



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ



ΠΑΙΔΙΑΤΡΙΚΗ ΚΛΙΝΙΚΗ

Διευθυντής: Καθηγητής Γεώργιος Α. ΣΥΡΟΠΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ

Διδακτορική Διατριβή

**" ΘΕΩΡΙΑ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΣΤΗΝ
ΠΑΙΔΙΑΤΡΙΚΗ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑ "**

υπό

ΡΗΓΑ Α. ΔΗΜΑΚΟΠΟΥΛΟΥ

Φυσικοθεραπευτή

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των

απαιτήσεων για την απόκτηση του

Διδακτορικού Διπλώματος

Λάρισα, 2019

© 2019 Ρήγας Δημακόπουλος

Η έγκριση της διδακτορικής διατριβής από το Τμήμα Ιατρικής της Σχολής Επιστημών Υγείας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Επταμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

1^{ος} Εξεταστής (Επιβλέπων)

Συρογιαννόπουλος Γεώργιος, Καθηγητής Παιδιατρικής, Τμήμα Ιατρικής ΠΘ

2^{ος} Εξεταστής

Νταϊλιάννα Ζωή, Καθηγήτρια Ορθοπαιδικής, Τμήμα Ιατρικής ΠΘ

3^{ος} Εξεταστής

Γριβέα Ιωάννα, Αν. Καθηγήτρια Παιδιατρικής Νεογνολογίας, Τμήμα Ιατρικής ΠΘ

4^{ος} Εξεταστής

Βαρυτιμίδης Σωκράτης, Καθηγητής Ορθοπαιδικής, Τμήμα Ιατρικής ΠΘ

5^{ος} Εξεταστής

Σκεντέρης Νικόλαος, Αν. Καθηγητής Παιδιατρικής - Κοινωνικής και Αναπτυξιακής Παιδιατρικής, Τμήμα Ιατρικής ΠΘ

6^{ος} Εξεταστής

Δαρδιώτης Ευθύμιος, Επίκουρος Καθηγητής Νευρολογίας, Τμήμα Ιατρικής ΠΘ

7^{ος} Εξεταστής

Αλεξόπουλος Εμμανουήλ, Επίκουρος Καθηγητής Παιδιατρικής – Παιδοπνευμονολογίας, Τμήμα Ιατρικής ΠΘ

Στη Μαρία που μου χάρισε τη ζωή,
στον Ορφέα και την Ισμήνη που της έδωσαν νόημα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω μέσα από την καρδιά μου όλους εκείνους που έχουν συμβάλει σημαντικά, σωματικά και ψυχικά, μέσω της καθοδήγησής τους, της στήριξής τους αλλά και της έμπνευσής τους στην υλοποίηση και ολοκλήρωσή της παρούσας Διδακτορικής Διατριβής.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου τον Καθηγητή Γεώργιο Συρογιαννόπουλο, οι γνώσεις, η στήριξη και η μεθοδικότητα του οποίου αποτέλεσαν τους πιο σημαντικούς συμμάχους στην πραγματοποίηση και ολοκλήρωση του επιστημονικού έργου της Διατριβής. Επίσης, ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ στα μέλη της συμβουλευτικής επιτροπής, Δρ. Ζωή Νταϊλιάνα και Δρ. Ιωάννα Γριβέα, για την αμέριστη στήριξή τους στη διαδικασία ολοκλήρωσης και παρουσίασης του Διδακτορικού έργου.

Με ιδιαίτερη ευγνωμοσύνη και εκτίμηση θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρ. Γιουρούκο Σωτήριο, σιωπηλό σύμβουλο και δάσκαλο καθ' όλη τη διάρκεια της Διδακτορικής μου Διατριβής, που με τις γνώσεις του, την κλινική και διδακτική του εμπειρία, τις συμβουλές αλλά και τη διορατικότητά του συνέβαλε τα μέγιστα στην υλοποίηση ενός μακροχρόνιου ονείρου. Σας ευχαριστώ πολύ μέσα από την καρδιά μου για την πίστη σας σε μένα, τη μεστή σας καθοδήγηση και την ανιδιοτέλειά σας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον εμβιομηχανικό Νικόλαο Δάρρα για τις χρήσιμες συμβουλές του στην ανάλυση βάδισης καθώς και τις πολλές ώρες εργασίας που αφιέρωσε προκειμένου να μου παρέχει με ακρίβεια και εγκαίρως τα αποτελέσματα, την Ελένη Γκίνη για την πολύτιμη καθοδήγησή της στον τομέα της στατιστικής ανάλυσης καθώς και τη φίλη Αλεξία Μακρίδη για τις ανεκτίμητες πινελιές της στη φιλολογική επιμέλεια της Διατριβής.

Τις θερμές μου ευχαριστίες στους συναδέλφους, φυσικοθεραπευτές και ιατρούς, Roser Pons, Άρτεμις Γκίκα, Ελένη Σκουτέλη, Marjolijn Ketelaar, Βασιλική Κουτέ για την ανεκτίμητη συνεισφορά τους στη συλλογή των παιδιών που συμμετείχαν στη μελέτη, τις συμβουλές τους σε κλινικό επίπεδο και τις πρωτότυπες ιδέες τους που αναβάθμισαν την ποιότητα της Διατριβής.

Με μεγάλο σεβασμό, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου και την αγάπη μου σε όλα τα παιδιά που έλαβαν μέρος στη μελέτη καθώς και στις οικογένειές τους που είχαν τη διάθεση, την υπομονή και το όραμα να βοηθήσουν εντελώς αφιλοκερδώς την προσπάθειά μας.

Με πολλή αγάπη, ένα μεγάλο ευχαριστώ στη Δέσποινα και στην οικογένειά μου για την υπομονή και την αμέριστη στήριξή τους σε όλο το δύσκολο διάστημα της συγγραφής.

Ρήγας Δημακόπουλος

ΣΥΝΤΟΜΟ ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ

Ρήγας Α. Δημακόπουλος

Ο Ρήγας Δημακόπουλος γεννήθηκε στην Αθήνα το 1980 και αποφοίτησε από το 1^ο Γενικό Λύκειο Αμαρουσίου το 1999. Είναι πτυχιούχος Φυσικοθεραπευτής από το πανεπιστήμιο του Καρόλου της Πράγας και από το ΤΕΙ Φυσικοθεραπείας της Αθήνας, με βαθμό πτυχίου «Άριστα».

Τις μεταπτυχιακές του σπουδές τις πραγματοποίησε στο πανεπιστήμιο του Καρόλου, όπου και εξειδικεύτηκε στην αντιμετώπιση λειτουργικών προβλημάτων σε παιδιά με νευρολογικές και μυοσκελετικές παθήσεις. Κατά τη διάρκεια του μεταπτυχιακού του ασχολήθηκε ιδιαίτερα με τις θεραπευτικές μεθόδους που εφαρμόζονται σε παιδιά με νευροαναπτυξιακές διαταραχές.

Το 2010 έγινε δεκτός από την Ιατρική σχολή του Πανεπιστημίου της Θεσσαλίας για την εκπόνηση Διδακτορικής Διατριβής στην οποία μελετάει, με τη βοήθεια της Τρισδιάστατης Ανάλυσης Βάδισης, τις μεταβολές των κινηματικών χαρακτηριστικών της βάδισης κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης της σε παιδιά με Εγκεφαλική Παράλυση.

Το ερευνητικό του έργο επικεντρώνεται στην μελέτη και ανάπτυξη θεραπευτικών μεθόδων αντιμετώπισης κινητικών δυσκολιών που αντιμετωπίζουν τα παιδιά με Εγκεφαλική Παράλυση, με ιδιαίτερο ενδιαφέρον στις μεθόδους που στοχεύουν στην προώθηση της λειτουργικότητας και της «συμμετοχής».

Από το 2011 είναι Επιστημονικός συνεργάτης της 1^{ης} Πανεπιστημιακής κλινικής του Νοσοκομείου Παίδων «Η Αγία Σοφία» και έχει συμμετάσχει στην ίδρυση πρωτότυπου Ιατρείου Εγκεφαλικής Παράλυσης στο οποίο εξετάζονται παιδιά με Εγκεφαλική Παράλυση από εξειδικευμένη θεραπευτική ομάδα αποκατάστασης.

Από το 2013 εργάζεται ως εργαστηριακός συνεργάτης του ΤΕΙ Αθηνών και του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής (ΠΑΔΑ) με γνωστικό αντικείμενο την αξιολόγηση και αποκατάσταση παιδιών με νευρολογικές παθήσεις και συμμετέχει στη διδασκαλία του μαθήματος της «Κλινικής Άσκησης στη Φυσικοθεραπεία Νευρολογικών Παθήσεων Παίδων».

Σε ότι αφορά στην επαγγελματική του ενασχόληση, από το 2004 εργάζεται αποκλειστικά ως Φυσικοθεραπευτής παιδιού προσφέροντας υπηρεσίες πρώιμης παρέμβασης και αποκατάστασης σε

παιδιά και βρέφη με νευροαναπτυξιακές και άλλου είδους κινητικές δυσκολίες. Έχει συμμετάσχει σαν εισηγητής σε πολλά σεμινάρια και συνέδρια με θέματα ειδικού ενδιαφέροντος που αφορούν στο παιδί και στην θεραπευτική του αντιμετώπιση.

Οι δημοσιεύσεις σε επιστημονικά περιοδικά και οι προφορικές ανακοινώσεις σε επιστημονικά συνέδρια που έχουν προκύψει από την παρούσα Διδακτορική Διατριβή είναι οι ακόλουθες:

Δημοσιεύσεις σε επιστημονικά περιοδικά:

1. Dimakopoulos R, Syrogiannopoulos G, Youroukos S, Dailiana Z. **Passive range of motion changes in young children with spastic diplegia. A study during the initial stages of independent walking.** J Pediatr Rehabil Med 2019 doi:10.3233/PRM-180539 [Epub ahead of print]
2. Δημακόπουλος Ρ, Συρογιαννόπουλος Γ, Νταϊλιάννα Ζ, Γιουρούκος Σ. **Μεταβολές της αδρής κίνησης σε παιδιά με Εγκεφαλική Παράλυση α κατά τα πρώτα στάδια της βάρδισης.** Υπό δημοσίευση στα «Θέματα φυσικοθεραπείας».
3. Δημακόπουλος Ρ, Συρογιαννόπουλος Γ, Νταϊλιάννα Ζ, Γιουρούκος Σ. **Μεταβολές του εύρους κίνησης παιδιών με εγκεφαλική παράλυση κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης της βάρδισης.** Αρχεία Ελληνικής Ιατρικής 2017;34(6):1-9
4. Δημακόπουλος Ρ. «**Θεωρία Δυναμικών Συστημάτων: Εφαρμογή στην Παιδιατρική Φυσικοθεραπεία**». Φυσικοθεραπεία - έκδοση Πανελληνίου Συλλόγου Φυσικοθεραπευτών 2010;13(3):167-175.

Ανακοινώσεις σε επιστημονικά συνέδρια:

1. Δημακόπουλος Ρ, Συρογιαννόπουλος Γ, Νταϊλιάννα Ζ. **Κινηματικά και χωροχρονικά χαρακτηριστικά της βάρδισης σε παιδιά με ΕΠ. Πως μεταβάλλονται κατά τα αρχικά στάδια ανάπτυξης της ανεξάρτητης βάρδισης.** 32^ο ετήσιο συνέδριο ΕΕΕΦ, Αθήνα 2018
2. Δημακόπουλος Ρ, Συρογιαννόπουλος Γ, Νταϊλιάννα Ζ. **Μεταβολές στο παθητικό και δυναμικό εύρος κίνησης παιδιών με Σπαστική Διπληγία κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης της βάρδισης.** 16^ο Διεθνές Παιδονευρολογικό συνέδριο, 9-10 Δεκεμβρίου 2016, Αίγλη Ζαπτείου-Αθήνα

3. Δημακόπουλος Ρ. **Κινηματικά χαρακτηριστικά κατά τα αρχικά στάδια ανάπτυξης της βάδισης σε παιδιά με Σπαστική Διπληγία**. Επετειακό συνέδριο: 10 χρόνια εργαστήριο ανάλυσης βάδισης και κίνησης – ΕΛΕΠΑΠ Αθηνών, 5 Μαΐου 2012, Αθήνα
4. Dimakopoulos R. **Effects of the Functional model of Physical Therapy on Children with Cerebral Palsy**. International conference of physiotherapy: Therapeutic methods and concepts in Physiotherapy, 19-20 May 2011, Celakovice - Czech Republic.

**" ΘΕΩΡΙΑ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΣΤΗΝ
ΠΑΙΔΙΑΤΡΙΚΗ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑ "**

ΡΗΓΑΣ ΔΗΜΑΚΟΠΟΥΛΟΣ

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Ιατρικής, 2019

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

1. **Γεώργιος Συρογιαννόπουλος**, Καθηγητής Παιδιατρικής, Τμήμα Ιατρικής ΠΘ - **(Επιβλέπων)**
2. **Ζωή Νταϊλιάννα**, Καθηγήτρια Ορθοπαιδικής, Τμήμα Ιατρικής ΠΘ
3. **Ιωάννα Γριβέα**, Αν. Καθηγήτρια Παιδιατρικής Νεογνολογίας, Τμήμα Ιατρικής ΠΘ

Πίνακας Περιεχομένων

Κατάλογος πινάκων και γραφημάτων	13
Κατάλογος Συντομογραφιών	17
Περίληψη	18
ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	22
1. ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΗ ΠΑΡΑΛΥΣΗ.....	23
1.1 Ιστορική αναδρομή και ορισμός	23
1.2 Ταξινόμηση της Εγκεφαλικής Παράλυσης	25
1.2.1 Ανατομική κατανομή της κινητικής διαταραχής.....	25
1.2.2 Φύση και τύπος κινητικής διαταραχής	26
1.2.3 Φύση και τοπογραφία την νευρολογικής βλάβης.....	26
1.2.4 Λειτουργικές κινητικές δεξιότητες	27
1.3 Επιδημιολογικά στοιχεία	27
1.4 Παράγοντες κινδύνου.....	28
1.5 Αίτια	29
2. Η ΘΕΩΡΙΑ ΤΩΝ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΩΣ ΒΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ ΣΤΑ ΠΑΙΔΙΑ ΜΕ ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΗ ΠΑΡΑΛΥΣΗ	31
2.1 Εισαγωγή	31
2.2 Ανασκόπηση της Βιβλιογραφίας.....	32
2.3 Θεωρία Δυναμικών Συστημάτων	34
2.3.1 Βασικές Αρχές	35
2.3.2 Επιστημονικό Υπόβαθρο.....	36
2.4 Εφαρμογές στη θεραπευτική αντιμετώπιση παιδιών με Εγκεφαλική Παράλυση	38
2.4.1 Αυτο-οργάνωση	38
2.4.2 Μετάβαση	39
2.4.3 Παράγοντες Επιβράδυνσης.....	41
2.5 Συμπεράσματα.....	42
3. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	44
3.1 Εγκεφαλική Παράλυση και Παθητικός Εύρος Κίνησης	45
3.2 Χαρακτηριστικά της βάδισης των παιδιών με Εγκεφαλική Παράλυση	49

3.3 Ανάπτυξη της αδρής κίνησης στα παιδιά με Εγκεφαλική Παράλυση	58
3.4 Ερευνητικός σκοπός	61
ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	62
4. ΜΕΘΟΔΟΣ	63
4.1 Συμμετέχοντες	63
4.2 Πειραματική Διαδικασία	65
4.2.1 Παθητικό Εύρος Κίνησης	65
4.2.2 Ανάλυσης βάδισης	67
4.2.3 Αδρή κίνηση	68
4.3 Αξιολογητικά εργαλεία	68
4.3.1 Γωνιομέτρηση	68
4.3.2 Μέτρηση της Αδρής Κινητικής Λειτουργίας	69
4.4 Στατιστική ανάλυση	70
5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	71
5.1 Μεταβολές του παθητικού εύρους κίνησης	71
5.2 Μεταβολές των χωροχρονικών χαρακτηριστικών της βάδισης	76
5.3 Μεταβολές των κινηματικών χαρακτηριστικών της βάδισης	79
5.3.1 Άρθρωση της Ποδοκνημικής	79
5.3.2 Άρθρωση του γόνατος	82
5.3.3 Άρθρωση του ισχίου	84
5.4 Μεταβολές της αδρής κίνησης	90
6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	96
6.1 Παθητικός εύρος κίνησης	96
6.2 Χωροχρονικά και κινηματικά χαρακτηριστικά βάδισης	104
6.3 Αδρή κίνηση	122
6.4 Περιορισμοί	127
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	129
8. ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΠΑΙΔΙΑΤΡΙΚΗ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑ	132
Βιβλιογραφία	142

Κατάλογος πινάκων και γραφημάτων

Πίνακας 4.1. Δημογραφικά και σωματομετρικά στοιχεία των παιδιών του δείγματος (n=16)	64
Πίνακας 4.2. Δημογραφικά και σωματομετρικά στοιχεία των παιδιών ΤΑ (n=6) του δείγματος που συμμετείχαν στην ανάλυση βάρδισης.....	64
Πίνακας 5.1. Μέσοι όροι των τιμών του παθητικού εύρους της απαγωγής και έξω στροφής του ισχίου, της έκτασης του γόνατος, της ιγνυακής γωνίας και της ραχιαία κάμψης της ποδοκνημικής των παιδιών με ΕΠ κατά την πρώτη και τη δεύτερη μέτρηση και η διαφορά μεταξύ τους.	72
Πίνακας 5.2. Μέσοι όροι των τιμών του παθητικού εύρους της απαγωγής και έξω στροφής του ισχίου, της έκτασης του γόνατος, της ιγνυακής γωνίας και της ραχιαία κάμψης της ποδοκνημικής των παιδιών με ΤΑ κατά την πρώτη και τη δεύτερη μέτρηση και η διαφορά μεταξύ τους.....	72
Πίνακας 5.3. Μέσοι όροι των τιμών του παθητικού εύρους κίνησης για την απαγωγή και έξω στροφή του ισχίου, την έκταση του γόνατος, την ιγνυακή γωνία και τη ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής ξεχωριστά για τα παιδιά ΤΑ και με ΕΠ.	73
Γράφημα 5.1 Διάγραμμα σφάλματος για το παθητικό εύρος της απαγωγής του ισχίου για τα παιδιά με ΤΑ και ΕΠ στην πρώτη (Α) και δεύτερη (Β) μέτρηση. Διακρίνονται οι μεσοί όροι των τιμών και το διάστημα εμπιστοσύνης.....	74
Γράφημα 5.2. Διάγραμμα σφάλματος για το παθητικό εύρος της έξω στροφής του ισχίου για τα παιδιά με ΤΑ και ΕΠ στην πρώτη (Α) και δεύτερη (Β) μέτρηση. Διακρίνονται οι μέσοι όροι των τιμών και το διάστημα εμπιστοσύνης.....	74
Γράφημα 5.3 Διάγραμμα σφάλματος για το παθητικό εύρος της έκτασης - υπερέκτασης του γόνατος για τα παιδιά με ΤΑ και ΕΠ στην πρώτη (Α) και δεύτερη (Β) μέτρηση. Διακρίνονται οι μεσοί όροι των τιμών και το διάστημα εμπιστοσύνης.....	75
Γράφημα 5.4 Διάγραμμα σφάλματος για το παθητικό εύρος της ιγνυακής γωνίας για τα παιδιά με ΤΑ και ΕΠ στην πρώτη (Α) και δεύτερη (Β) μέτρηση. Διακρίνονται οι μεσοί όροι των τιμών και το διάστημα εμπιστοσύνης.....	75
Γράφημα 5.5 Διάγραμμα σφάλματος για το παθητικό εύρος της άρθρωσης της ποδοκνημικής για τα παιδιά με ΤΑ και ΕΠ στην πρώτη (Α) και δεύτερη (Β) μέτρηση. Διακρίνονται οι μεσοί όροι των τιμών και το διάστημα εμπιστοσύνης.....	76
Πίνακας 5.4. Ομαδοποιημένοι οι μέσοι οροί των χωροχρονικών χαρακτηριστικών της βάρδισης (ταχύτητας βάρδισης, ρυθμός βάρδισης, διάρκεια μονοποδικής στήριξης, μήκος βηματισμού και του μήκος διασκελισμού) των παιδιών με ΕΠ. Η λογιστική διαφορά μεταξύ τους που υποδεικνύει την τάση της μεταβολής.....	77

