30–35. doi: 10.1177/014572178701300107.
8. **Brown, S. J. et al.** (2016) ‘Altered joint moment strategy during stair walking in diabetes patients with and without peripheral neuropathy’, *Gait and Posture*. Elsevier B.V., 46, pp. 188–193. doi: 10.1016/j.gaitpost.2016.03.007.
9. **Camargo, M. R. et al.** (2015) ‘Balance and ankle muscle strength predict spatiotemporal gait parameters in individuals with diabetic peripheral neuropathy’, *Diabetes and Metabolic Syndrome: Clinical Research and Reviews*. Elsevier Ltd, 9(2), pp. 79–84. doi: 10.1016/j.dsx.2015.02.004.
10. **Deshpande, A. D., Harris-Hayes, M. and Schootman, M.** (2008) ‘Epidemiology of Diabetes-Related Complications’, *Physical therapy*, 88(11), pp. 1254–1264.
11. **DiLiberto, F. E. et al.** (2015) ‘Individual metatarsal and forefoot kinematics during walking in people with diabetes mellitus and peripheral neuropathy’, *Gait and Posture*. Elsevier, 42(4), pp. 435–441. doi: 10.1016/j.gaitpost.2015.07.012.

12. **Feldman, E. L. et al.** (2019) 'Diabetic neuropathy', *Nature Reviews Disease Primers*. Springer US, 5(1). doi: 10.1038/s41572-019-0092-1.
13. **Fernando, M. et al.** (2013) 'Biomechanical characteristics of peripheral diabetic neuropathy: A systematic review and meta-analysis of findings from the gait cycle, muscle activity and dynamic barefoot plantar pressure', *Clinical Biomechanics*. Elsevier Ltd, 28(8), pp. 831–845. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2013.08.004.
14. **Forouhi, N. G. and Wareham, N. J.** (2019) 'Epidemiology of diabetes', *Medicine (United Kingdom)*. Elsevier Ltd, 47(1), pp. 22–27. doi: 10.1016/j.mpmed.2018.10.004.
15. **Gnanasundaram, S. et al.** (2020) 'Gait changes in persons with diabetes: Early risk marker for diabetic foot ulcer', *Foot and Ankle Surgery*. Elsevier Ltd, 26(2), pp. 163–168. doi: 10.1016/j.fas.2019.01.005.
16. **Gomes, A. A. et al.** (2011) 'Electromyography and kinematic changes of gait cycle at different cadences in diabetic neuropathic individuals', *Muscle and Nerve*, 44(2), pp. 258–268. doi: 10.1002/mus.22051.
17. **Gomes, A. A. et al.** (2017) 'Muscle force distribution of the lower limbs during walking in diabetic individuals with and without polyneuropathy', *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. BioMed Central Ltd., 14(1). doi: 10.1186/s12984-017-0327-x.
18. **Halawa, M. R. et al.** (2018) 'Relationship of planter pressure and glycemic control in type 2 diabetic patients with and without neuropathy', *Diabetes and Metabolic Syndrome: Clinical Research and Reviews*. Elsevier Ltd, 12(2), pp. 99–104. doi: 10.1016/j.dsx.2017.09.010.
19. **Hall, S. J. and Donna, L.** (1995) *Basic biomechanics*. St. Louis: Mosby.
20. **Hanewinckel, R. et al.** (2016) 'The epidemiology and risk factors of chronic polyneuropathy', *European Journal of Epidemiology*. Springer Netherlands, 31(1), pp. 5–20. doi: 10.1007/s10654-015-0094-6.
21. **Hazari, A. et al.** (2016) 'Kinetics and kinematics of diabetic foot in type 2 diabetes mellitus with and without peripheral neuropathy: a systematic review and meta-analysis', *SpringerPlus*. Springer International Publishing, 5(1), p. 1819. doi: 10.1186/s40064-016-3405-9.
22. **Hazari, A., Maiya, A. G. and Shivashankara, K. N.** (2019) 'Foot Kinetic and Kinematic Profile in Type 2 Diabetes Mellitus with Peripheral Neuropathy: A Hospital-Based Study from South India', *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 109(1), pp. 36–49.