Πίνακας 5.5. Ομαδοποιημένοι οι μέσοι οροί των χωροχρονικών χαρακτηριστικών της βάδισης (ταχύτητας βάδισης, ρυθμός βάδισης, διάρκεια μονοποδικής στήριξης, μήκος βηματισμού και του μήκος διασκελισμού) των παιδιών ΤΑ. Η λογιστική διαφορά μεταξύ τους που υποδεικνύει την τάση της μεταβολής.....77

Πίνακας 5.6. Μέσοι όροι των χωροχρονικών χαρακτηριστικών της βάδισης για τα παιδιά ΤΑ και για αυτά με ΕΠ.....78

Πίνακας 5.7. Ομαδοποιημένοι οι μέσοι οροί των μέγιστων τιμών και του συνολικού εύρους κίνησης που παρατηρούνται στη άρθρωσης της ποδοκνημικής κατά τη βάδιση στα παιδιά με ΕΠ. Η λογιστική διαφορά μεταξύ τους που υποδεικνύει την τάση της μεταβολής.....80

Πίνακας 5.8. Ομαδοποιημένοι οι μέσοι οροί των μέγιστων τιμών και του συνολικού εύρους κίνησης που παρατηρούνται στη άρθρωσης της ποδοκνημικής κατά τη βάδιση στα παιδιά ΤΑ. Η λογιστική διαφορά μεταξύ τους που υποδεικνύει την τάση της μεταβολής.....81

Πίνακας 5.9. Ομαδοποιημένοι οι μέσοι οροί των μέγιστων τιμών και του συνολικού εύρους κίνησης που παρατηρούνται στη άρθρωσης του γόνατος κατά τη βάδιση στα παιδιά με ΕΠ. Η λογιστική διαφορά μεταξύ τους που υποδεικνύει την τάση της μεταβολής.....82

Πίνακας 5.10. Ομαδοποιημένοι οι μέσοι οροί των μέγιστων τιμών και του συνολικού εύρους κίνησης που παρατηρούνται στη άρθρωσης του γόνατος κατά τη βάδιση στα παιδιά ΤΑ. Η λογιστική διαφορά μεταξύ τους που υποδεικνύει την τάση της μεταβολής.....83

Πίνακας 5.11. Ομαδοποιημένοι οι μέσοι οροί των μέγιστων τιμών και του συνολικού εύρους κίνησης που παρατηρούνται στη άρθρωσης του ισχίου κατά τη βάδιση στα παιδιά με ΕΠ. Η λογιστική διαφορά μεταξύ τους που υποδεικνύει την τάση της μεταβολής.....85

Πίνακας 5.12. Ομαδοποιημένοι οι μέσοι οροί των μέγιστων τιμών και του συνολικού εύρους κίνησης που παρατηρούνται στη άρθρωσης του ισχίου κατά τη βάδιση στα παιδιά ΤΑ. Η λογιστική διαφορά μεταξύ τους που υποδεικνύει την τάση της μεταβολής.....86

Γράφημα 5.6.Κινηματική αναπαράσταση της κάμψης / έκτασης του ισχίου κατά τις φάσεις στήριξης και αιώρησης της βάδισης των παιδιών με ΕΠ. Με μωβ χρώμα η κίνηση κατά την πρώτη μέτρηση και με πορτοκαλί η κίνηση κατά τη δεύτερη μέτρηση.....87

Γράφημα 5.7. Κινηματική αναπαράσταση της κάμψης / έκτασης του ισχίου κατά τις φάσεις στήριξης και αιώρησης της βάδισης των παιδιών ΤΑ. Με μπλε χρώμα η κίνηση κατά την πρώτη μέτρηση και με πράσινο η κίνηση κατά τη δεύτερη μέτρηση.....87

Γράφημα 5.8.Κινηματική αναπαράσταση της απαγωγής / προσαγωγής του ισχίου κατά τις φάσεις στήριξης και αιώρησης της βάδισης των παιδιών με ΕΠ. Με μωβ χρώμα η κίνηση κατά την πρώτη μέτρηση και με πορτοκαλί η κίνηση κατά τη δεύτερη μέτρηση.....87

Γράφημα 5.9. Κινηματική αναπαράσταση της απαγωγής / προσαγωγής του ισχίου κατά τις φάσεις στήριξης και αιώρησης της βάδισης των παιδιών ΤΑ. Με μπλε χρώμα η κίνηση κατά την πρώτη μέτρηση και με πράσινο η κίνηση κατά τη δεύτερη μέτρηση.....87

Γράφημα 5.10.Κινηματική αναπαράσταση της έσω / έξω στροφής του ισχίου κατά τις φάσεις στήριξης και αιώρησης της βάδισης των παιδιών με ΕΠ. Με μωβ χρώμα η κίνηση κατά την πρώτη μέτρηση και με πορτοκαλί η κίνηση κατά τη δεύτερη μέτρηση.....88

Γράφημα 5.11. Κινηματική αναπαράσταση της έσω / έξω στροφής του ισχίου κατά τις φάσεις στήριξης και αιώρησης της βάδισης των παιδιών ΤΑ. Με μπλε χρώμα η κίνηση κατά την πρώτη μέτρηση και με πράσινο η κίνηση κατά τη δεύτερη μέτρηση.....88

Γράφημα 5.12.Κινηματική αναπαράσταση της κάμψης / έκτασης του γόνατος κατά τις φάσεις στήριξης και αιώρησης της βάδισης των παιδιών με ΕΠ. Με μωβ χρώμα η κίνηση κατά την πρώτη μέτρηση και με πορτοκαλί η κίνηση κατά τη δεύτερη μέτρηση.....88

Γράφημα 5.13. Κινηματική αναπαράσταση της κάμψης / έκτασης του γόνατος κατά τις φάσεις στήριξης και αιώρησης της βάδισης των παιδιών ΤΑ. Με μπλε χρώμα η κίνηση κατά την πρώτη μέτρηση και με πράσινο η κίνηση κατά τη δεύτερη μέτρηση.....88

Γράφημα 5.14.Κινηματική αναπαράσταση της ραχιαίας /πελματιαίας κάμψης της ποδοκνημικής κατά τις φάσεις στήριξης και αιώρησης της βάδισης των παιδιών με ΕΠ. Με μωβ χρώμα η κίνηση κατά την πρώτη μέτρηση και με πορτοκαλί η κίνηση κατά τη δεύτερη μέτρηση.....89

Γράφημα 5.15. Κινηματική αναπαράσταση της ραχιαίας /πελματιαίας κάμψης της ποδοκνημικής κατά τις φάσεις στήριξης και αιώρησης της βάδισης των παιδιών ΤΑ. Με μπλε χρώμα η κίνηση κατά την πρώτη μέτρηση και με πράσινο η κίνηση κατά τη δεύτερη μέτρηση.....89

Πίνακας 5.13. Οι μέσες τιμές του GMFM-66 και του GMFM-88 συνολικά και για κάθε υποενότητα (Α, Β, C, D, E) ξεχωριστά, για την πρώτη και τη δεύτερη μέτρηση. Η λογιστική διαφορά τους υποδεικνύει τη μεταβολή της αδρής κίνησης στο διάστημα που μεσολάβησε.....90

Γράφημα 5.16. Οι μέσες τιμές του GMFM-66 κατά την πρώτη (I) και δεύτερη (II) μέτρηση.....91

Γράφημα 5.17. Οι μέσες τιμές του GMFM-88 κατά την πρώτη (I) και δεύτερη (II) μέτρηση....91

Γράφημα 5.18. Οι μέσες τιμές του GMFM-88 ξεχωριστά για κάθε υποενότητα του κατά την πρώτη και δεύτερη μέτρηση (Α: Ύπτια θέση και ρολάρισμα, Β: Καθιστή θέση, C: Μπουσούλημα και θέση στα γόνατα, D: όρθια θέση, E: περπάτημα, τρέξιμο, άλμα).....92

Γράφημα 5.19. Διάγραμμα σφάλματος για τη μεταβολή της αδρής κίνησης (GMFM-88) στα παιδιά με ΕΠ μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης, στο οποίο διακρίνονται οι μεσοί όροι των τιμών στις δύο μετρήσεις και το διάστημα εμπιστοσύνης.....92

Γράφημα 5.20. Διάγραμμα σφάλματος για τη μεταβολή της αδρής κίνησης (GMFM-66) στα παιδιά με ΕΠ μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης, στο οποίο διακρίνονται οι μεσοί όροι των τιμών στις δύο μετρήσεις και το διάστημα εμπιστοσύνης.....93

Γράφημα 5.21. Διάγραμμα σφάλματος για τη μεταβολή της αδρής κίνησης στην υποενότητα Β (καθιστή θέση) του GMFM-88 μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης. Διακρίνονται οι μεσοί όροι των τιμών στις δύο μετρήσεις και το διάστημα εμπιστοσύνης.....93

Γράφημα 5.22. Διάγραμμα σφάλματος για τη μεταβολή της αδρής κίνησης στην υποενότητα C (μπουσουύλημα και θέση στα γόνατα) του GMFM-88 μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης. Διακρίνονται οι μεσοί όροι των τιμών στις δύο μετρήσεις και το διάστημα εμπιστοσύνης.....94

Γράφημα 5.23. Διάγραμμα σφάλματος για τη μεταβολή της αδρής κίνησης στην υποενότητα D (όρθια θέση) του GMFM-88 μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης. Διακρίνονται οι μεσοί όροι των τιμών στις δύο μετρήσεις και το διάστημα εμπιστοσύνης.94

Γράφημα 5.24. Διάγραμμα σφάλματος για τη μεταβολή της αδρής κίνησης στην υποενότητα E (περπάτημα, τρέξιμο, άλμα) του GMFM-88 μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης. Διακρίνονται οι μεσοί όροι των τιμών στις δύο μετρήσεις και το διάστημα εμπιστοσύνης.....95

Κατάλογος Συντομογραφιών

ΕΛΕΠΑΠ: Ελληνική Εταιρεία Προστασίας Ανάπηρων Προσώπων

ΕΠ: Εγκεφαλική Παράλυση

ΗΜΓ: Ηλεκτρομυογράφημα

ΚΝΣ: Κεντρικό Νευρικό Σύστημα

ΝΣ: Νευρικό Σύστημα

ΤΑ: Τυπικής Ανάπτυξης

CP (Cerebral Palsy): Εγκεφαλική παράλυση

GMFCS (Gross Motor Function Classification System): Σύστημα Ταξινόμησης της Αδρής Κινητικότητας

GMFM (Gross Motor Function Measurement): Κλίμακα Εκτίμησης της Αδρής Κινητικής Λειτουργίας

ICC (Intraclass Correlation Coefficient): Ενδοταξικός Συντελεστής Συσχέτισης

ICF (International Classification of Functioning): Διεθνής Ταξινόμηση της Λειτουργικότητας

K-S: Kolmogorov-Smirnov

TD (Typical Development): Τυπικής Ανάπτυξης

M (Mean): Μέσος Όρος

MRI (Magnetic Resonance Imaging): Μαγνητική Τομογραφία

PEDI: Pediatric Evaluation of Disability Inventory

SD (Standard Deviation): Τυπική Απόκλιση

ST (Stance Phase): Φάση Στήριξης

SW (Swing Phase): Φάση Αιώρησης

Περίληψη

Εισαγωγή: Η Θεωρία των Δυναμικών Συστημάτων αποτελεί μια από τις πιο πρόσφατες θεωρίες κινητικού ελέγχου πάνω στην οποία έχει βασιστεί η πλειονότητα των σύγχρονων μεθόδων θεραπευτικής παρέμβασης στα παιδιά με Εγκεφαλική Παράλυση (ΕΠ). Μια από τις βασικές αρχές της υποστηρίζει την αξιοποίηση των «εναλλακτικών» κινητικών προτύπων που αυθόρμητα υιοθετούνται από τα παιδιά με ΕΠ και ενισχύουν την λειτουργικότητά τους, χωρίς ωστόσο να έχει διερευνηθεί η επίδρασή της χρήσης τους σε άλλους τομείς του μυοσκελετικού συστήματος.

Σκοπός: Σκοπός της μελέτης είναι να διερευνήσει την επίδραση της έναρξης της αυτόνομης βάδισης με ένα «μη φυσιολογικό» πρότυπο στο παθητικό εύρος κίνησης των αρθρώσεων των κάτω άκρων και, κατ' επέκταση, στη δημιουργία μυοσκελετικών παραμορφώσεων καθώς και το κινητικό όφελος που πιθανώς αποκομίζουν από αυτή τα παιδιά με ΕΠ επιπέδου I και II κατά GMFCS.

Υλικό και Μέθοδος: Στη μελέτη συμμετείχαν 16 παιδιά ηλικίας 17 έως 44 μηνών ($28,9 \pm 8,7$), 9 αγόρια και 7 κορίτσια, με διάγνωση ΕΠ - Σπαστικής Διπληγίας και λειτουργικό επίπεδο I ή II κατά GMFCS. Στη μελέτη συμμετείχαν, ως ομάδα ελέγχου, και 16 παιδιά, 10 αγόρια και 6 κορίτσια, ηλικίας 11 έως 18 μηνών ($13,4 \pm 2,2$), Τυπικής Ανάπτυξης (ΤΑ). Για καθένα από τα παιδιά που μετείχαν στη μελέτη καταγράφηκε το παθητικό εύρος κίνησης της απαγωγής και της έξω στροφής του ισχίου, της έκτασης του γόνατος, της ιγνυακής γωνίας και της ραχιαίας κάμψης της ποδοκνημικής και των 2 κάτω άκρων (32 κάτω άκρα) με τη βοήθεια γωνιομέτρου. Επιπλέον, στα 16 παιδιά με ΕΠ και σε 6 ΤΑ καταγράφηκαν, με τη βοήθεια συστήματος τρισδιάστατης ανάλυσης βάδισης, τα κινηματικά και χωροχρονικά χαρακτηριστικά της ελεύθερης βάδισής τους. Σε όλα τα παιδιά με ΕΠ αξιολογήθηκε η αδρή κίνησης με την αξιολογητική κλίμακα GMFM. Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στα ίδια παιδιά σε 2 διαφορετικές περιόδους. Η πρώτη μέτρηση έλαβε χώρα τη στιγμή της έναρξης της αυτόνομης βάδισης κάθε παιδιού και η δεύτερη 8 μήνες αργότερα.

Αποτελέσματα: Σε ότι αφορά το παθητικό εύρος κίνησης δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης τόσο στα παιδιά με ΕΠ όσο και στην ομάδα ελέγχου. Αντίθετα, σημαντική αύξηση παρατηρήθηκε στην ταχύτητα βάδισης, στη διάρκεια μονοποδικής στήριξης, στο μήκος βηματισμού, στο μήκος διασκελισμού, στη μέγιστη πελματιαία κάμψη κατά τη φάση στήριξης και τη μέγιστη προσαγωγή κατά τη φάση στήριξης στα παιδιά με ΕΠ ενώ σημαντική

ήταν και βελτίωση της αδρής τους κίνησης μέσα στο διάστημα των 8 μηνών που μεσολάβησε από την έναρξη της ανεξάρτητης βάδισης.

Συμπεράσματα: Τα εναλλακτικά κινητικά πρότυπα βάδισης που αυθόρμητα υιοθετούνται από τα παιδιά με ΕΠ δεν επηρεάζουν σημαντικά το παθητικό εύρος κίνησης των αρθρώσεων και δε συμμετέχουν ιδιαίτερα στη δημιουργία μυοσκελετικών παραμορφώσεων, τουλάχιστον κατά τα πρώτα στάδια της ανάπτυξης της βάδισης. Αντίθετα, η βελτίωση των χωροχρονικών χαρακτηριστικών της βάδισης των παιδιών με ΕΠ και της αδρής κίνησης καταδεικνύει τη θετική επίδραση της εξάσκησης της βάδισης σε παραμέτρους που σχετίζονται άμεσα με την ισορροπία και την αποτελεσματικότητα της βάδισης καθώς και τη λειτουργικότητα και ανεξαρτησία των παιδιών με ΕΠ που βαδίζουν. Ταυτόχρονα, οι μεταβολές των κινηματικών χαρακτηριστικών που παρατηρήθηκαν στα παιδιά με ΕΠ κατά τα πρώτα στάδια της βάδισής τους μοιάζει να απεικονίζουν την προσπάθεια προσαρμογής του νευρομυϊκού συστήματος προκειμένου να καλύψει τις αυξημένες ανάγκες για σταθεροποίηση και κίνηση – τις οποίες απαιτεί η έναρξη της αυτόνομης βάδισης – μέσω της δυναμικής τροποποίησης του προτύπου βάδισης με στόχο τον αποδοτικότερο και λιγότερο ενεργοβόρο τρόπο κίνησης, αναλογικά πάντα με τη βλάβη.

Abstract

Background: Dynamic Systems Theory is one of the most recently developed motor control theories and most of the contemporary therapeutic methods for children with cerebral palsy (CP) have been based on this theory. One of its basic principles supports the utilization of the “atypical” movement patterns spontaneously adopted by the children with CP that enhance their functionality. However the effect of their use on different components of the musculoskeletal system has not been investigated up to day.

Purpose: To investigate the effect of independent gait initiation with an “atypical” pattern on Passive Range of Motion (PROM) of the lower extremities’ joints and thus its contribution to the development of musculoskeletal deformities, as well as the effect on the functional benefit of children with CP GMFCS level I and II.

Method: Sixteen children ($28,9 \pm 8,7$ months), 9 boys and 7 girls with CP - Spastic Diplegia and GMFCS level I or II and 16 children ($13,4 \pm 2,2$ months), 10 boys and 6 girls with Typical Development (TD), that had just begun independent walking, participated in the study. PROM was evaluated for hip abduction and external rotation, knee extension, popliteal angle and ankle dorsiflexion in all children using an electronic goniometer while spatiotemporal and kinematic parameters of gait were recorded for the 16 children with CP and for 6 children with TD by means of 3D gait analysis system. Additionally, the gross motor skills of each child with CP were evaluated by GMFM. All measurements were carried out in 2 different time periods. The first one took place at the outset of independent walking while the second one 8 months after.

Results: As far as the PROM is concerned no significant differences were observed between the two measurements for both children with CP and TD. On the contrary, significant increase was observed in walking velocity, single support duration, stride length, step length, maximum ankle plantarflexion and maximum hip adduction during stance phase of gait for children with CP. Moreover, there was evidence for significant improvement of gross motor skills.

Conclusions: PROM and musculoskeletal deformities are not significantly affected during the first phase of gait development by the use of “atypical” walking patterns frequently adopted by children with CP. The improvement of the spatiotemporal characteristic along with the progress in gross motor skills indicate the positive effect of independent gait practicing on parameters related to dynamic stability and balance during walking as well as on the functional aspect of children with CP. In addition, the alterations on gait kinematics, which were observed in children with CP during

the first stages of independent walking, describe the efforts of the neuromuscular system to adjust, through dynamic adaptation of the gait pattern, to meet the increased needs for stability and motion required during gait initiation. The ultimate goal is the most efficient and less energy-consuming way of movement, in regards to the impairment.

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΗ ΠΑΡΑΛΥΣΗ

1.1 Ιστορική αναδρομή και ορισμός

Η Εγκεφαλική Παράλυση (ΕΠ) αποτελεί το συχνότερο αίτιο κινητικής αναπηρίας στα παιδιά (SCPE, 2000), με ιδιαίτερα σημαντικές επιπτώσεις στην ποιότητα ζωής τους δεδομένου ότι προκαλεί αξιοσημείωτους περιορισμούς στη συμμετοχή των παιδιών σε δραστηριότητες της καθημερινής ζωής και στην κοινωνία (Eunson, 2016). Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός πως τα μικρά παιδιά με ΕΠ παρουσιάζουν σημαντικές δυσκολίες στην αυτόνομη μετακίνηση, στην αυτοϋπηρεσία ενώ συμμετέχουν πολύ λιγότερο σε ψυχαγωγικές και κοινωνικές δραστηριότητες καθώς και στο παιχνίδι, σε σχέση με άλλα παιδιά της ηλικίας τους τα οποία δεν παρουσιάζουν κάποια αναπηρία (Chiarello et al, 2014)

Ο πρώτος ερευνητής ο οποίος κάνει αναφορά στο έργο του περιγράφοντας την ΕΠ είναι ο ορθοπεδικός χειρουργός William John Little το 1843. Αναζητώντας λύση στο δικό του πρόβλημα ιπποποδίας μέσα από μια σειρά χειρουργικών επεμβάσεων, έγραψε μια διατριβή σχετικά με τα αποτελέσματα του ανώμαλου τοκετού, της δυστοκίας, της προωρότητας καθώς και της περιγεννητικής ασφυξίας στη φυσική και νοητική κατάσταση του νεογνού υποθέτοντας πως οι παρατηρούμενες παραμορφώσεις των παιδιών αυτών κατά την παιδική ηλικία οφείλονται σε ανοξία η οποία έχει προκληθεί από τραύμα κατά τον τοκετό ή τη γέννηση. Μάλιστα προσπάθησε και να την ορίσει ως μια άρτια οργανωμένη νευροαναπτυξιακή κατάσταση η οποία ξεκινάει στην πρώιμη παιδική ηλικία και παραμένει σε όλη τη διάρκεια της ζωής. Είναι χαρακτηριστικό ότι η κλινική κατάσταση η οποία αργότερα έγινε γνωστή με τον όρο «σπαστική διπληγία» για πολλά χρόνια αναφερόταν με τον όρο «ασθένεια του Little». Ωστόσο, ο πρώτος ο οποίος χρησιμοποίησε τον όρο ΕΠ θεωρείται ο Sir William Osler, ιατρός από τη Μεγάλη Βρετανία, στο έργο του το 1889 περιγράφοντας 151 ασθενείς με αυτή την βλάβη. Παράλληλα, ο Sigmund Freud (1893), διάσημος νευρολόγος και ψυχαναλυτής της εποχής, δημοσίευσε αρκετά άρθρα αναφερόμενος στην ΕΠ, στα οποία μάλιστα διαφώνησε με τον Little ως προς την αιτιολογία καθώς παρατήρησε ότι τα παιδιά με ΕΠ εμφανίζουν και άλλες νευρολογικές παθήσεις όπως νοητική υστέρηση, προβλήματα όρασης και επιληψία θεωρώντας ότι τα αίτια της ΕΠ βρίσκονται στην ανώμαλη ανάπτυξη του εγκεφάλου κατά την κύηση.

Ο ορισμός της ΕΠ, διαχρονικά, έχει αποτελέσει μια ιδιαίτερα πρόκληση για τους ερευνητές, γεγονός το οποίο αποδεικνύεται από τις πολλές απόπειρες που έχουν πραγματοποιηθεί κατά καιρούς. Οι Mac Keith και Polani το 1959 την όρισαν ως μια «*παρατεταμένη αλλά όχι αμετάβλητη*

διαταραχή της στάσης και της κίνησης, η οποία εμφανίζεται κατά τα αρχικά στάδια της ζωής και οφείλεται σε μη-εξελισσόμενη βλάβη του εγκεφάλου ως αποτέλεσμα παρέμβασης κατά την ανάπτυξή του». Λίγα χρόνια αργότερα, το 1964, ο Bax πρότεινε έναν λίγο διαφορετικό ορισμό ο οποίος κατέστη «κλασικός» και χρησιμοποιείται σε αρκετές περιπτώσεις μέχρι σήμερα. Όρισε λοιπόν την ΕΠ ως «μια διαταραχή της στάσης και της κίνησης η οποία οφείλεται σε ελάττωμα ή αλλοίωση του ανώριμου εγκεφάλου». Παρότι αυτός ο ορισμός χρησιμοποιείται ευρέως από αρκετούς συγγραφείς, επιπλέον σχόλια έχουν προστεθεί από τον Bax, ο οποίος αναφέρει ότι: «για πρακτικούς λόγους, συνηθίζεται να εξαιρούνται από την ΕΠ οι διαταραχές αυτές της στάσης και της κίνησης οι οποίες έχουν βραχεία διάρκεια, οφείλονται σε εξελισσόμενες παθήσεις ή οφείλονται αποκλειστικά σε νοητικά ελλείμματα».

Η ετερογένεια των διαταραχών που καλύπτονται από τον όρο της ΕΠ καθώς και η εξέλιξη στην κατανόηση της ανάπτυξης των νεογνών με πρόωρη εγκεφαλική βλάβη οδήγησαν τον Mutch και τους συναδέλφους του στο να τροποποιήσουν το 1992 τον ορισμό της ΕΠ ως ακολούθως: «*Η ΕΠ είναι ένας γενικός όρος-ομπρέλα που περιλαμβάνει μια ομάδα από μη-εξελισσόμενα αλλά συχνά μεταβαλλόμενα κινητικά σύνδρομα τα οποία οφείλονται σε αλλοιώσεις ή ανωμαλίες του εγκεφάλου κατά τα αρχικά στάδια ανάπτυξής του*». Ο συγκεκριμένος ορισμός ήρθε να προσδώσει μεγαλύτερη έμφαση στη μεταβλητότητα την κινητικής διαταραχής, στοιχείο που δεν είχε διευκρινιστεί στον ορισμό των Mac Keith και Polani, καθώς και να εξαιρέσει τις προοδευτικά επιδεινούμενες καταστάσεις, στοιχείο το οποίο είχε εισαχθεί αρχικά και από το Bax.

Η αναδυόμενη ανάγκη για επαναξιολόγηση των στοιχείων που έχουμε για την ΕΠ καθώς και για αναθεώρηση των γλωσσικών όρων που χρησιμοποιούνται στον ορισμό της οδήγησε στη δημιουργία ενός νέου ορισμού, ο οποίος να δίνει αφενός έμφαση στην κινητική διαταραχή αλλά αφετέρου να αναγνωρίζει και τις άλλες αναπτυξιακές διαταραχές στην επίδοση και τη συμπεριφορά που συχνά συνοδεύουν την ΕΠ. Σε μια διεθνή συνάντηση περί του ορισμού και της ταξινόμησης της ΕΠ που έλαβε χώρα στη Μπεθέσντα του Μέρυλαντ τον Ιούλιο του 2004, διατυπώθηκε ο πιο πρόσφατος ορισμός ο οποίος περιγράφει την ΕΠ ως «μια ομάδα μόνιμων διαταραχών στην ανάπτυξη της στάσης και της κίνησης που προκαλεί περιορισμό της δραστηριότητας και αποδίδεται σε μη-εξελισσόμενες βλάβες στην ανάπτυξη του εμβρυϊκού ή νεογνικού εγκεφάλου. Οι κινητικές διαταραχές στην ΕΠ συχνά συνοδεύονται από διαταραχές στην αισθητικότητα, στην αντίληψη, στις γνωστικές λειτουργίες, στην επικοινωνία και τη συμπεριφορά καθώς και από επιληψία και δευτερογενή μυοσκελετικά προβλήματα». (Rosembaum et al, 2007)

1.2 Ταξινόμηση της Εγκεφαλικής Παράλυσης

Όπως έχει προαναφερθεί, η ΕΠ – εξ' ορισμού – περιλαμβάνει ένα ιδιαίτερα ευρύ φάσμα κλινικών περιπτώσεων ενώ και ο βαθμός περιορισμού της δραστηριότητας που προκύπτει από αυτήν ποικίλει σημαντικά μεταξύ των παιδιών. Επομένως, η ταξινόμηση των ατόμων με ΕΠ σε κατηγορίες φαντάζει ιδιαίτερα χρήσιμη για διαφόρους λόγους:

- α) Περιγραφικούς: την παροχή συγκεκριμένων πληροφοριών σχετικά με το άτομο με ΕΠ με στόχο την επαρκέστερη περιγραφή της φύσης και του βαθμού του προβλήματος.
- β) Προγνωστικούς: την παροχή συγκεκριμένων στοιχείων που θα μπορούν να μας πληροφορήσουν για τις τρέχουσες αλλά και τις μελλοντικές θεραπευτικές ανάγκες του ατόμου με ΕΠ.
- γ) Συγκριτικούς: την παροχή επαρκών πληροφοριών που θα μας επιτρέπουν μια λογική σύγκριση μεταξύ διαφορετικών ατόμων με ΕΠ
- δ) Εκτίμηση της αλλαγής: την παροχή πληροφοριών που θα μας επιτρέπουν να συγκρίνουμε τα ίδια άτομα με ΕΠ σε διαφορετικές χρονικές στιγμές.

Παραδοσιακά η ταξινόμηση της ΕΠ έχει βασιστεί κατά κύριο λόγο στην τοπογραφική κατανομή της βλάβης στα άνω και κάτω άκρα του σώματος καθώς και στον επικρατέστερο τύπο παθολογίας του μυϊκού τόνου ή της κίνησης. Ωστόσο, είναι πλέον σαφές πως επιπλέον στοιχεία είναι απαραίτητα για μια επαρκή ταξινόμηση, τα οποία θα συνεισφέρουν στην πληρέστερη κατανόηση και διαχείριση της ΕΠ.

1.2.1 Ανατομική κατανομή της κινητικής διαταραχής

Η παραδοσιακή μέθοδος ταξινόμησης της ΕΠ ανάλογα με την τοπογραφική κατανομή της κινητικής διαταραχής περιλαμβάνει τη χρήση 3 κατηγοριών: ημιπληγία, διπληγία και τετραπληγία. Ως ημιπληγία αναφέρεται η κλινική εικόνα κατά την οποία έχει επηρεαστεί μονόπλευρα το άνω και κάτω άκρο. Αντίθετα, ως διπληγία αναφέρεται η κλινική εικόνα στην οποία έχουν επηρεαστεί αμφίπλευρα τα 2 κάτω άκρα και λιγότερο τα 2 άνω άκρα και τέλος, ως τετραπληγία αναφέρεται η κλινική εικόνα κατά την οποία έχουν επηρεαστεί αμφίπλευρα τα άνω και τα κάτω άκρα (Reddihough, 2011).

Είναι εμφανές πως η συγκεκριμένη κατηγοριοποίηση βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στη διαφοροποίηση της βαρύτητας της βλάβης μεταξύ άνω και κάτω άκρων (διπληγία, τετραπληγία), γεγονός το οποίο μειώνει σημαντικά την εγκυρότητα της ταξινόμησης (Gorter et al, 2004) δεδομένου ότι τα άνω και κάτω άκρα διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά τόσο ανατομικά όσο και

λειτουργικά. Επιπλέον, η συγκεκριμένη ταξινόμηση δεν περιλαμβάνει στοιχεία τα οποία να μας πληροφορούν για την κατάσταση του κορμού και της κεφαλής με αποτέλεσμα να μην παρέχει ολοκληρωμένη εικόνα για την κινητική εικόνα του παιδιού με ΕΠ.

Από το 2000, μια νέα μορφή ταξινόμησης βασισμένη στην τοπογραφική κατανομή της βλάβης έχει γίνει δεκτή από το Ευρωπαϊκό Δίκτυο παιδιών με Εγκεφαλική Παράλυση (SCPE), η οποία διακρίνει τα παιδιά με ΕΠ σε αυτά με μονόπλευρη ή αμφίπλευρη κινητική διαταραχή και μοιάζει να έχει σημαντικά υψηλότερη εγκυρότητα (Cans, 2000).

1.2.2 Φύση και τύπος κινητικής διαταραχής

Ο τύπος της παθολογίας του μυϊκού τόνου ή των ακουσίων κινήσεων που παρατηρούνται ή εκλύονται στα παιδιά με ΕΠ συχνά θεωρείται ότι σχετίζεται με την υποκείμενη παθοφυσιολογία της διαταραχής και ότι, ενδεχομένως, αντανακλά και την αιτιολογία της βλάβης. Τα παιδιά με ΕΠ, παραδοσιακά, ταξινομούνται με βάση την επικρατούσα μορφή παθολογικού μυϊκού τόνου, σύμφωνα με την οποία περιγράφονται 3 βασικές κατηγορίες: η σπαστική, η οποία χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη σπαστικότητας, η δυσκινητική, η οποία επιπλέον διαχωρίζεται στη δυστονική και στη χορειοαθετωσική μορφή και συχνά χαρακτηρίζεται από εναλλαγές στον μυϊκό τόνο και η αταξική, η οποία χαρακτηρίζεται από υποτονία και δυσκολία στον συντονισμό των κινήσεων και την ισορροπία. Επιπλέον, συχνά αναφέρεται και η μεικτή μορφή ΕΠ για περιπτώσεις που δεν υπάρχει κάποια ξεκάθαρα επικρατούσα παθολογική μορφή μυϊκού τόνου (Pakula et al, 2009; Sanger, 2004; Sanger et al, 2003).

1.2.3 Φύση και τοπογραφία την νευρολογικής βλάβης

Σύμφωνα με τον Pakula και τους συνεργάτες του (2009), η ΕΠ μπορεί να ταξινομηθεί και ανάλογα με την τοπογραφική κατανομή της νευρολογικής βλάβης σε πυραμιδική και εξωπυραμιδική. Η πυραμιδική μορφή συχνά αναφέρεται σε περιπτώσεις όπου επικρατεί η σπαστικότητα, μια διαταραχή του μυϊκού τόνου που εκδηλώνεται ως μια ταχο-εξαρτώμενη αύξηση των τονικών μυοστατικών αντανακλαστικών προερχόμενη από την αδυναμία αναστολής των τενόντιων αντανακλαστικών (Lance, 1980). Συνήθως συνοδεύεται από αύξηση των τενόντιων αντανακλαστικών, εμφάνιση παθολογικών αντανακλαστικών και εμφάνιση κλώνου. Αντίστοιχα, η εξωπυραμιδική μορφή χαρακτηρίζεται από εναλλαγές στον μυϊκό τόνο (δυστονία) ενώ συχνά

συνοδεύεται και από ακούσιες κινήσεις (χορεία, αθέτωση) ιδιαίτερα κατά την έντονη προσπάθεια (Sanger, 2004).

1.2.4 Λειτουργικές κινητικές δεξιότητες

Η Διεθνής Ταξινόμηση της Λειτουργικότητας (ICF) που δημοσίευσε ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας το 2001 (WHO, 2001), έχει δώσει ιδιαίτερη έμφαση στην ευαισθητοποίηση των επαγγελματιών υγείας σχετικά με τη σημασία της αξιολόγησης των λειτουργικών συνεπειών των διαφόρων προβλημάτων υγείας. Επομένως, οι λειτουργικές συνέπειες της ΕΠ οφείλουν να καταγράφονται και να αξιολογούνται με τη χρήση αντικειμενικών λειτουργικών κλιμάκων. Για τους λόγους αυτούς έχει αναπτυχθεί το Σύστημα Ταξινόμησης της Αδρής Κινητικότητας (GMFCS), το οποίο ταξινομεί σε 5 λειτουργικά επίπεδα τα παιδιά με ΕΠ ανάλογα με τις κινητικές του δυνατότητες και τους περιορισμούς στις δραστηριότητες (Palisano et al, 1997). Σύμφωνα με το εν λόγω σύστημα ταξινόμησης τα παιδιά που συγκαταλέγονται στο επίπεδο I βαδίζουν χωρίς περιορισμούς σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους, τα παιδιά στο επίπεδο II βαδίζουν ανεξάρτητα αλλά με περιορισμούς ιδιαίτερα σε εξωτερικούς χώρους, τα παιδιά στο επίπεδο III βαδίζουν με τη χρήση χειροκίνητου βοηθήματος μετακίνησης, τα παιδιά στο επίπεδο IV δεν είναι ικανά να βαδίζουν ανεξάρτητα και μετακινούνται με τη χρήση ηλεκτροκίνητου αμαξιδιού ενώ, τέλος, τα παιδιά στο επίπεδο V εμφανίζουν σημαντικούς περιορισμούς σε κάθε είδους αυτόνομη μετακίνηση. Αξίζει να αναφερθεί πως το GMFCS αποτελεί την πιο αξιόπιστη μέχρι σήμερα μέθοδο κατηγοριοποίησης των παιδιών με ΕΠ ενώ επιπλέον προσφέρει ιδιαίτερα σημαντικές πληροφορίες για τη συνολική κινητική εικόνα των παιδιών με ΕΠ καθώς και χρήσιμα στοιχεία για την κινητική τους εξέλιξη (Rosembaum et al, 2014).

Αντίστοιχα με το GMFCS, μια νεότερη κλίμακα που μοιάζει να έχει ιδιαίτερα υψηλό βαθμό εγκυρότητας και αξιοπιστίας (Eliasson et al, 2006) είναι το MACS (Manual Ability Classification System) το οποίο αποτελεί ένα σύστημα ταξινόμησης των παιδιών με ΕΠ ανάλογα με τις λειτουργικές ικανότητες των άνω άκρων και ιδιαίτερα των χεριών.

1.3 Επιδημιολογικά στοιχεία

Παρά το γεγονός πως η βελτίωση των συνθηκών που αφορούν στην υγεία των μητέρων, στην ιατρική φροντίδα των πρόωρων νεογνών καθώς και στις μονάδες νοσηλείας νεογνών είναι ιδιαίτερα σημαντική και θα ήταν αναμενόμενη και μια αντίστοιχη βελτίωση στις γεννήσεις των παιδιών,

εντούτοις, η συχνότητα εμφάνισης της ΕΠ παραμένει σε γενικές γραμμές σταθερή τα τελευταία χρόνια (Eunson, 2016). Οι περισσότερες πρόσφατες μελέτες αναφέρουν ποσοστά εμφάνισης μεταξύ 2 και 3 ανά 1000 γεννήσεις (Watson et al, 2009; Pakula, 2009; Andersen et al, 2008; Green & Hurvitz, 2007; Odding et al, 2006; SCPE, 2000), ενώ υπάρχουν και μερικές που εμφανίζουν ιδιαίτερα αυξημένη συχνότητα εμφάνισης όπως αυτή των Serdarogulu και συν. (2006) που αναφέρει ποσοστό 4,4% καθώς και η μελέτη των Yeargin-Allsopp (2008) με 3,64%. Το γεγονός της διαφοράς στη συχνότητα εμφάνισης μεταξύ των μελετών πιθανότατα οφείλεται τόσο στις μεθόδους διαπίστωσης και καταγραφής της ΕΠ που χρησιμοποιεί κάθε μελέτη όσο και στον τόπο που λαμβάνει χώρα η μελέτη, καθώς η ιατρική φροντίδα που λαμβάνουν οι γυναίκες και τα νεογνά σε κάθε χώρα διαφέρει σημαντικά. Ωστόσο, αξίζει να αναφερθεί ότι στην πιο πρόσφατη μελέτη, η οποία πραγματοποιήθηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής το 2014, αναφέρεται συχνότητα εμφάνισης 3,1 ανά 1000 γεννήσεις (Christensen et al, 2014). Σύμφωνα με την ίδια μελέτη, η συχνότητα εμφάνισης ήταν υψηλότερη για τα αγόρια από ότι για τα κορίτσια με αναλογία 1,5:1 και υψηλότερη για του μη-λατίνους μαύρους σε σχέση με τους μη-λατίνους λευκούς με αναλογία 1,5:1.