23. **Henderson, A. D.** (2018) *Gait Alterations and Plantar Pressure in Diabetic Peripheral Neuropathy: A Preliminary Study*. Available at: <https://scholarsarchive.byu.edu/etd>.
24. **Henderson, A. D. et al.** (2019) *Diabetic Neuropathy*.
25. **Holzer, S. S. E. et al.** (1998) 'Costs and duration of care for lower extremity ulcers in patients with diabetes', *Clinical Therapeutics*, 20(1), pp. 169–181. doi: 10.1016/S0149-2918(98)80044-1.
26. **Hsu, W. C., Liu, M. W. and Lu, T. W.** (2016) 'Biomechanical risk factors for tripping during obstacle-Crossing with the trailing limb in patients with type II diabetes mellitus', *Gait and Posture*. Elsevier B.V., 45, pp. 103–109. doi: 10.1016/j.gaitpost.2016.01.010.
27. **Kang, G. E. et al.** (2020) 'Characteristics of the gait initiation phase in older adults with diabetic peripheral neuropathy compared to control older adults', *Clinical Biomechanics*. Elsevier Ltd, 72, pp. 155–160. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2019.12.019.
28. **Kellis, E.** (2015) *Sport Embio-mechanics*. Association of Greek Academic Libraries.
29. **Kerner, W. and Brückel, J.** (2014) 'Definition, Classification and Diagnosis of Diabetes Mellitus', *Experimental and clinical endocrinology & diabetes*, 122(7), pp. 384–386.
30. **Knudson, D.** (2007) *The Fundamentals of Biomechanics*, Springer Science & Business Media. doi: 10.1201/b22446-8.
31. **Lamola, G. et al.** (2015) 'Quantitative assessment of early biomechanical modifications in diabetic foot patients: The role of foot kinematics and step width', *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. BioMed Central Ltd., 12(1). doi: 10.1186/s12984-015-0093-6.
32. **Malik, R. A.** (2014) *Pathology of human diabetic neuropathy*. 1st edn, *Handbook of Clinical Neurology*. 1st edn. Elsevier B.V. doi: 10.1016/B978-0-444-53480-4.00016-3.
33. **Petrovic, M. et al.** (2017) 'Altered leverage around the ankle in people with diabetes: A natural strategy to modify the muscular contribution during walking?', *Gait and Posture*. Elsevier B.V., 57, pp. 85–90. doi: 10.1016/j.gaitpost.2017.05.016.
34. **Petrovic, M. et al.** (2019) 'Vertical displacement of the centre of mass during walking in people with diabetes and diabetic neuropathy does not explain their higher metabolic cost of walking', *Journal of Biomechanics*. Elsevier Ltd, 83, pp. 85–90. doi: 10.1016/j.jbiomech.2018.11.027.

35. **Raspovic, A.** (2013) 'Gait characteristics of people with diabetes-related peripheral neuropathy, with and without a history of ulceration', *Gait and Posture*. Elsevier B.V., 38(4), pp. 723–728. doi: 10.1016/j.gaitpost.2013.03.009.
36. **Roden, M.** (2016) 'Diabetes mellitus – Definition, Klassifikation und Diagnose', *Wiener Klinische Wochenschrift*, 128(2), pp. 37–40. doi: 10.1007/s00508-015-0931-3.
37. **Russell, J. W. and Zilliox, L. A.** (2014) 'Diabetic Neuropathies', *Continuum 2014*, 20(5), p. 1226.
38. **Sacco, I. C. N. et al.** (2015) 'Alterations in the lower limb joint moments precede the peripheral neuropathy diagnosis in diabetes patients', *Diabetes Technology and Therapeutics*. Mary Ann Liebert Inc., 17(6), pp. 405–412. doi: 10.1089/dia.2014.0284.
39. **Sawacha, Z. et al.** (2009) 'Diabetic gait and posture abnormalities: A biomechanical investigation through three dimensional gait analysis', *Clinical Biomechanics*. Elsevier Ltd, 24(9), pp. 722–728. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2009.07.007.
40. **Scarton, A. et al.** (2017) 'Comparison of lower limb muscle strength between diabetic neuropathic and healthy subjects using OpenSim', *Gait and Posture*. Elsevier B.V., 58, pp. 194–200. doi: 10.1016/j.gaitpost.2017.07.117.
41. **Tesfaye, S. and Selvarajah, D.** (2012) 'Advances in the epidemiology, pathogenesis and management of diabetic peripheral neuropathy', *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*, 28(8), pp. 8–14.
42. **Vinik, A. I. et al.** (2013) 'Diabetic Neuropathy', *Endocrinology and Metabolism Clinics of North America*. Elsevier Inc, 42(4), pp. 747–787. doi: 10.1016/j.ecl.2013.06.001.
43. **Weisman, A. et al.** (2018) 'Evolving Trends in the Epidemiology, Risk Factors, and Prevention of Type 2 Diabetes: A Review', *Canadian Journal of Cardiology*. Canadian Cardiovascular Society, 34(5), pp. 552–564. doi: 10.1016/j.cjca.2018.03.002.
44. **WHO** (2016) *Global report on diabetes: World Health Organization*.
45. **Williamson, P.** (2011) *EXERCISE FOR SPECIAL POPULATIONS*. Lippincott Williams & Wilkins.