Σε ό,τι αφορά τα ειδικότερα στοιχεία για την ΕΠ, η Christensen και οι συνεργάτες της (2014) αναφέρουν πως η πλειονότητα των παιδιών με ΕΠ (77,4%) εμφάνισε σπαστικού τύπου ΕΠ, ένα ποσοστό 8.4% εμφάνισε δυσκινητικού ή αταξικού τύπου και το 14,2% μεικτού τύπου ΕΠ. Από τα παιδιά με σπαστικές μορφές ΕΠ το 63,6% είχε αμφίπλευρη ΕΠ και το 36,4% μονόπλευρη. Η συχνότητα συνοσηρότητας ΕΠ με Διαταραχές Αυτιστικού Φάσματος έφτανε το 6,9% και με επιληψία το 41%. Επιπλέον, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το στοιχείο, ότι στο σύνολο των παιδιών με ΕΠ ένα ποσοστό 30,6% δε θα είναι ικανό ποτέ να βαδίζει αυτόνομα, ένα ποσοστό 11,3% θα βαδίζει ανεξάρτητα με τη χρήση κάποιου βοηθήματος μετακίνησης και ένα ποσοστό 58,2% θα είναι ικανό να βαδίζει εντελώς ανεξάρτητα αλλά με συγκεκριμένους περιορισμούς.

1.4 Παράγοντες κινδύνου

Διάρκεια κύησης: Ο πρόωρος τοκετός αποτελεί ένα από του συχνότερους παράγοντες κινδύνου ανάπτυξης ΕΠ με τις πιθανότητες να αυξάνονται σημαντικά καθώς η διάρκεια κύησης ελαττώνεται. Παιδιά τα οποία έχουν γεννηθεί πριν την 26^η εβδομάδα κύησης έχουν πιθανότητες 16-28% να αναπτύξουν ΕΠ ενώ υψηλό κίνδυνο διατρέχουν τα παιδιά που γεννιούνται πριν τη 32^η εβδομάδα

κύησης (Eunson, 2016). Η ενδοκρανιακή αιμορραγία, ιδιαίτερα στα πρόωρα νεογνά, σχετίζεται συχνά με την εμφάνιση ΕΠ

Βάρος γέννησης: Το βάρος γέννησης αποτελεί ένα ιδιαίτερα σημαντικό παράγοντα κινδύνου ανεξάρτητα από τη διάρκεια κύησης. Όσο μικρότερο είναι το βάρος γέννησης του νεογνού τόσο μεγαλύτερες είναι οι πιθανότητες να υποστεί κάποια ισχαιμική ή υποξική βλάβη κατά τη διάρκεια του τοκετού. Πληθυσμιακές μελέτες υποστηρίζουν ότι η συχνότητα εμφάνισης ΕΠ σε παιδιά με πολύ χαμηλό βάρος γέννησης (<1500 γρ.) κυμαίνεται μεταξύ 51 και 73% ενώ τα νεογνά με φυσιολογικό βάρος γέννησης (>2500 γρ.) μόνο 1-2%. (Pakula et al, 2009)

Πολλαπλή κύηση: Δίδυμες ή πολλαπλές κύσεις αποτελούν έναν σημαντικό παράγοντα κινδύνου για ΕΠ. Ο κίνδυνος πηγάζει από παράγοντες όπως αγγειακές ανωμαλίες του πλακούντα, ενδομήτριο θάνατο του ενός εμβρύου, προωρότητα, ελλιπή ανάπτυξη, υποξία κατά τη γέννηση. Οι πολλαπλές κύσεις είναι πιο πιθανό να προκύψουν κατόπιν εξωσωματικής γονιμοποίησης.

1.5 Αίτια

Η ΕΠ αποτελεί μια διαταραχή με πολλαπλά αίτια που ενδέχεται να οδηγήσουν σε βλάβη του εγκεφάλου. Σύμφωνα με τον Eunson (2016) τα αίτια της ΕΠ χωρίζονται σε 3 βασικές κατηγορίες: Εγκεφαλικές βλάβες, εγκεφαλικές δυσμορφίες και διαταραχές της εγκεφαλικής λειτουργίας χωρίς ενδείξεις δομικής ανωμαλίας.

Περιγεννητική ασφυξία: Είναι γεγονός πως περισσότερα από τα μισά παιδιά που διαγιγνώσκονται με ΕΠ είναι τελειόμηνα βρέφη (Campbell et al, 2006). Η περιγεννητική ασφυξία που συμβαίνει κατά τη διάρκεια του τοκετού και οδηγεί σε νεογνική εγκεφαλοπάθεια και μεταγενέστερα σε ΕΠ θεωρείται ως ένα από τα αίτια ΕΠ στα τελειόμηνα βρέφη και έχει αποτελέσει μια από τις συνηθέστερες κατηγορίες ιατρικής αμέλειας. Ωστόσο, μελέτες έχουν δείξει ότι μόλις το 2-10% των περιπτώσεων ΕΠ οφείλονται σε περιγεννητική ασφυξία κατά τη διάρκεια της γέννας. Ένας σημαντικός αριθμός κύσεων που καταλήγουν σε γεννήσεις τελειόμηνων νεογνών με περιγεννητική ασφυξία εμφανίζουν κάποια παθολογία του πλακούντα που έχει προκαλέσει αγγειακή δυσλειτουργία στο έμβρυο ή οφείλονται σε ενδομήτρια έκθεση σε λοιμώξεις (Nelson, 2002). Την άποψη αυτή επιβεβαιώνει και μια μελέτη από τη Σκωτία (Becher et al, 2004), στη οποία εξέτασαν το εγκέφαλο εμβρύων που είχαν αποβιώσει πριν τη γέννηση και είχαν εμφανίσει ενδείξεις για ισχαιμική εγκεφαλοπάθεια. Σύμφωνα με τη μελέτη, τα μισά έμβρυα εμφάνιζαν αλλοιώσεις στον εμβρυικό τους εγκέφαλο πολύ πριν τον τοκετό. Επιπλέον, το γεγονός πως η αύξηση των γεννήσεων

μέσω της Καισαρικής τομής δε συνοδεύεται και από την αντίστοιχη ελάττωση των περιστατικών ΕΠ, επίσης, ενισχύει την πεποίθηση πως οι πιθανότητες για ΕΠ λόγω περιγεννητικής ασφυξίας είναι σχετικά μικρές.

Αγγειακές διαταραχές του εγκεφάλου: Καταστάσεις που επηρεάζουν την αιματική ροή του αναπτυσσόμενου εγκέφαλου και λαμβάνουν χώρα κατά το πρώτο ή το δεύτερο τρίμηνο κύησης μπορούν να δημιουργήσουν παθολογικές καταστάσεις οι οποίες σχετίζονται με διαταραχές στη μετανάστευση των νευρικών κύτταρων αλλά η κινητική διαταραχή να είναι σχετικά μικρή και δύσκολα ανιχνεύσιμη σε πολύ μικρή ηλικία. Αντίστοιχα, αγγειακές διαταραχές κατά το τρίτο τρίμηνο κύησης δεν προκαλούν φλοιώδη μετανάστευση αλλά έμφρακτο συνήθως με γλοιώση.

Παθολογίες του πλακούντα: Η κυριότερη παθολογική κατάσταση που σχετίζεται άμεσα με την ΕΠ είναι η καταστροφή ή αιμορραγία του πλακούντα. Άλλες παθολογικές καταστάσεις έχουν να κάνουν με την αγγειακή ανάπτυξη του πλακούντα, επίκτητες φλεγμονώδεις αλλοιώσεις και επίκτητες εκφυλιστικές αλλοιώσεις.

Εγκεφαλικές Δυσπλασίες: Ένα ποσοστό μέχρι 12% των παιδιών με ΕΠ εμφανίζουν εγκεφαλικές δυσπλασίες (SCPE, 2000). Οι συνηθέστεροι τύποι εγκεφαλικών δυσπλασιών είναι ο υδροκέφαλος και η μικροκεφαλία.

Γενετικοί παράγοντες: Είναι πολύ πιθανό πως στα αίτια της ΕΠ συμπεριλαμβάνονται και οι γενετικοί παράγοντες κατά τον ίδιο τρόπο που ενδέχεται να παίζουν κάποιο ρόλο στην αιτιοπαθολογία και άλλων πολύπλοκων νευροαναπτυξιακών διαταραχών όπως ο αυτισμός και οι μαθησιακές δυσκολίες. Η παραπάνω άποψη βασίζεται σε στοιχεία όπως:

- η αύξηση της πιθανότητας εμφάνισης ΕΠ σε μονοζυγωτικά δίδυμα σε σχέση με τα διζυγωτικά
- η αύξηση της πιθανότητας εμφάνισης ΕΠ αν υπάρχει άλλο παιδί στην οικογένεια με διάγνωση ΕΠ
- η αύξηση της πιθανότητας εμφάνισης ΕΠ σε αιμομικτικές οικογένειες
- η αναγνώριση συγκεκριμένων γονιδίων υπεύθυνων για την διαταραχές που μιμούνται την ΕΠ

2. Η ΘΕΩΡΙΑ ΤΩΝ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΩΣ ΒΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ ΣΤΑ ΠΑΙΔΙΑ ΜΕ ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΗ ΠΑΡΑΛΥΣΗ

2.1 Εισαγωγή

Η κινητική ανάπτυξη των παιδιών έχει αποτελέσει συχνά αντικείμενο μελέτης με σκοπό την κατανόηση της σχέσης που υπάρχει ανάμεσα στη νευρική δομή και την αναδυόμενη κινητική συμπεριφορά καθώς και την αναγνώριση, σε πολύ πρώιμο στάδιο, διαφόρων τύπων κινητικής καθυστέρησης και παιδιών με κίνδυνο εμφάνισης ΕΠ. Επιπλέον, η έρευνα γύρω από την κινητική ανάπτυξη έχει επιτελέσει πρωτεύοντα ρόλο στην εξέλιξη της παιδιατρικής φυσικοθεραπείας, δεδομένου του ότι οι διεργασίες που αποτελούν τη βάση της κινητικής ανάπτυξης είναι οι ίδιες με αυτές που χρησιμοποιούνται στην αποκατάσταση παιδιών με ΕΠ (Shumway – Cook & Woollacott, 1995; Kamm et al, 1990).

Το βασικό ερώτημα που τίθεται από τις θεωρίες κινητικής ανάπτυξης είναι το πώς ο εγκέφαλος ασκεί έλεγχο στην κίνηση και ποια είναι η διαδικασία αλλαγής που οδηγεί την ανάπτυξη. Υπάρχουν πολλές θεωρίες που προσπαθούν να απαντήσουν σε αυτά τα ερωτήματα και παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τους μηχανισμούς κίνησης του οργανισμού, οι οποίες καλούνται θεωρίες κινητικού ελέγχου. Οι πλέον αποδεκτές και περισσότερο μελετημένες θεωρίες κινητικού ελέγχου είναι η Θεωρία των Αντανακλαστικών (Sherrington, 1906), η Ιεραρχική Θεωρία (Jackson, 1932) και η Θεωρία των Δυναμικών Συστημάτων (Thelen, 1995) ενώ τα αντίστοιχα μοντέλα νευρολογικής αποκατάστασης που προκύπτουν από τις παραπάνω θεωρίες είναι η Μυϊκή Επανεκπαίδευση, το Νευροαναπτυξιακό μοντέλο (Gessel, 1954; McGraw, 1945) και το Λειτουργικό μοντέλο (Law et al 2007; Katellar et al, 2001).

Ως επί το πλείστον, οι φυσικοθεραπευτές έχουν προσπαθήσει να αξιολογήσουν και να θεραπεύσουν παιδιά με ΕΠ βασιζόμενοι στις αρχές ωρίμασης του νευρικού συστήματος (νευροαναπτυξιακό μοντέλο) και στην πεποίθηση ότι η ανάπτυξη του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος (ΚΝΣ) οδηγεί στην αναχαίτιση της λειτουργίας των κατώτερων κέντρων του εγκεφάλου και στην εμφάνιση της εκούσιας κίνησης. Αυτή η έννοια της νευρολογικής ωρίμασης βασίζεται πρωτίστως στα έργα των McGraw (1945) και Gessel (1954), στα οποία η κινητική ανάπτυξη περιγράφεται ως μια σειρά κινητικών οροσήμων που εμφανίζονται σε συγκεκριμένες ηλικίες, χωρίς να λαμβάνει υπόψη άλλους παράγοντες που επηρεάζουν την κίνηση, παρά μόνο την ανάπτυξη του νευρικού συστήματος. Το βρέφος κατά συνέπεια θεωρείται παθητικός δέκτης περιβαλλοντικών ερεθισμάτων και όχι ενεργός συμμετέχων στην πορεία της ανάπτυξης.

Με την πάροδο των χρόνων, έχουν αναπτυχθεί πολλά συστήματα αξιολόγησης και θεραπείας, όπως η Νευροεξελικτική Αγωγή [Neurodevelopmental Treatment - NDT] (Bobath, 1966), η μέθοδος Σφαιρικής Αντανακλαστικής Κινητοποίησης [Reflexive Locomotion] (Vojta, 1993), η Ιδιοδεκτική Νευρομυϊκή Διευκόλυνση [Proprioceptive Neuromuscular Facilitation - PNF] (Voss et al, 1985) κ.α., οι οποίες έχουν βασιστεί σε μεγάλο βαθμό στις αρχές του νευροαναπτυξιακού μοντέλου αποκατάστασης. Αν και διαφέρουν ως προς τις συγκεκριμένες στρατηγικές θεραπείας, οι βασικές αρχές τους προκύπτουν από τέσσερις υποθέσεις – κλειδιά (Shumway – Cook & Woollacott, 1995):

1. Η ανάπτυξη της κίνησης προκύπτει αποκλειστικά από την ωρίμανση του ΚΝΣ μέσω μιας αλληλουχίας προκαθορισμένων κινητικών οροσήμων που λαμβάνουν χώρα σε συγκεκριμένη ηλικία.
2. Τα φυσιολογικά πρότυπα κίνησης θα επανέλθουν αυτόματα από τη στιγμή που τα παθολογικά πρότυπα κίνησης και τα παθολογικά αντανακλαστικά αναχαιτιστούν.
3. Η συνεχής επανάληψη των φυσιολογικών προτύπων κίνησης θα έχει ως αποτέλεσμα την αυτόματη βελτίωση των λειτουργικών δεξιοτήτων.
4. Η συνεχής επανάληψη των φυσιολογικών προτύπων κίνησης, καθοδηγούμενων από εξωτερικούς παράγοντες (τον θεραπευτή), θα τροποποιήσει το ΚΝΣ κατά τέτοιο τρόπο ώστε νέα, σωστά κινητικά εγγράμματα να δημιουργηθούν και να αποθηκευτούν.

Σύμφωνα με αυτές τις βασικές υποθέσεις, ο θεραπευτής προσπαθεί να εμποδίσει τη «μη φυσιολογική» κίνηση και στάση που δημιουργούν περιορισμούς στο παιδί, ενθαρρύνοντας την υιοθέτηση των «φυσιολογικών» προτύπων κίνησης (Adams et al, 2000; Van Sant, 1991), με το σκεπτικό ότι αυτά θα οδηγήσουν σε λειτουργικές βελτιώσεις και θα μειώσουν τον περιορισμό σε δραστηριότητες και συμμετοχή.

2.2 Ανασκόπηση της Βιβλιογραφίας

Την τελευταία εικοσιπενταετία, τα αποτελέσματα των ερευνών για την υποστήριξη των προαναφερθεισών υποθέσεων παρουσιάζονται αμφιλεγόμενα (Law et al, 2011; Martin et al, 2010; Butler & Darragh, 2001; Thelen, 1995; Hur, 1995) ενώ ταυτόχρονα έχουν προκύψει πολλά ερωτήματα για το κατά πόσο η αναχαιτίση των παθολογικών προτύπων κίνησης μπορεί από μόνη της να παράγει πιο «φυσιολογικά» πρότυπα και αν κάτι τέτοιο μπορεί να οδηγήσει σε λειτουργικές βελτιώσεις (Ketelaar, 2001).

Η αντίληψη ότι τα «άτυπα» πρότυπα κίνησης που παρατηρούνται σε παιδιά με κινητικές δυσκολίες δεν οφείλονται αποκλειστικά στη δομική βλάβη του ΚΝΣ αλλά κυρίως στην προσπάθεια των υπόλοιπων συστημάτων να αντισταθμίσουν την απώλεια και να παραμείνουν λειτουργικά εγείρει εύλογα το ερώτημα του κατά πόσο είναι ορθό να εξασκηθεί η χρήση συγκεκριμένων προτύπων κίνησης, όταν «το κλειδί» για τη φυσιολογική λειτουργία είναι η ποικιλία στις στρατηγικές κίνησης. Ίσως θα ήταν καταλληλότερο να δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στην εξάσκηση της λειτουργίας αυτής καθεαυτής αντί στην αναχαίτιση των «άτυπων» προτύπων κίνησης με την ελπίδα ότι μέσω αυτής θα επέλθει και η αυτόματη βελτίωση της λειτουργίας (Holt et al, 1996).

Κατά τον Horak (1991) υπάρχει αρκετά μεγάλη δυσαρέσκεια με το νευροαναπτυξιακό μοντέλο αποκατάστασης και τις θεραπευτικές τεχνικές που βασίζονται σε αυτό. Αρχικά, λαμβάνοντας υπόψη τη μη αναστρεψιμότητα της εγκεφαλικής βλάβης, οποιαδήποτε προσπάθεια για επαναφορά της κίνησης και του μυϊκού τόνου σε φυσιολογικά επίπεδα φαντάζει πολύ δύσκολη. Ακόμα και αν επιτευχθεί η αναχαίτιση των παθολογικών προτύπων κίνησης και του μυϊκού τόνου σε χαμηλότερα αναπτυξιακά επίπεδα (π.χ. σε ύπτια ή πρηνή θέση ή πάνω στην μπάλα), αυτή φαίνεται ότι δε διατηρείται σε ανώτερα λειτουργικά επίπεδα (π.χ. σε όρθια θέση) με αποτέλεσμα να χάνεται η δυνατότητα επίτευξης του επιθυμητού στόχου (Horak, 1991). Καθώς οι άνθρωποι κινητοποιούνται όταν υπάρχουν λειτουργικοί στόχοι και δραστηριότητες, ή εξάσκηση μεμονωμένων προτύπων κίνησης διαχωρισμένη πλήρως από τον λειτουργικό σκοπό μοιάζει πολύ δύσκολο να επιτευχθεί (Lowing et al, 2009).

Ένα δεύτερο σημαντικό μειονέκτημα του νευροαναπτυξιακού μοντέλου είναι ότι δε λαμβάνει υπόψη την περίπλοκη αλληλεπίδραση ανάμεσα στο μυοσκελετικό σύστημα και το περιβάλλον. Η επικέντρωση της θεραπείας στη δομική βλάβη του ΚΝΣ δεν αφήνει μεγάλα περιθώρια για ενασχόληση και έγκαιρη αντιμετώπιση των μυοσκελετικών αλλαγών που αποτελούν σημαντικούς περιοριστικούς παράγοντες της κίνησης.

Πολλοί θεραπευτές, βασιζόμενοι στην πεποίθηση ότι η καθοδηγούμενη επανάληψη των φυσιολογικών προτύπων κίνησης θα τροποποιήσει το ΚΝΣ κατά τέτοιο τρόπο ώστε νέα, σωστά κινητικά εγγράμματα να δημιουργηθούν, συνηθίζουν να μην ενθαρρύνουν τα παιδιά να ξεκινούν τις λειτουργικές δραστηριότητες (π.χ. βάδιση) νωρίς, φοβούμενοι ότι τα αντισταθμιστικά πρότυπα που αυτά παρουσιάζουν θα εμποδίσουν τη φυσιολογική κίνηση. Κάτι τέτοιο ασφαλώς δε συμβάλλει στη γρηγορότερη ανεξαρτητοποίησή τους (Shumway – Cook & Woollacott, 1995).

Πολύ συχνά τα παιδιά γίνονται παθητικοί αποδέκτες της θεραπείας ή τουλάχιστον δεν ενθαρρύνονται αρκετά να βοηθήσουν ενεργητικά τη διαδικασία της αποκατάστασης. Το μοντέλο

θεραπείας που βασίζεται στις νευροαναπτυξιακές αρχές προσπαθεί να επηρεάσει το νευρικό σύστημα με παθητική αναμονή των τροποποιήσεων που θα επιφέρει ο θεραπευτής και όχι με ενεργή εξάσκηση για τον προσδιορισμό των ενεργειών, γεγονός το οποίο, όπως έχει αποδειχτεί (Hein & Held, 1967) δρα ανασταλτικά στη διαδικασία της αποκατάστασης

Τέλος, δεν είναι λίγοι οι ερευνητές (Mahoney et al, 2004; Bottos et al, 2001; Latash & Anson, 1996) οι οποίοι αμφισβητούν έντονα αυτή την έμφαση στην «κανονικότητα» γιατί, σε μεγάλο βαθμό, περιορίζει τις επιλογές για λειτουργική επιτυχία. Αντίθετα, οι αντισταθμιστικές κινήσεις και οι περιβαλλοντικές προσαρμογές μοιάζουν να αποτελούν πιο αποτελεσματικές λύσεις για την επίτευξη της μέγιστης ανεξαρτησίας σε παιδιά με ΕΠ. Ο Holt και οι συνεργάτες του (1996) υποστήριξαν ότι τα παιδιά με ΕΠ αναπτύσσουν ένα πρότυπο βάρδισης που χρησιμοποιεί την παθολογία για να αποθηκεύσει και να τροφοδοτήσει δυναμική ενέργεια, παράγοντας έτσι έναν λιγότερο ενεργοβόρο τρόπο κίνησης. Το συνολικό μεταβολικό κόστος βάρδισης σε αυτά τα παιδιά ενδέχεται να παραμείνει υψηλό σε σχέση με παιδιά χωρίς αναπηρία, φαίνεται όμως να είναι ο πιο οικονομικός, ως προς την κατανάλωση ενέργειας, τρόπος για τον οργανισμό τους, λαμβανομένων των δεδομένων περιορισμών υπόψη. Από αυτή την άποψη, ο σημαντικότερος στόχος της θεραπείας πρέπει να είναι η εκτέλεση της λειτουργικής δραστηριότητας με τον πιο αποτελεσματικό τρόπο και όχι η επίτευξη των «φυσιολογικών» προτύπων κίνησης (Law et al, 2007).

Δεδομένης της απουσίας ισχυρών αποδείξεων που να υποστηρίζουν τις παραδοσιακές θεραπευτικές προσεγγίσεις για παιδιά με διαγνωσθείσα ΕΠ (Novak et al, 2013; Effgen & McEwen, 2008; Darah & Bartlett, 1995; Campbell, 1991), φυσικοθεραπευτές και εργοθεραπευτές εξετάζουν την υιοθέτηση νέων θεωρητικών πλαισίων για το σχηματισμό θεραπευτικών αρχών. Παρόλο που πολλές παραδοσιακές υποθέσεις παραμένουν χρήσιμες σε συγκεκριμένους τομείς της παιδιατρικής φυσικοθεραπείας, οι θεραπευτές βρίσκουν την παραδοσιακή προσέγγιση ολοένα και πιο ανεπαρκή για τη διαχείριση των κινητικών προβλημάτων των ασθενών τους και γίνονται πιο δεκτικοί απέναντι σε νέα μοντέλα αποκατάστασης που βασίζονται σε πιο πρόσφατα ευρήματα, νέες θεωρίες κινητικού ελέγχου και σε πληρέστερη κατανόηση του ελέγχου της κίνησης.

2.3 Θεωρία Δυναμικών Συστημάτων

Η πρόσφατη πρόοδος στην έρευνα γύρω από την κίνηση και ιδιαίτερα η νεοαποκτηθείσα δυνατότητα ποσοτικοποίησης της κίνησης και κατανόησης των λεπτομερειών της οργάνωσης των κινήσεων, έχουν επιτρέψει την απεξάρτηση των ερευνών από τις νευρολογικές εξηγήσεις της ανάπτυξης, παρέχοντας περιθώριο για την ανάπτυξη νέων θεωριών. Ο Nicolai Bernstein ήταν ο

πρώτος ερευνητής που ανέπτυξε το 1967 μια θεωρία κινητικού ελέγχου, η οποία αντιμετώπιζε το νευρικό σύστημα και το σώμα με ολότελα νέο τρόπο, δημιουργώντας τη βάση για νέες θεωρίες κίνησης. Επιστήμονες πριν από αυτόν είχαν επικεντρώσει την έρευνά τους κυρίως στον νευρικό έλεγχο της κίνησης, ενώ ο Bernstein υποστήριζε ότι είναι αδύνατο να κατανοήσουμε τη βασική αρχή της κινητικής ανάπτυξης χωρίς να υπάρχει πλήρης κατανόηση των χαρακτηριστικών του συστήματος που κινούμε, καθώς και των εσωτερικών και εξωτερικών δυνάμεων που ενεργούν στο σώμα.

Εμπνευσμένη από το έργο του Bernstein (1967) και έχοντας ως οδηγό διάφορες αρχές της φυσικής και της ψυχολογίας, η Thelen και οι συνεργάτες της πρότειναν το 1987 μια εναλλακτική προσέγγιση στην ανάπτυξη της κίνησης, γνωστή ως Θεωρία Δυναμικών Συστημάτων (Keslo & Thelen, 1987; Kamm et al, 1990; Smith & Thelen, 2003). Σύμφωνα με αυτήν τη θεωρία, το ΚΝΣ δεν αποτελεί τη μοναδική κινητήρια δύναμη που οδηγεί την κινητική ανάπτυξη μέσω μιας αλληλουχίας κινητικών οροσήμων σε συγκεκριμένες ηλικίες αλλά ένα από τα υποσυστήματα που δυναμικά αλληλεπιδρούν για την παραγωγή κίνησης. Αντί να αντιμετωπίζει την ανάπτυξη ως εκδήλωση προκαθορισμένων προτύπων κίνησης κωδικοποιημένων στο ΚΝΣ, η Θεωρία των Δυναμικών Συστημάτων προσφέρει μια νέα προοπτική, σύμφωνα με την οποία, η αυθόρμητη αυτοοργάνωση και αλληλεπίδραση πολλών υποσυστημάτων παρέχει την πιο αποτελεσματική, για την επίτευξη ενός λειτουργικού στόχου, κινητική συμπεριφορά (Law et al, 2007, Thelen 1989).

Τα υποσυστήματα αυτά, είναι το άτομο (το παιδί), το περιβάλλον και η δραστηριότητα. Στην περίπτωση του ατόμου, τα υποσυστήματα περιλαμβάνουν όχι μόνο το ΚΝΣ αλλά και βιολογικούς και μηχανικούς παράγοντες, όπως το σωματικό βάρος και ύψος, και ανθρωπομετρικούς δείκτες, όπως το μέγεθος της κεφαλής, τη γνωστική λειτουργία, κίνητρα συμπεριφοράς και παραμέτρους ιδιοσυγκρασίας. Όσον αφορά στο περιβάλλον, η επίδραση της βαρύτητας ή η επιφάνεια πάνω στη οποία πραγματοποιείται η κίνηση, η οικογένεια και η εργονομική διαμόρφωση του σπιτιού και του σχολείου αποτελούν στοιχεία που μπορούν να επηρεάσουν την κινητική συμπεριφορά, ενώ, στην περίπτωση της δραστηριότητας, παραδείγματα μπορεί να αποτελούν το πόσο ευχάριστη είναι η ίδια δραστηριότητα για το παιδί ή το μέγεθος του πιρουνιού με το οποίο καλείται να φάει.

2.3.1 Βασικές Αρχές

Σύμφωνα με τη Θεωρία των Δυναμικών Συστημάτων δεν υπάρχουν ανώτερα και κατώτερα επίπεδα ελέγχου αλλά μια πληθώρα υποσυστημάτων τα οποία συμβάλλουν στον έλεγχο της κίνησης

ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες. Ως αποτέλεσμα, ο έλεγχος της κίνησης επιτυγχάνεται μέσω λειτουργιών που ρυθμίζουν διαφορετικούς τύπους κίνησης σε διαφορετικά περιβάλλοντα.

Βάσει μιας δεύτερης βασικής αρχής της Θεωρίας των Δυναμικών Συστημάτων, το νευρικό σύστημα είναι οργανωμένο κατά τέτοιο τρόπο ώστε να ελέγχει τα καταληκτικά σημεία της κινητικής συμπεριφοράς, δηλαδή την πραγματοποίηση συγκεκριμένου στόχου, και όχι τα πρότυπα ενεργοποίησης των μυών μέσω αισθητικών οδών ή κεντρικών προγραμμάτων. Αντίθετα, στρατηγικές κίνησης δημιουργούνται από την αλληλεπίδραση των διαφόρων υποσυστημάτων που περιορίζουν το πόσο ελεύθερα ασκεί έλεγχο το νευρικό σύστημα. Έτσι, ο έλεγχος δεν ασκείται στους μυς, στους αισθητικούς υποδοχείς ή στα κεντρικά κινητικά πρότυπα, παρά σε πιο αφηρημένες πλευρές της κινητικής συμπεριφοράς, όπως στην επίτευξη του λειτουργικού στόχου.

Μια ακόμα σημαντική υπόθεση της Θεωρίας των Δυναμικών Συστημάτων είναι ότι το νευρικό σύστημα μπορεί να προβλέπει και να προσαρμόζεται στους περιορισμούς που τίθενται από το μυοσκελετικό σύστημα και το περιβάλλον και να τροποποιεί συνεχώς τις στρατηγικές του προκειμένου να επιτευχθεί ο αποτελεσματικότερος και λιγότερο ενεργοβόρος τρόπος ολοκλήρωσης του έργου (self-organization). Η άποψη ότι η αυθόρμητη αυτό-οργάνωση της κίνησης έχει ως αποτέλεσμα τη βέλτιστη δυνατή κινητική συμπεριφορά κάνει τους θεραπευτές να επανεξετάζουν την παραδοσιακή αντίληψη η οποία αποθαρρύνει την υιοθέτηση «άτυπων» προτύπων κίνησης υπό το φόβο ότι μπορούν να αποτρέψουν τη δημιουργία πιο «τυπικών» τρόπων μετακίνησης και τήρησης όρθιας στάσης (Law et al, 2007).

2.3.2 Επιστημονικό Υπόβαθρο

Στις αρχές της δεκαετίας του 80 διεξήχθη μια σειρά επιστημονικών πειραμάτων (Thelen et al, 1987; Thelen et al, 1984; Thelen & Fisher, 1982) για να ελεγχθεί η εγκυρότητα της Θεωρίας των Δυναμικών Συστημάτων και να σχηματιστεί μια εικόνα του κατά πόσο αυτή η νέα θεωρία κινητικού ελέγχου απαντά σε ερωτήματα στα οποία οι θεωρίες νευρολογικής ωρίμασης αδυνατούν. Η πρώτη σειρά πειραμάτων πραγματοποιήθηκε από την Thelen και τους συνεργάτες της (1984) και αφορούσε 3 πειράματα που μελετούσαν το νεογνικό αντανακλαστικό της βάδισης, ένα αντανακλαστικό που αποτελούσε θέμα διαμάχης για πολλά χρόνια. Πρώτα εξέτασαν τις σωματικές αλλαγές που βιώνει το παιδί μεταξύ της δεύτερης και έκτης εβδομάδας της ζωής του και το ρυθμό του νεογνικού αντανακλαστικού της βάδισης (αριθμός και συχνότητα βημάτων). Βρήκαν ότι το επίπεδο διέγερσης του βρέφους ήταν το καλύτερο μέσο πρόβλεψης του αριθμού βημάτων που θα έκανε και επιπλέον, ότι τα βρέφη που αύξαναν το βάρος τους ταχύτερα βημάτιζαν λιγότερο. Αυτά

τα ευρήματα υπαινίσσονται ότι υπάρχει άμεση σχέση ανάμεσα στο σωματικό βάρος και το αντανακλαστικό της βάδισης καθώς και ανάμεσα στη διανοητική κατάσταση του βρέφους και το αντανακλαστικό της βάδισης, αποδεικνύοντας ότι διάφοροι παράγοντες, πέρα από το ΚΝΣ, επηρεάζουν αυτό το αρχέγονο αντανακλαστικό.

Σε μια δεύτερη μελέτη τους (Kamm et al, 1990; Thelen et al, 1984), αξιοποίησαν το λόγο βάρους-μυών 12 υγιών βρεφών προσθέτοντας μικρά βάρη στα πόδια των βρεφών. Το αποτέλεσμα ήταν ότι, όταν υπήρχε πρόσθετο βάρος τα βρέφη βημάτιζαν σημαντικά λιγότερο απ' ό,τι όταν δεν υπήρχε. Αν η προσθήκη βάρους φάνηκε να περιορίζει το ρυθμό βάδισης τι θα επέφερε η μείωση του βάρους; Αυτό δοκιμάστηκε με τη βύθιση των ποδιών των βρεφών σε νερό, οπότε και ο ρυθμός βάδισης αυξήθηκε δραματικά.

Εκτός από τα παραπάνω, υπάρχουν πολλές αναφορές (Zelazo et al, 1972; Super, 1976) σύμφωνα με τις οποίες τα αρχέγονα αντανακλαστικά, όπως το αντανακλαστικό της βάδισης, ενδέχεται να μην εξαφανιστούν καθώς ωριμάζει ο εγκέφαλος και, παρά το γεγονός, να μην υπάρχει ένδειξη παθολογίας. Οι Zelazo et al (1972) δοκίμασαν να εξασκήσουν το αντανακλαστικό της βάδισης με καθημερινή άσκηση, για να διαπιστώσουν όχι μόνο ότι το αντανακλαστικό δεν εξαφανίστηκε αλλά και ότι τα βρέφη εμφάνισαν κάποιο βαθμό πρόωρης κινητικής ανάπτυξης.

Σε μια προσπάθεια συσχέτισης του νεογνικού αντανακλαστικού της βάδισης με το αυθόρμητο λάκτισμα, η Thelen και οι συνεργάτες της (1984) χρησιμοποίησαν την κινηματική ανάλυση, την ηλεκτρομυογραφία (ΗΜΓ) και τη συμπεριφορική παρατήρηση για να αναλύσουν την κίνηση των ποδιών στα βρέφη. Διαπίστωσαν ότι το αυθόρμητο λάκτισμα που παρατηρείται στα βρέφη σε ύπτια θέση εμφάνιζε παρόμοια κινηματικά πρότυπα με αυτά που σχετίζονται με τη νεογνική βάδιση. Αυτή η ομοιότητα υποδηλώνει ότι οι δύο φαινομενικά διαφορετικές συμπεριφορές αποτελούν στην πραγματικότητα ένα πρότυπο συμπεριφοράς (ισομορφικό) και ότι η περίοδος κατά την οποία αυξάνει η συχνότητα του αυθόρμητου λακτίσματος είναι ταυτόχρονα και η περίοδος κατά την οποία αρχίζει να υποχωρεί το αντανακλαστικό της βάδισης (4-6 εβδομάδες).

Αυτές οι μελέτες θέτουν επίσης υπό αμφισβήτηση την υπόθεση ότι η ωρίμανση του ΚΝΣ ευθύνεται πλήρως για τις αλλαγές που παρατηρούνται στην ανάπτυξη της κίνησης ενός βρέφους. Αντιθέτως, δίνουν έμφαση στη σπουδαιότητα μιας πολυσυστημικής προοπτικής, αναγκαίας για την πλήρη κατανόηση και εξήγηση των αναπτυξιακών οροσήμων, καθώς και στη σημασία του περιβάλλοντος στο σύνολο των ειδικών για το έργο ενεργειών (Heriza, 1991)

2.4 Εφαρμογές στη θεραπευτική αντιμετώπιση παιδιών με Εγκεφαλική Παράλυση

Ο θεραπευτικός τρόπος παρέμβασης που προκύπτει άμεσα από τη Θεωρία των Δυναμικών Συστημάτων είναι η θεραπεία με έμφαση στη βελτίωση των λειτουργικών δεξιοτήτων του παιδιού και όχι απαραίτητα στην εξομάλυνση της ποιότητας της κίνησης. Στα πλαίσια αυτά κινούνται τα νεότερα μοντέλα νευρολογική αποκατάστασης στα παιδιά με ΕΠ τα οποία ενδέχεται κάποιος να συναντήσει με διάφορες ονομασίες (action-based, task-oriented, functional therapy) και τα οποία έχουν ως κοινό στοιχείο την προσπάθεια ανάπτυξης συγκεκριμένων λειτουργικών δεξιοτήτων που αφορούν και βελτιώνουν τις καθημερινές ανάγκες του παιδιού, μέσω της ενεργητικής κινητικής εκμάθησης και της επανάληψης. Ακόμα πιο συγκεκριμένα η Ketelaar το 2001 όρισε την Λειτουργική Φυσικοθεραπεία ως εξής: *“η θεραπευτική προσέγγιση που δίνει έμφαση στην εκμάθηση κινητικών δεξιοτήτων, χρήσιμων και με νόημα για το παιδί, οι οποίες εκλαμβάνονται ως ελλειμματικές από το ίδιο το παιδί ή την οικογένειά του”*.

Ιδιαίτερα σημαντικό στοιχείο των θεραπευτικών προσεγγίσεων που δίνουν έμφαση στη βελτίωση των κινητικών δεξιοτήτων είναι ο καθορισμός των λειτουργικών στόχων όπως αυτοί ορίζονται από τις κατευθυντήριες οδηγίες του Διεθνούς Συστήματος Ταξινόμησης της Λειτουργικότητας Αναπηρίας και Υγείας (ICF) (WHO, 2001) και αυτό για δύο κύριους λόγους: αρχικά γιατί οι στόχοι αποτελούν καθημερινές δραστηριότητες που εξυπηρετούν κάποιο σκοπό και ενθαρρύνουν την ενεργό συμμετοχή στην κοινωνία και επιπλέον διότι οι στόχοι χρησιμεύουν για την καταγραφή μετρήσεων αναφοράς και για την παρακολούθηση μελλοντικής προόδου. Είναι εξαιρετικά σημαντικό οι στόχοι να είναι μετρήσιμοι και να μην καθορίζονται απλώς με τη χρήση ποιοτικών τιμών δηλαδή «βελτιωμένο, μειωμένο ή καλύτερο», όπως συνήθως συμβαίνει με τους θεραπευτικούς στόχους (Valvano & Rapport, 2006).

Οι θεραπευτικές προσεγγίσεις με έμφαση στη βελτίωση των κινητικών δεξιοτήτων, ως μορφές θεραπείας που εφαρμόζουν πρακτικά πλέον τις αρχές της Θεωρίας των Δυναμικών Συστημάτων για την επίτευξη των εκάστοτε λειτουργικών στόχων, βασίζονται σε τρεις βασικές έννοιες (Darrah & Bartlett, 1995) οι οποίες προκύπτουν από την παραπάνω θεωρία και αποτελούν τις κατευθυντήριες γραμμές για το σχεδιασμό του θεραπευτικού πλάνου αποκατάστασης: την αυτό – οργάνωση (self-organization), τη μετάβαση (transition) και τους παράγοντες επιβράδυνσης (rate limiting factors)

2.4.1 Αυτο-οργάνωση

Σύμφωνα με τη Θεωρία των Δυναμικών Συστημάτων, η κινητική συμπεριφορά αποτελεί το τελικό «προϊόν» της διαδικασίας αυτό-οργάνωσης πολλών υποσυστημάτων που αποτελούν έναν

οργανισμό και που αλληλεπιδρούν για την επίτευξη ενός συγκεκριμένου στόχου (Heriza, 1991). Κατά συνέπεια είναι αδύνατον να απομονώσουμε την κινητική συμπεριφορά από το περιεχόμενο του λειτουργικού στόχου που εκτελεί το παιδί.

Επιπλέον, είναι γνωστό ότι οι περισσότερες δραστηριότητες είναι δυνατόν να εκτελεστούν με τη χρήση μιας πληθώρας διαφορετικών κινητικών προτύπων· εντούτοις υπάρχει η τάση να χρησιμοποιούμε αυτά που απαιτούν τη μικρότερη κατανάλωση ενέργειας και αποτελούν την πιο επαρκή λύση, δεδομένου του αριθμού των μελών του σώματος που συμμετέχουν στην κίνηση (Holt et al, 1996; Ohney et al, 1989).

Όλα τα παραπάνω συμβάλλουν στην πεποίθηση ότι ο λειτουργικός στόχος και η φύση της δραστηριότητας είναι αυτά που καθορίζουν την κινητική συμπεριφορά με τέτοιο τρόπο ώστε η οποιαδήποτε θεραπευτική παρέμβαση μπορεί να έχει αποτέλεσμα μόνο εφόσον πραγματοποιείται μέσα σε ένα πολύ συγκεκριμένο λειτουργικό πλαίσιο και όχι μέσα από μια σειρά απομονωμένων ασκήσεων.

2.4.2 Μετάβαση

Η νευρολογική ωρίμαση δεν μπορεί να αποτελεί από μόνη της ικανοποιητική εξήγηση της αναπτυξιακής αλλαγής. Αν οι αλλαγές είναι αποτέλεσμα καταγεγραμμένων οδηγιών - εντολών, με ποιον ακριβώς τρόπο αυτές οι οδηγίες διαφοροποιούνται κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης και ποιος είναι ο τρόπος με τον οποίο το νευρικό σύστημα συγκεντρώνει, αποθηκεύει και ενημερώνει αυτές τις εντολές (Heriza, 1991). Η Θεωρία των Δυναμικών Συστημάτων εστιάζει στην ίδια τη διαδικασία της αλλαγής και αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο μία από τις έννοιες που κατέχουν πρωτεύοντα ρόλο στην εν λόγω θεωρία είναι η έννοια της «Μετάβασης».

Ο όρος «μετάβαση» αναφέρεται σε μια περίοδο αποσταθεροποίησης του συστήματος κατά την οποία θεωρείται πιθανότερο να εμφανιστούν νέες μορφές κίνησης (Daffrah & Bartlett, 1995). Σύμφωνα με τους παρεμβατικούς προσανατολισμούς της Θεωρίας Δυναμικών Συστημάτων, οι περίοδοι μετάβασης είναι τα καλύτερα διαστήματα για να επηρεαστεί η κίνηση και να διευκολυνθούν οι αναδυόμενες κινητικές αλλαγές.

Την πιο συνήθη μεταβατική περίοδο στη ζωή ενός παιδιού αποτελούν τα πρώτα χρόνια της ζωής του, τότε που η νευρική πλαστικότητα καθοδηγεί την κινητική ανάπτυξη και η έγκαιρη φυσικοθεραπευτική παρέμβαση μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο στην απόκτηση κινητικών δεξιοτήτων. Άλλες σημαντικές μεταβατικές περίοδοι μπορεί να είναι η περίοδος μετατραυματικής

εγκεφαλικής βλάβης ή μεταγενέστερων ιατρικών παρεμβάσεων όπως έγχυση αλλαντικής τοξίνης, χειρουργική επιμήκυνση των μυών, η τοποθέτηση αντλίας μπακλοφένης κ.α.

Κεντρική θέση στη Θεωρία των Δυναμικών Συστημάτων κατέχει η πεποίθηση ότι η ανάπτυξη χαρακτηρίζεται από περιόδους σταθερότητας και αστάθειας, με την υψηλότερη μεταβλητότητα να εμφανίζεται όταν υπάρχει μετάβαση από μια σταθερή λύση σε μια άλλη. Οι νέες μορφές κίνησης που θα προκύψουν είναι αποτέλεσμα των βαθμιδωτών αλλαγών που επιτελούνται σε ένα ή περισσότερα υποσυστήματα του οργανισμού, στο περιβάλλον (φυσικό και κοινωνικό) και τη δραστηριότητα. Η μετακίνηση από ένα συντονισμένο πρότυπο σε ένα άλλο αποτελεί την περίπτωση της μετάβασης, ενώ η μεταβλητή που ευθύνεται για την αλλαγή της κίνησης από μια μορφή σε μια άλλη αποτελεί την παράμετρο ελέγχου που λειτουργεί ως παράγοντας αναδιοργάνωσης της κίνησης. Οι παράμετροι ελέγχου μπορεί να είναι ενδογενείς στο παιδί (η συμπεριφορική κατάσταση), στο περιβάλλον (η βαρύτητα), στο κοινωνικό περιβάλλον (η οικογένεια) ή στη δραστηριότητα. Οι αλλαγές στις ιδιότητες των παραμέτρων ελέγχου ωθούν το σύστημα σε νέες σταθερές καταστάσεις, καθώς το «παλιό» πρότυπο γίνεται πιο ασταθές και πιο εύκολο να διαταραχθεί (Adolph & Berger, 2007).

Μέσω της διαδικασίας αξιολόγησης, οι θεραπευτές μπορούν να προσδιορίσουν δεξιότητες που είναι κεκτημένες, αναδυόμενες ή προσωρινές. Κατά τη διάρκεια της περιόδου αποσταθεροποίησης, το άτομο προσπαθεί να δοκιμάσει μια νέα δεξιότητα ή να εκτελέσει μια παλιά με διαφορετικό τρόπο, π.χ. αντί να σηκωθεί από το πάτωμα στηριζόμενο στα πόδια και τα χέρια, προσπαθεί να σηκωθεί μέσω ημιγονατίσματος. Αντίθετα με τις κεκτημένες ή εδραιωμένες συμπεριφορές που έχουν ήδη παγιωθεί, οι αναδυόμενες κινητικές δεξιότητες είναι ασταθείς και απαιτούν προσαρμογή με αποτέλεσμα το διάστημα αυτό να χαρακτηρίζεται από αυξημένη πλαστικότητα, ενισχύοντας έτσι τον ρόλο της φυσικοθεραπευτικής παρέμβασης στο να διευκολύνει το παιδί να ανακαλύψει το φάσμα των πιθανών λύσεων.

Σε άλλες περιπτώσεις, οι φυσικοθεραπευτές χρειάζεται να προκαλέσουν μια κινητική συμπεριφορά ή να παρακινήσουν το παιδί να εκδηλώσει μια αναδυόμενη δεξιότητα. Εδώ η φυσικοθεραπευτική παρέμβαση διευκολύνει το άτομο να φτάσει το μέγιστο των δυνατοτήτων του και να επιτυγχάνει συνεχώς υψηλότερα επίπεδα ανεξαρτησίας. Η έκθεση για παράδειγμα ενός παιδιού σε «ανοιχτό» περιβάλλον, χαρακτηριζόμενο από απρόβλεπτες παραμέτρους και μη οικείο περίγυρο, είναι ένας τρόπος που χρησιμοποιούν συχνά οι φυσικοθεραπευτές για να προκαλέσουν μια κινητική συμπεριφορά, π.χ. τη βάρδια σε εξωτερικές συνθήκες ενός ατόμου που έχει μάθει να βαδίζει σε εσωτερικούς χώρους.

2.4.3 Παράγοντες Επιβράδυνσης

Στο τρίπτυχο άτομο – δραστηριότητα - περιβάλλον, οι παράγοντες επιβράδυνσης είναι τα στοιχεία που εμποδίζουν την εξέλιξη νέων κινητικών συμπεριφορών στη διάρκεια μεταβατικών σταδίων και επηρεάζουν κατά συνέπεια την πρόοδο για την επίτευξη του λειτουργικού στόχου.

Οργανισμικοί ή ενδογενείς περιορισμοί μπορεί να είναι οι νευρολογικοί (μυϊκός τόνος ή κατάσταση όρασης/ακοής), οι φυσικοί (ανθρωπομετρικοί δείκτες ύψους και βάρους), οι μυοσκελετικοί (δύναμη, αντοχή, ελαστικότητα) ή οι ψυχοκοινωνικοί (κίνητρα συμπεριφοράς, ιδιοσυγκρασία, γνωστικές λειτουργίες και κυρίως η μνήμη καθώς και ικανότητες επίλυσης προβλημάτων) (Newell & Valvano, 1998). Οι οργανισμικοί περιορισμοί επηρεάζονται λιγότερο από τους φυσικοθεραπευτές, ιδίως οι νευρολογικοί και οι φυσικοί. Όπως δείχνει η σχετική βιβλιογραφία (Campbell, 1991; Fetters, 1991), προβλήματα με τον μυϊκό τόνο (σπαστικότητα, δυσκαμψία) ή δομημένοι περιορισμοί στον μυϊκό ιστό δεν μπορούν να επιλυθούν άμεσα μέσω καμίας φυσικοθεραπευτικής παρέμβασης. Αντίθετα, η αύξηση της μυϊκής δύναμης, της αντοχής και του εύρους κίνησης και, κυρίως, η εκπαίδευση σε νέες δεξιότητες μέσω της ενεργητικής κινητικής εκμάθησης (Damiano, 2006) εμπίπτουν στο πλαίσιο εργασίας των φυσικοθεραπευτών. Αντίστοιχα οι τρόποι μη φυσικοθεραπευτικής παρέμβασης που μπορούν να επηρεάσουν άμεσα κάποιους οργανισμικούς παράγοντες επιβράδυνσης είναι οι ορθωτικές συσκευές, οι ορθοπεδικές διατάξεις στήριξης, οι νάρθηκες νυκτός, η έγχυση αλλαντικής τοξίνης, η αντλία μπακλοφένης και οι χειρουργικές επεμβάσεις επικεντρωμένες στους μύς.

Τα άτομα αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον τους, το οποίο παρέχει το πλαίσιο για την εκτέλεση μιας δραστηριότητας με συγκεκριμένο στόχο. Οι περιβαλλοντικές παράμετροι που μπορούν να λειτουργήσουν ως παράγοντες επιβράδυνσης είναι πολυδιάστατες και περιλαμβάνουν φυσικούς (αντικείμενα, άνθρωποι, αισθητικά χαρακτηριστικά) και ψυχοκοινωνικούς περιορισμούς (εποικοδομητικά ή αρνητικά σχόλια που γίνονται αυθόρμητα από τους γονείς). Το φυσικό περιβάλλον πρέπει να παρέχει τα μέσα που επιτρέπουν στην κίνηση να αναπτυχθεί, καθώς αυτά αποτελούν το μοναδικό σύνδεσμο ανάμεσα στις πιθανές πράξεις ενός ατόμου και τις ιδιότητες του περιγύρου του. Στις θεραπευτικές εγκαταστάσεις, οι φυσικοθεραπευτές παρέχουν συνεχώς τα μέσα και αξιοποιούν τον περίγυρο για τη μεγιστοποίηση της συμβολής του περιβάλλοντος στη σημείωση του επιτεύγματος από την πλευρά του παιδιού. Για παράδειγμα, η επιλογή του σωστού ύψους ανάβασης σκαλιών, η επιλογή επίπλων με συγκεκριμένη επιφάνεια και σημεία λαβής για να διδαχθεί η κίνηση «κάτσε-σήκω» ή η επιλογή κατάλληλης επιφάνειας επαφής για κάποιον ασθενή

που μαθαίνει να μπουσουλάει, είναι ορισμένες μόνο από τις τεχνικές τροποποίησης που χρησιμοποιούν οι θεραπευτές για τη διευκόλυνση των κινητικών δεξιοτήτων.

Πέρα από τα πολυάριθμα εσωτερικά και εξωτερικά προαναφερθέντα υποσυστήματα που συμβάλλουν στη διαμόρφωση της συμπεριφοράς, η ίδια η δραστηριότητα επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την κινητική συμπεριφορά. Η ίδια κινητική δεξιότητα μπορεί να εκτελεστεί με περισσότερους από έναν τρόπους, ανάλογα με τους περιορισμούς που θέτει η δραστηριότητα, ενώ οι εδραιωμένες κινητικές συμπεριφορές ενδέχεται να τροποποιούνται προκειμένου να επιτευχθούν συγκεκριμένες λειτουργίες. Για παράδειγμα, ένας ώριμος βαδιστής επιστρατεύει το λιγότερο εξελιγμένο, ασταθές βάδισμα σε ευρεία βάση όταν περπατά σε ανισόπεδη επιφάνεια.

2.5 Συμπεράσματα

Είναι γεγονός ότι σε μια εποχή που τα διάφορα ιατρικά μοντέλα επανεξετάζονται και οι βασισμένες στις αρχές της νευροανάπτυξης θεραπευτικές μέθοδοι αμφισβητούνται, η ανάγκη για νέες θεωρίες που να δίνουν απαντήσεις στα νεότερα ερευνητικά ευρήματα είναι περισσότερο αναγκαία από ποτέ. Η Θεωρία των Δυναμικών Συστημάτων προσφέρει πλέον στους φυσικοθεραπευτές και τους εργοθεραπευτές την ευκαιρία να επαναπροσδιορίσουν τις παραδοσιακές απόψεις σχετικά με την κινητική ανάπτυξη και να κατανοήσουν την κίνηση μέσα από εντελώς διαφορετική προοπτική. Μέσα από αυτό το νέο θεωρητικό πλαίσιο προκύπτει η αναγκαιότητα της πολυσυστηματικής θεώρησης των αρχών που διέπουν την κινητική ανάπτυξη, με το τρίπτυχο άτομο – περιβάλλον – δραστηριότητα να αποκτά ιδιαίτερα σημαντική θέση μέσα σε αυτή και να αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της ορθότερης κατανόησης του τρόπου με τον οποίο αναπτύσσεται η κίνηση στα παιδιά.

Η ύπαρξη ενός θεωρητικού μοντέλου δεν θα είχε καμία απολύτως αξία αν δεν υπήρχε η άμεση δυνατότητα εφαρμογής του σε πρακτικό επίπεδο, στη θεραπεία. Η θεραπευτική προσέγγιση που προκύπτει από τη Θεωρία των Δυναμικών Συστημάτων δίνει μεγάλη έμφαση στη βελτίωση των λειτουργικών δεξιοτήτων και την απόκτηση της μέγιστης κινητικής ανεξαρτησίας και όχι στην απαραίτητη επαναφορά της κίνησης και του μυϊκού τόνου σε «φυσιολογικά» επίπεδα. Καθώς στα παιδιά με ΕΠ η βλάβη στο ΚΝΣ είναι μη-αναστρέψιμη, μοιάζει ότι ο τρόπος με το οποίο θα κινούνται αυτά τα παιδιά θα είναι πάντα «ιδιαιτέρος» ενώ επιπλέον αποδεικνύεται ότι τα άτομα αυτά κινητικά πρότυπα που αυθόρμητα αναπτύσσουν όχι μόνο αποτελούν κινητικές προσαρμογές ενός συστήματος που προσπαθεί να αντισταθμίσει την απώλεια και να παραμείνει λειτουργικό (αυτό-οργάνωση) αλλά επιπλέον είναι και τα λιγότερο ενεργοβόρα, αναλογικά πάντα με τη βλάβη.

Η Θεωρία των Δυναμικών Συστημάτων ως ένα θεωρητικό πλαίσιο αντιμετώπισης των παιδιών με ΕΠ, προσφέρει επιπλέον μια εξαιρετική ευκαιρία ενίσχυσης της σχέσης μεταξύ κλινικής πράξης και ερευνητικής γνώσης. Σε μια εποχή που η φυσικοθεραπεία προσπαθεί, και ως ένα μεγάλο βαθμό το έχει καταφέρει, να γίνει μια επιστήμη που βασίζεται σε ερευνητικά ευρήματα και επιστημονικές αποδείξεις αντιλαμβάνεται κανείς την αναγκαιότητα του εκσυγχρονισμού των παλαιότερων θεωριών και τη διατύπωση νεότερων που θα συνδυάζουν την κλινική εμπειρία με την επιστημονική τεκμηρίωση συνεισφέροντας ταυτόχρονα σε μια πιο ολοκληρωμένη κατανόηση της κινητικής ανάπτυξης και των θεραπευτικών τεχνικών που την ακολουθούν.

3. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Όπως σε κάθε νέα θεωρία, έτσι και στην προσπάθεια εφαρμογής της Θεωρίας των Δυναμικών Συστημάτων, τα ερωτήματα που εντέλει προκύπτουν είναι περισσότερα από τις απαντήσεις που μας προσφέρονται. Στα πλαίσια της διερεύνησης της δυνατότητας εφαρμογής των αρχών της εν λόγω θεωρίας στην παιδιατρική φυσικοθεραπεία και εν γένει στην αποκατάσταση συνολικότερα, ένα από τα σπουδαιότερα ζητήματα που αξίζει να εξετασθεί είναι κατά πόσο η χρήση των εναλλακτικών κινητικών προτύπων, τα οποία αυθόρμητα αναπτύσσονται στα παιδιά με ΕΠ (αυτό-οργάνωση), προκαλεί δευτερεύουσες μυοσκελετικές επιπλοκές και παραμορφώσεις που μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά την εξέλιξη της κίνησης των παιδιών αυτών, καθώς και σε ποιο βαθμό οι επιπλοκές που ενδεχομένως να προκαλούνται επηρεάζουν ή αντισταθμίζονται από το αυξημένο λειτουργικό όφελος (Darragh & Bartlett, 1995).

Το περισσότερο μελετημένο αλλά και λειτουργικά πιο χρήσιμο πρότυπο κίνησης και μετακίνησης που ενδέχεται να αναπτυχθεί σε παιδιά με ΕΠ, είναι κατά γενική ομολογία το πρότυπο της ανεξάρτητης βάδισης. Οι συνηθέστερες μυοσκελετικές παραμορφώσεις που παρατηρούνται σε παιδιά με ΕΠ τα οποία βαδίζουν με «παθολογικό» πρότυπο βάδισης είναι η ιπποποδία άκρου ποδός, η κάμψη / υπερέκταση γόνατος και οι παραμορφώσεις της άρθρωσης του ισχίου, με συνηθέστερη αυτή της έσω στροφής. Η αξιολόγηση και μελέτη αυτών των παραμορφώσεων μπορεί κλινικά και ερευνητικά να αποτυπωθεί είτε με την καταγραφή του παθητικού εύρους κίνησης των συγκεκριμένων αρθρώσεων (γωνιομέτρηση) όταν το παιδί βρίσκεται σε χαλαρή κατάσταση είτε με την καταγραφή της δυναμικής μεταβολής των κινηματικών χαρακτηριστικών των αρθρώσεων του παιδιού όταν αυτό βαδίζει (ανάλυση βάδισης). Επιπλέον, οι μεταβολές των παραμέτρων αυτών κατά συγκεκριμένο τρόπο και προς συγκεκριμένη κατεύθυνση σε παιδιά με ΕΠ τα οποία μόλις έχουν κατακτήσει την ανεξάρτητη βάδιση μπορούν να θεωρηθούν ενδεικτικές της επιδείνωσης ή μη της μυοσκελετικής κατάστασης των παιδιών αυτών, λόγω της έναρξης της βάδισης με ένα «παθολογικό» πρότυπο.

Κατ' αντιστοιχία, παράμετροι όπως η ταχύτητα βάδισης, ο ρυθμός βάδισης, η διάρκεια μονοποδικής στήριξης και το μήκος βήματος αποτελούν ενδεικτικά μετρήσιμα στοιχεία της σταθερότητας και της δυναμικής ισορροπίας κατά την ανεξάρτητη βάδιση και ως εκ τούτου η μεταβολή τους με συγκεκριμένο τρόπο μπορεί να είναι αντιπροσωπευτική του λειτουργικού οφέλους ή της βελτίωσης του προτύπου της βάδισης των παιδιών με ΕΠ (Hsue et al, 2009; Ross & Engsborg, 2007). Επιπλέον, η μέτρηση και καταγραφή της αδρής κινητικότητας των παιδιών με ΕΠ, η βελτίωση της οποίας αποτελεί διαχρονικά τον κυριότερο στόχο κάθε θεραπευτικού

προγράμματος, είναι ενδεικτική του λειτουργικού οφέλους που κατακτά κάθε παιδί κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής τους και αντανακλά άμεσα την κινητική του εξέλιξη.

Για να καλυφθούν επαρκώς και να παρουσιαστούν με σαφήνεια οι ερευνητικοί στόχοι, η Διδακτορική Διατριβή περιλαμβάνει 3 ερευνητικές υποενότητες, κάθε μια εκ των οποίων καλύπτει τη μελέτη διαφορετικών παραμέτρων που αφορούν σε επιμέρους τμήματα του συνολικού ερευνητικού έργου. Οι επιμέρους παράμετροι που μελετώνται και παρουσιάζονται είναι α) το παθητικό εύρος κίνησης των αρθρώσεων των κάτω άκρων β) τα κινηματικά χαρακτηριστικά των αρθρώσεων των κάτω άκρων και τα χωροχρονικά χαρακτηριστικά της βάδισης και γ) η μεταβολή της αδρής κίνησης. Οι παράμετροι αυτές θα μελετηθούν τόσο σε παιδιά με ΕΠ όσο και σε παιδιά ΤΑ και οι μετρήσεις θα πραγματοποιηθούν χρονικά σε 2 φάσεις, μία κατά την έναρξη της ανεξάρτητης βάδισης του κάθε παιδιού και μια δεύτερη 8 μήνες μεταγενέστερα.

3.1 Εγκεφαλική Παράλυση και Παθητικός Εύρος Κίνησης

Παρά το γεγονός ότι τόσο η ΕΠ όσο και η σπαστικότητα οφείλονται αποκλειστικά σε βλάβη του κεντρικού νευρικού συστήματος, αποτελεί κοινή παραδοχή ότι οι σπαστικοί μύες υφίστανται δομικές και μορφολογικές αλλαγές κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής τους (Barrett & Lichtwark, 2010). Οι αλλαγές αυτές κατά κανόνα εκδηλώνονται με τη μορφή μυϊκών βραχύνσεων και ρικνώσεων, οι οποίες συμβάλουν σημαντικά στην ελάττωση του εύρους κίνησης των αρθρώσεων καθώς και στη δημιουργία μυοσκελετικών παραμορφώσεων και κατά συνέπεια στον λειτουργικό περιορισμό των παιδιών με ΕΠ (Bell et al, 2002). Το μειωμένο εύρος κίνησης σε μια άρθρωση καθώς και η μυοσκελετική παραμόρφωση αποτελούν όρους που περιγράφουν τον περιορισμό στην κίνηση μιας άρθρωσης λόγω δευτερευόντων αλλαγών στο μήκος των μυών και των τενόντων ή στα μαλακά στοιχεία μιας άρθρωσης. Ταυτόχρονα, ο μακροχρόνιος περιορισμός στην κίνηση μιας άρθρωσης καθώς και η κατάργηση ή έκπτωση της εκούσιας κίνησης, χαρακτηριστικά ιδιαίτερα συνήθη σε παιδιά με ΕΠ, αποτελούν παράγοντες που ενδέχεται να συμβάλουν στη δημιουργία μυοσκελετικών παραμορφώσεων και στην ελάττωση του εύρους κίνησης των αρθρώσεων.

Τόσο στη βιβλιογραφία όσο και στην κλινική πράξη, φαίνεται ότι η πλειονότητα των παιδιών με σπαστικές μορφές ΕΠ εμφανίζουν σε κάποιο στάδιο της ανάπτυξής τους μείωση στο παθητικό εύρος κίνησης των αρθρώσεών τους και μυοσκελετικές παραμορφώσεις, οι οποίες μάλιστα, στις περισσότερες περιπτώσεις, φαίνεται να επιδεινώνονται με το πέρασμα των ετών και με την αύξηση της ηλικίας. (Nordmark et al, 2009; Bell et al, 2002; Johnson et al, 1997).

Επιπλέον, η αξιολόγηση του παθητικού εύρους κίνησης των αρθρώσεων έχει διαχρονικά αποτελέσει ένα ιδιαίτερα αξιόπιστο εργαλείο που συνεισφέρει στη λήψη σημαντικών κλινικών αποφάσεων σχετικά με τη θεραπευτική διαχείριση των παιδιών με ΕΠ (McDowell et al, 2012) ενώ αντίστοιχα η επιτυχημένη αντιμετώπιση του περιορισμού του εύρους κίνησης και των μυοσκελετικών παραμορφώσεων με τη χρήση αλλαντικής τοξίνης, ορθοτικών μέσων και ορθοπεδικών παρεμβάσεων έχει προσφέρει σημαντικές λύσεις στην κινητική βελτίωση και στη αναβάθμιση της ποιότητας ζωής των παιδιών με ΕΠ (Narayanan, 2012).

Παρά το γεγονός ότι πολλοί ερευνητές αναφέρουν μειωμένες τιμές στο παθητικό εύρος κίνησης των αρθρώσεων των παιδιών με ΕΠ (Ounpu et al, 2015), λίγες είναι οι μελέτες που αναφέρουν τις τυπικές τιμές που αναμένεται να εμφανίζουν τα παιδιά με ΕΠ κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής τους. Η Nordmark και οι συνεργάτες της (2009), μελετώντας το παθητικό εύρος κίνησης 359 παιδιών με ΕΠ ηλικίας μεταξύ 2 και 14 ετών μέσω επαναλαμβανόμενων μετρήσεων και για χρονικό διάστημα 13 ετών, ήταν από τους πρώτους μελετητές που ανέφερε συγκεκριμένες τιμές παθητικού εύρους για συγκεκριμένες αρθρώσεις και ηλικίες ενώ ταυτόχρονα κατέγραψε και μια φθίνουσα πορεία του παθητικού εύρους με το πέρασμα του χρόνου. Αντίστοιχα, η Bell και οι συνεργάτες της (2002) σε μια μελέτη 28 παιδιών με ΕΠ αναφέρουν μειωμένες τιμές στο παθητικό εύρος κίνησης των αρθρώσεων των κάτω άκρων δίνοντας και συγκεκριμένες τιμές για την κάθε άρθρωση για διάστημα 4,4 ετών και σε σύνολο 2 μετρήσεων για κάθε παιδί.

Αρκετές είναι και οι έρευνες που έχουν προσπαθήσει να συγκρίνουν το παθητικό εύρος κίνησης μεταξύ παιδιών με ΕΠ και παιδιών ΤΑ. Η McDowell και οι συνεργάτες της (2012) μελετώντας το παθητικό εύρος κίνησης 178 παιδιών με ΕΠ και 68 παιδιών ΤΑ, αναφέρει ότι τα παιδιά με ΕΠ εμφανίζουν σημαντικά μειωμένο παθητικό εύρος κίνησης με μειωμένο μήκος των οπίσθιων μηριαίων, των προσαγωγών του ισχίου, του λαγονοψοίτη, του γαστροκνημίου και του υποκνημίδιου μυός με ταυτόχρονη παραμόρφωση στην άρθρωση του γόνατος. Με παρόμοιο τρόπο η Kirgour και οι συνεργάτες της (2005), μελετώντας ένα μικρότερο δείγμα παιδιών που περιελάμβανε 22 παιδιά με ΕΠ και 22 ΤΑ, αναφέρει επίσης περιορισμό στο εύρος συγκεκριμένων αρθρώσεων στα παιδιά με ΕΠ, τονίζοντας όμως ότι υπάρχει αρκετά μεγάλη ανομοιογένεια μεταξύ των παιδιών του δείγματος.

Μολονότι η πλειονότητα των ερευνητών δέχεται ότι τα παιδιά με ΕΠ εμφανίζουν μειωμένο παθητικό εύρος κίνησης συγκριτικά με τα παιδιά ΤΑ αναγνωρίζοντας ότι αυτό αποτελεί ένα σημαντικό περιοριστικό παράγοντα της συνολικής κινητικότητας και λειτουργικότητας των παιδιών αυτών και παρά το γεγονός ότι έχουν ήδη αναπτυχθεί αρκετές μέθοδοι για την αντιμετώπισή του,

φαίνεται πως τα αίτια που το προκαλούν καθώς και οι παράγοντες που το επηρεάζουν παραμένουν ακόμα υπό διερεύνηση. Αρκετοί είναι οι ερευνητές (Hagglund & Wagner, 2011; Pierce et al, 2010; Rang et al, 1986) που συνδέουν άμεσα τη σπαστικότητα με τη μείωση του εύρους κίνησης στα παιδιά με σπαστικές μορφές ΕΠ, ισχυριζόμενοι ότι ένας σπαστικός μυς δεν επιτρέπει τον ίδιο βαθμό διάτασης συγκριτικά με έναν μυ με φυσιολογικό τόνο ενώ ο χαμηλός ουδός ενεργοποίησης του μυοτατικού αντανακλαστικού εμποδίζει την επίτευξη του μέγιστου μυϊκού μήκους κατά την κίνηση (Bar-On et al, 2014; Van Campenhout et al, 2014). Ως εκ τούτου η σπαστικότητα ενδέχεται να αποτελεί περιοριστικό παράγοντα στην ανάπτυξη του μήκους του μυός με αποτέλεσμα τη μυϊκή βράχυνση, τη μείωση του εύρους κίνησης της άρθρωσης και συνεπακόλουθα τη δημιουργία αρθρικών παραμορφώσεων. Εντούτοις, ακόμα και σε μελέτες στις οποίες η σπαστικότητα φαίνεται να έχει εξαλειφθεί με μεγάλη επιτυχία και για μεγάλα χρονικά διαστήματα, όπως για παράδειγμα μετά από οπίσθιες ριζοτομές (Tedroff et al, 2011), εξακολουθούν να αναφέρονται περιορισμοί στο παθητικό εύρος κίνησης. Επιπλέον, ενώ υπάρχουν σημαντικές ενδείξεις ότι το παθητικό εύρος μειώνεται με την ηλικία, αρκετές μελέτες (Svehlik et al, 2013; Nordmark et al, 2009; Hagglund & Wagner, 2008) αναφέρουν ότι η σπαστικότητα από μια ηλικία και μετά αρχίζει να μειώνεται. Οι δυο αυτές διαπιστώσεις θέτουν υπό αμφισβήτηση το κατά πόσο η σπαστικότητα μπορεί από μόνη της να αποτελέσει το αρχικό αίτιο της ελάττωσης του παθητικού εύρους των αρθρώσεων.

Ένας άλλος παράγοντας ο οποίος ενδεχομένως να επηρεάζει τον βαθμό εμφάνισης μυϊκών βραχύνσεων και μυοσκελετικών παραμορφώσεων είναι η βαρύτητα και η μορφή της ΕΠ. Η McDowell και οι συνεργάτες της (2012) αναφέρουν αυξημένο περιορισμό στο παθητικό εύρος παιδιών με ΕΠ σε συνάρτηση με το λειτουργικό επίπεδο κατά GMFCS (Palisano et al, 2010), και μάλιστα όσο υψηλότερο το λειτουργικό επίπεδο τόσο μεγαλύτεροι και οι περιορισμοί στο παθητικό εύρος. Αντίθετα, η Nordmark και οι συνεργάτες της (2009), σε μια μελέτη στην οποία συμπεριέλαβαν 359 παιδιά με ΕΠ, αναφέρουν ότι όσον αφορά στην παθητική απαγωγή του ισχίου, την ιγνυακή γωνία και την παθητική έκταση του γόνατος, ο περιορισμός που εμφανίστηκε ήταν μεγαλύτερος στα παιδιά με χαμηλότερο λειτουργικό επίπεδο (III, IV, V) ενώ ο περιορισμός στην παθητική έξω στροφή του ισχίου και τη ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής ήταν αυξημένος στα παιδιά με υψηλότερο λειτουργικό επίπεδο (I, II).

Σε επίπεδο μυϊκού ιστού, πολλές προσπάθειες έχουν πραγματοποιηθεί κατά καιρούς προκειμένου να βρεθούν στοιχεία που να φανερώνουν δομικές αλλαγές στους σπαστικούς ή στους βραχυσμένους μυς. Αυξημένη αρθρική δυσκαμψία σε άτομα με βλάβη του ανώτερου κινητικού νευρώνα έχει αποδοθεί από το Gao και τους συνεργάτες του (2009) σε βραχυσμένες μυϊκές

δεσμίδες. Εντούτοις, αναφορικά με το μήκος των μυϊκών δεσμίδων σε παιδιά με ΕΠ, οι απόψεις παραμένουν αντικρουόμενες δεδομένου του ότι αρκετές είναι οι μελέτες που αναφέρουν μειωμένο μήκος (Moreau et al, 2009; Mohaghegi et al, 2008) ενώ άλλες δεν αναφέρουν καμία διαφορά (Malaiya et al, 2007; Shortland et al, 2002). Ο βαθμός ίνωσης των λειτουργικά βραχυσμένων μυών και, ως εκ τούτου, και η πιθανότητα ύπαρξης δομικής βράχυνσης επίσης συνεχίζουν να αποτελούν θέμα προς μελέτη, καθώς υπάρχουν μελέτες που το συσχετίζουν με την ύπαρξη κολλαγόνου ιστού σε αυτούς τους μυς (Booth et al, 2001) ενώ άλλες αναφέρουν φυσιολογικές ποσότητες συνδετικού ιστού στις βιοψίες τους (Marbini et al, 2002; Ito et al, 1996). Συμπεραίνουμε, επομένως, ότι ακόμα δεν υπάρχουν σημαντικές ερευνητικές ενδείξεις που να συνδέουν τον περιορισμό του παθητικού εύρους κίνησης που κλινικά αξιολογούμε με αντίστοιχα ευρήματα σε επίπεδο μυϊκού ιστού (Bruijn et al, 2013).

Μια ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα παράμετρος στην κίνηση των παιδιών με ΕΠ, η οποία επίσης έχει ενοχοποιηθεί κατά καιρούς για τη συμβολή της στη μείωση του παθητικού εύρους κίνησης και στη δημιουργία μυοσκελετικών παραμορφώσεων, είναι τα άτυπα κινητικά πρότυπα τα οποία χρησιμοποιούν τα παιδιά προκειμένου να κινηθούν. Είναι γνωστό ότι η δομική βλάβη του εγκεφάλου έχει ως αποτέλεσμα την αδυναμία των παιδιών με ΕΠ να ενεργοποιήσουν τους μυς τους κατάλληλα προκειμένου να κινηθούν, με αποτέλεσμα να αναγκάζονται να υιοθετούν εναλλακτικούς τρόπους κίνησης, «άτυπα» κινητικά πρότυπα και αντισταθμιστικούς μηχανισμούς προκειμένου να παραμείνουν λειτουργικά. Η χρήση αυτών των «άτυπων» κινητικών προτύπων ενδέχεται να θέτει ανισομερή τάση στους μυς και τις αρθρώσεις, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται βραχύνσεις ή μυοσκελετικές παραμορφώσεις (Darragh & Bartlett, 1995).

Η συγκεκριμένη παράμετρος παρουσιάζει ιδιαίτερο κλινικό ενδιαφέρον, αφού αποτελεί παράγοντα άμεσα συνδεδεμένο με τους στόχους της σύγχρονης αποκατάστασης, οι οποίοι δίνουν μεγάλη έμφαση στη λειτουργικότητα και τη συμμετοχή. Σε αντίθεση με παλαιότερες πεποιθήσεις όπου κάθε τρόπος κίνησης που παρέκλινε από το φυσιολογικό θεωρούνταν παθολογικός και, ως εκ τούτου, μη αποδεκτός (Shumway – Cook & Woollacott, 1995; Horak, 1991), τα παιδιά με ΕΠ πλέον «επιτρέπεται» να κινούνται υιοθετώντας κινητικά πρότυπα που παρεκκλίνουν του φυσιολογικού. Κατά συνέπεια, ενώ σε παλαιότερες μεθόδους και τεχνικές η χρήση και η επανάληψη ενός διαφορετικού του φυσιολογικού κινητικού προτύπου ήταν απαγορευμένη με τους θεραπευτές να μην ενθαρρύνουν τα παιδιά να ξεκινούν τις λειτουργικές δραστηριότητες (π.χ. βάδιση) νωρίς, στις μέρες μας, τα παιδιά με ΕΠ ενθαρρύνονται να χρησιμοποιούν

αντισταθμιστικούς και εναλλακτικούς τρόπους κίνησης, εφόσον αυτό βελτιώνει τη λειτουργικότητα και την αποτελεσματικότητά τους.

3.2 Χαρακτηριστικά της βάδισης των παιδιών με Εγκεφαλική Παράλυση

Η ανθρώπινη βάδιση είναι μια κινητική δεξιότητα η οποία δεν εμφανίζεται ταυτόχρονα με τη γέννηση του ανθρώπου αλλά, κάτω από κανονικές συνθήκες, ξεκινά να αναπτύσσεται σε αρκετά μικρή ηλικία. Από την ηλικία περίπου των 9 μηνών το νήπιο εξερευνώντας το περιβάλλον προσπαθεί να σηκωθεί όρθιο στηριζόμενο σε κάποιο έπιπλο, εν συνεχεία να μετακινηθεί στην όρθια θέση στηριζόμενο με τα χέρια του και τέλος να βαδίσει ανεξάρτητο στην ηλικία περίπου των 12 μηνών (Piper & Darrah, 1994). Αναπτυξιακά, η διποδική βάδιση αποτελεί για τον άνθρωπο τον συνηθέστερο τρόπο μετακίνησης και κατά πολλούς ερευνητές (Holt et al, 2006) και το πιο αποτελεσματικό και ενεργειακά επαρκές πρότυπο κίνησης.

Μια από τις συνηθέστερες παθολογικές καταστάσεις, η οποία εξ ορισμού (Rosembaum et al, 2007; Mutch et al, 1992) πλήττει την κίνηση και τη στάση και κατά συνέπεια και τη βάδιση, είναι η ΕΠ. Μελέτες έχουν καταγράψει (Chrsitensen et al, 2014) ότι στο σύνολο των παιδιών με ΕΠ ένα ποσοστό 30,6% δε θα είναι ικανό να βαδίσει αυτόνομα (GMFCS IV,V), ένα ποσοστό 11,3% θα βαδίζει ανεξάρτητα με τη χρήση κάποιου βοηθήματος μετακίνησης (GMFCS III) και ένα ποσοστό 58,2% θα είναι ικανό να βαδίζει εντελώς ανεξάρτητα (GMFCS I,II) αλλά με συγκεκριμένους περιορισμούς. Ακόμα και τα παιδιά με ΕΠ που είναι ικανά να βαδίζουν ανεξάρτητα εμφανίζουν περιορισμούς σε πιο απαιτητικές δραστηριότητες όπως στο τρέξιμο, στο ανέβασμα σκάλας, στη βάδιση σε εξωτερικούς χώρους (GMFCS II) (Palisano et al, 2010) καθώς και στην ποιότητα της βάδισης τους (GMFCS I και II).

Η μελέτη των χαρακτηριστικών της βάδισης τόσο σε παιδιά Τυπικής Ανάπτυξης (ΤΑ) όσο και σε παιδιά με ΕΠ αποτελεί αντικείμενο έρευνας εδώ και αρκετά χρόνια για πολλούς λόγους. Αρχικά, από τη στιγμή που ένα παιδί θα ξεκινήσει να βαδίζει ανεξάρτητα μέχρι το σημείο που η βάδισή του θα ωριμάσει και θα αποκτήσει τα χαρακτηριστικά της ενήλικης βάδισης θα έχει περάσει ένα αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα κατά το οποίο θα έχουν πραγματοποιηθεί πολλές και αξιοσημείωτες μεταβολές. Η διερεύνηση των μεταβολών αυτών φαίνεται ότι συμβάλλει στην κατανόηση του τρόπου δημιουργίας του προτύπου της βάδισης αλλά και του τρόπου με τον οποίο το Νευρικό Σύστημα (ΝΣ) διαχειρίζεται και ελέγχει την κίνηση στο σύνολό της. Κατά δεύτερον, υπάρχουν τόσο σημαντικές διαφορές στη χρονική περίοδο έναρξης αλλά και στον τρόπο βάδισης μεταξύ παιδιών ΤΑ και παιδιών με ΕΠ, ώστε η μελέτη και καταγραφή τους φαντάζει στις μέρες μας

περισσότερο από αναγκαία προκειμένου να αναπτυχθούν διαγνωστικές μέθοδοι καθώς και τεκμηριωμένοι θεραπευτικοί τρόποι παρέμβασης με στόχο τη βελτίωση των αδυναμιών που αντιμετωπίζουν στη βάδιση τους τα παιδιά με ΕΠ.

Διαχρονικά, πολλοί είναι οι ερευνητές που έχουν προσπαθήσει να μελετήσουν τα χαρακτηριστικά της βάδισης τόσο σε παιδιά με ΕΠ όσο και σε παιδιά ΤΑ χρησιμοποιώντας μια πληθώρα μεθόδων (Kawamura et al, 2007). Αρχικά η χρήση της απλής ψηφιακής κάμερας με καταγραφή της κίνησης της βάδισης στις δυο διαστάσεις του χώρου (Baker, 2007) αποτέλεσε την πρώτη αξιόπιστη πηγή πληροφοριών σχετικά με τα δυναμικά χαρακτηριστικά της βάδισης. Στη συνέχεια, με τη χρήση της τρισδιάστατης τεχνολογίας, υπήρξαν πολλοί ερευνητές (Gillete et al, 2010; Downing et al, 2009; Schwartz et al, 2008; Desloovere et al, 2006; Stansfield et al, 2001) που κατέγραψαν με μεγάλη ακρίβεια τα κινηματικά και χωροχρονικά χαρακτηριστικά της βάδισης σε παιδιά με ή χωρίς κάποια παθολογία στη βάδιση. Έχοντας περάσει στην εποχή της τρισδιάστατης πλέον τεχνολογίας, αρκετοί ήταν εκείνοι που χρησιμοποίησαν τον δείκτη κανονικότητας (normalcy index) για να εντοπίσουν διαφορές σε ότι αφορά τα κινηματικά χαρακτηριστικά (Romei et al, 2004) ενώ άλλοι ερευνητές χρησιμοποίησαν τον δείκτη απόκλισης βάδισης (Gait Deviation Index) (Massaad et al, 2014; Schwartz and Rozumalski, 2008) ως μέσο για να ποσοτικοποιήσουν τα παθολογικά χαρακτηριστικά της βάδισης. Το Ηλεκτρομυογράφημα (ΗΜΓ) αποτέλεσε, επίσης, από πολύ νωρίς μια ιδιαίτερα αξιόπιστη μέθοδο καταγραφής των χαρακτηριστικών της μυϊκής ενεργοποίησης κατά τη βάδιση (Dietz et al, 1986; Rose et al, 1994), η οποία όμως μόλις σχετικά πρόσφατα, - οπότε αυξήθηκε και η αξιοπιστία των επιφανειακών ηλεκτροδίων - άρχισε να έχει πιο ευρεία χρήση στον παιδιατρικό πληθυσμό και στα παιδιά με ΕΠ. Τα τελευταία χρόνια, η χρήση του ΗΜΓ σε συνδυασμό με την τρισδιάστατη ανάλυση βάδισης έχει παρουσιάσει πολύ αξιόπιστα αποτελέσματα που έχουν συνεισφέρει στη βαθύτερη κατανόηση των μηχανισμών τόσο της φυσιολογικής όσο και της παθολογικής βάδισης.

Σε ό,τι αφορά τη μελέτη των δυναμικών χαρακτηριστικών της βάδισης παιδιών με ΕΠ αρκετές είναι οι μελέτες που έχουν προσπαθήσει να τα καταγράψουν, κυρίως μέσω της χρήσης της τρισδιάστατης ανάλυσης βάδισης, με στόχο τη παροχή αντικειμενικών πληροφοριών που θα χρησιμοποιηθούν στη ιατρική διαχείριση των παιδιών και τη λήψη θεραπευτικών αποφάσεων (DeLuca et al, 1997). Ο Holt και οι συνεργάτες του (Holt et al, 2007; Fonseca et al, 2004; Holt et al, 1996) έδειξαν μεγάλο ενδιαφέρον για την κίνηση της ποδοκνημικής κατά τη βάδιση και ιδιαίτερα για τη συμπεριφορά της ως προς τη ραχιαία και πελματιαία κάμψη. Με παρόμοιο τρόπο, ο Crosbie και οι συνεργάτες του (2012) μελέτησαν την πελματιαία κάμψη της ποδοκνημικής και τον

τρόπο που αυτή διαφοροποιείται στα παιδιά με ΕΠ, ενώ ο Brunner και οι συνεργάτες του ανέπτυξαν τη σχέση μεταξύ της κίνησης της πελματιαίας κάμψης και της κίνησης του ισχίου και της λεκάνης. Ο Steinwender και οι συνεργάτες του (2001) προσπάθησαν να κάνουν μια ιδιαίτερα αναλυτική περιγραφή της κίνησης πολλών αρθρώσεων των κάτω άκρων και του πώς αυτή διαφοροποιείται στα παιδιά με ΕΠ ενώ ο Kirkwood και οι συνεργάτες του (2012) ασχολήθηκαν με την κίνηση της λεκάνης και του ισχίου σε μετωπιαίο επίπεδο. Η Van der Linden και οι συνεργάτες της (2006) έδειξαν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τις στροφές του κάτω άκρου σε παιδιά με σπαστική διπληγία ενώ η Heyman και οι συνεργάτες της (2014) προσπάθησαν να αξιολογήσουν τις κινήσεις του κορμού των παιδιών με ΕΠ κατά τη βάδιση. Αρκετοί ήταν και οι ερευνητές που προσπάθησαν να δώσουν μια πιο συνολική περιγραφή στη βάδιση των παιδιών με ΕΠ και να διαμορφώσουν και συγκεκριμένες κατηγορίες βάδισης (Russel et al, 2007; Dobson et al, 2007; Rodda and Graham, 2001; Sutherland & Davis, 1993).

Αντίστοιχα, τα χωροχρονικά χαρακτηριστικά της βάδισης παιδιών με ΕΠ έχουν επίσης αποτελέσει πεδίο ευρύτερης μελέτης (Kim and Son, 2014; Wang and Wang, 2012; Crosbie et al, 2012; Prosser et al, 2010) με τη συντριπτική πλειονότητα των μελετών να τονίζει τις έντονες διαφορές που εμφανίζονται μεταξύ παιδιών με ΕΠ και ΤΑ σε χαρακτηριστικά όπως η ταχύτητα βάδισης, το μήκος βήματος και η διάρκεια στήριξης, και να καταλήγει στο κοινό συμπέρασμα ότι τα παιδιά με ΕΠ βαδίζουν με μικρότερη ταχύτητα, μικρότερο μήκος βήματος, μικρότερη διάρκεια μονοποδικής στήριξης και αυξημένη διάρκεια διπλής στήριξης. Αρκετοί είναι και οι ερευνητές που έχουν προσπαθήσει να μελετήσουν την κατανάλωση ενέργειας της βάδισης των παιδιών με ΕΠ (Kamp et al, 2014; Thomas et al, 2011; Aviram et al, 2011; Rosen et al, 2006) καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι είναι αρκετά πιο ενεργοβόρα σε σχέση με τη βάδιση των παιδιών ΤΑ.

Σε γενικές γραμμές, θα μπορούσαμε να υποστηρίξουμε ότι ερευνητικά υπάρχει μεγάλη ομοφωνία αναφορικά με το γεγονός ότι η βάδιση των παιδιών με ΕΠ διαφέρει σημαντικά από την βάδιση των παιδιών ΤΑ κυρίως σε ότι αφορά τη χρονική περίοδο έναρξής της, την ποιότητα των χαρακτηριστικών της, την αποτελεσματικότητά της αλλά και την εξέλιξή της. Σε αντίθεση, αυτό για το οποίο φαίνεται να μην υπάρχει μεγάλη σύγκλιση απόψεων στην ερευνητική κοινότητα, αφορά στη χρονική στιγμή κατά την οποία το κινητικό πρότυπο της βάδισης τείνει να θεωρείται πλέον «ώριμο» καθώς επίσης ποιοι είναι οι παράγοντες που καθορίζουν την ωρίμασή του στα παιδιά με ΕΠ αλλά και ποια η δυναμική της εξέλιξής του σε βάθος χρόνου.

Σε αντίθεση λοιπόν με τις παραμέτρους που ενδεχομένως αποτελούν χαρακτηριστικά της ανώριμης βάδισης, οι οποίες φαίνεται να είναι επαρκώς μελετημένες, η ηλικία κατά την οποία το

κινητικό πρότυπο της βάδισης θα πρέπει φυσιολογικά να θεωρείται ότι έχει πλήρως ωριμάσει συνεχίζει να αποτελεί θέμα προς συζήτηση. Ο Sutherland (Sutherland et al, 1980) ήταν από τους πρώτους ερευνητές που θέσπισαν ως δείκτες ωρίμασης της βάδισης πέντε συγκεκριμένα κριτήρια, τη διάρκεια της μονής στήριξης, την ταχύτητα βάδισης, το ρυθμό βάδισης, το μήκος βήματος και το λόγο μεταξύ του ανοίγματος της λεκάνης και του ανοίγματος των ποδοκνημικών (απόσταση μεταξύ των δυο κέντρων των αρθρώσεων των ποδοκνημικών), ισχυριζόμενος ότι με βάση τα δεδομένα των ερευνών τους τα παιδιά επιτυγχάνουν την ωρίμαση αυτών των χαρακτηριστικών μέχρι την ηλικία των 3 ετών. Αντίστοιχα ο Clark και οι συνεργάτες του το 1988, υποστήριξαν πως μέχρι την ηλικία των 3 ετών η σχέση της κίνησης μεταξύ των δύο κάτω άκρων δε διαφέρει σημαντικά από αυτή των ενηλίκων. Η Ounpuu και οι συνεργάτες της, ισχυρίστηκε το 1991 ότι τα δυναμικά χαρακτηριστικά της βάδισης των παιδιών με φυσιολογική ανάπτυξη ωριμάζουν και πλησιάζουν σημαντικά τα αντίστοιχα των ενηλίκων στην ηλικία των 5 ετών ενώ η Chester (Chester & Wrigley, 2008; Chester et al, 2006) ισχυρίστηκε ότι η ωρίμαση επέρχεται για τις αρθρώσεις του γόνατος και του ισχίου στην ηλικία των 5 ετών ενώ για την άρθρωση της ποδοκνημικής μετά την ηλικία των 9. Άλλες πάλι μελέτες αναφέρουν ακόμα μεγαλύτερες ηλικίες ωρίμασης του προτύπου βάδισης όπως την ηλικία των 10 ετών (Oeffinger et al, 1997) ή ακόμα και αργότερα (Cupp et al, 1999). Αρκετά μεταγενέστερα, ο Samson και οι συνεργάτες του (2013) έκαναν μια πολύ αξιόλογη προσπάθεια να περιγράψουν τις δυναμικές μεταβολές των αρθρώσεων κατά τη βάδιση σε παιδιά μικρής ηλικίας (1-6 ετών) ΤΑ, λαμβάνοντας υπόψη τόσο την ηλικία όσο και την ταχύτητα βάδισης. Στα αποτελέσματα τους αναφέρουν χαρακτηριστικά ότι η ωρίμαση των δυναμικών χαρακτηριστικών της βάδισης μοιάζει να επέρχεται κοντά στη ηλικία των 4 ετών σε ότι αφορά την ποδοκνημική, και μεταξύ 6 και 7 ετών για τις αρθρώσεις του γόνατος και του ισχίου. Το γεγονός ότι βιβλιογραφικά προκύπτει μια σχετική ασάφεια αναφορικά με την ηλικία στην οποία το πρότυπο βάδισης θα πρέπει να θεωρείται ως πλέον «ώριμο» με χαρακτηριστικά αντίστοιχα της ενήλικης βάδισης δημιουργεί ταυτόχρονα και μια σύγχυση σχετικά με το ποια είναι τελικά τα χαρακτηριστικά που θα πρέπει να θεωρούνται «φυσιολογικά» αλλά και ποιο είναι το ηλικιακό όριο, μετά το οποίο η απουσία τους θα πρέπει να σηματοδοτεί κάποιου είδους παθολογία.

Σε ότι αφορά τη διαχρονική μελέτη της βάδισης παιδιών με ΕΠ, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι έρευνες οι οποίες έχουν προσπαθήσει να περιγράψουν τις μεταβολές και την ωρίμαση της βάδισης των παιδιών αυτών σε βάθος χρόνου, διευρύνοντας την οπτική μας αναφορικά με τη δυναμική εξέλιξη ενός ενεργού κινητικού προτύπου. Ο Johnson και οι συνεργάτες του το 1997 προσπάθησαν με τη βοήθεια της τρισδιάστατης ανάλυσης βάδισης να καταγράψουν

την πορεία εξέλιξης των κινηματικών και χωροχρονικών χαρακτηριστικών της βάδισης αναφέροντας ότι όλες οι λειτουργίες της βάδισης φαίνεται να μειώνονται στο διάστημα των 2,5 ετών που μεσολαβεί μεταξύ των δυο μετρήσεων. Ο συγγραφέας αναφέρει μείωση των βαδιστικών λειτουργιών στα παιδιά με ΕΠ που αφορά στο δυναμικό εύρος των αρθρώσεων σε οβελιαίο επίπεδο και στη μείωση της σταθερότητας κατά τη βάδιση. Αντίστοιχα οι Norlin και Odenrick (1986) αναφέρουν στις μελέτες τους μείωση του ρυθμού βάδισης και αύξηση στη διάρκεια διπλής στήριξης γεγονός το οποίο, σύμφωνα με τους ισχυρισμούς τους, σηματοδοτεί επιδείνωση της βάδισης με το πέρασμα του χρόνου. Σε μια πιο πρόσφατη μελέτη σχετικά με την εξέλιξη της βάδισης στα παιδιά με ΕΠ, η Bell και οι συνεργάτες της (2002) αναφέρουν μειωμένες τιμές στο εύρος κίνησης των αρθρώσεων της ποδοκνημικής, στην απαγωγή του ισχίου και στις γωνίες του γόνατος με την πάροδο του χρόνου υποστηρίζοντας ότι οι μεταβολές στα χαρακτηριστικά της βάδισης των παιδιών έχουν άμεση σχέση με τη σωματική ανάπτυξη και την ηλικία. Σε πιο μακροχρόνιες μελέτες αρκετοί είναι εκείνοι οι οποίοι περιγράφουν επιδείνωση των χαρακτηριστικών της βάδισης καθώς τα παιδιά με ΕΠ πλησιάζουν την εφηβεία ή ακόμα και την ενήλικη ζωή (Orheim et al, 2013).

Σε αυτό το σημείο, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η πλειονότητα των μελετών που διαπραγματεύονται την εξέλιξη των βαδιστικών χαρακτηριστικών και την ωρίμαση του βαδιστικού προτύπου τόσο σε παιδιά με ΕΠ όσο και ΤΑ, εκτός από μία (Samson et al, 2013), δε συμπεριλαμβάνουν στο δείγμα τους παιδιά ηλικίας μικρότερης των τεσσάρων ετών. Ως εκ τούτου, παρά το γεγονός ότι έχουν καταφέρει να περιγράψουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά τα οποία μοιάζει να μεταβάλλονται σε συνάρτηση με την ηλικία και να μας δίνουν κάποιες ενδείξεις σχετικά με την ωρίμασή τους, δεν είναι σε θέση να μας δώσουν μια πιο σαφή εικόνα αναφορικά με τις χρονικές περιόδους που ουσιαστικά ξεκινά η διαμόρφωση αυτών των προτύπων καθώς και με τον τρόπο εξέλιξής τους από τα πολύ πρώιμα στάδια της βάδισης. Επιπλέον, ό,τι αφορά τα παιδιά με ΕΠ, η επιλογή παιδιών μεγαλύτερης ηλικίας εγκυμονεί τον κίνδυνο της ήδη υπάρχουσας εγκατάστασης αντισταθμιστικών μυοσκελετικών περιορισμών, όπως μυϊκών βραχύνσεων και αρθρικών παραμορφώσεων, οι οποίες επηρεάζουν άμεσα το πρότυπο της βάδισης στερώντας μας με αυτό τον τρόπο τη δυνατότητα να μελετήσουμε αμιγώς τη δυναμική συμπεριφορά ενός αναδυόμενου προτύπου καθώς και τους μηχανισμούς με τους οποίους αυτό διαμορφώνεται ή προσαρμόζεται ανάλογα με τις ανάγκες του παιδιού. Αντίθετα, παιδιά μικρής ηλικίας που μόλις έχουν ξεκινήσει την αυτόνομη βάδιση είναι ιδιαίτερα απίθανο να έχουν αναπτύξει τέτοιου είδους μυοσκελετικούς περιορισμούς.

Από τις πρώτες μελέτες που επιχειρήσαν να αξιολογήσουν τα κινηματικά χαρακτηριστικά της βάδισης παιδιών μικρής ηλικίας με φυσιολογική ανάπτυξη, ήταν η μελέτη του Grimshaw και των συνεργατών του (1998) οι όποιοι μελέτησαν την ανεξάρτητη βάδιση 9 παιδιών ηλικίας 10-24 μηνών, σε ταχύτητες της επιλογής τους. Ακολούθησαν και άλλες μελέτες που προσπάθησαν να συμπεριλάβουν στις μετρήσεις τους παιδιά μικρότερων ηλικιών όπως της Hallemans και των συνεργατών της το 2005, οι οποίοι προσπάθησαν να καταγράψουν τα κινηματικά χαρακτηριστικά 10 νηπίων ΤΑ και με βαδιστική εμπειρία μικρότερη των 6 μηνών με σκοπό να τα συγκρίνουν με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά ενηλίκων. Παρόμοιο στόχο είχαν και οι μελέτες του Holt και των συνεργατών του (Holt et al, 2006; Holt et al , 2007) με τη συμμετοχή παιδιών σε πολύ μικρή ηλικία και στα πολύ πρώιμα στάδια της βάδισής τους οι οποίοι προσπάθησαν να περιγράψουν τη διαδικασία ωρίμασης της βάδισης των παιδιών αυτών με τη χρήση του εμβιομηχανικού μοντέλου του ανεστραμμένου εκκρεμούς. Μεταγενέστερα, ο Samson και οι συνεργάτες του (2013) προσπάθησαν να περιγράψουν τις δυναμικές μεταβολές των αρθρώσεων κατά τη βάδιση σε παιδιά μικρής ηλικίας (1-6 ετών) ΤΑ λαμβάνοντας υπόψη όχι μόνο την ηλικία αλλά και την ταχύτητα βάδισης και καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι για τις διαφορές που παρατηρήθηκαν ιδιαίτερο ρόλο παίζει η ταχύτητα κατά την οποία βαδίζει το κάθε παιδί και όχι αποκλειστικά η ηλικία του. Το 2015, η Van Hamme και οι συνεργάτες της προσπάθησαν να δημιουργήσουν μια βάση δεδομένων για τα κινηματικά και τα χωροχρονικά χαρακτηριστικά της βάδισης υγιών παιδιών σε ηλικίες από ενός έτους μέχρι και επτά ετών, αναγνωρίζοντας την αναγκαιότητα ύπαρξης στοιχείων για τα πρότυπα βάδισης και στις μικρότερες ηλικίες προκειμένου να είναι δυνατή και η αναγνώριση πιθανών αποκλίσεων που οφείλονται σε παθολογικές καταστάσεις. Κάτι αντίστοιχο είχε προσπαθήσει να κάνει η Prosser λίγο νωρίτερα (2010) καταγράφοντας διαφορές σε παιδιά μικρών ηλικιών, στα χωροχρονικά, κυρίως, χαρακτηριστικά της βάδισης.

Ομοίως, η μελέτη των δυναμικών χαρακτηριστικών της βάδισης σε παιδιά μικρής ηλικίας ΤΑ και η σύγκρισή τους με τα αντίστοιχα των ενηλίκων προκάλεσε από πολύ νωρίς το ενδιαφέρον μεγάλης μερίδας ερευνητών. Οι διαφορές που εμφανίζει η βάδιση των παιδιών και των ενηλίκων έχει περιγραφεί διαχρονικά από αρκετούς ερευνητές οι οποίοι μοιάζει να καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι τα νήπια εμφανίζουν μικρότερη μέση ταχύτητα βάδισης, υψηλότερο ρυθμό βάδισης, μικρότερο μήκος βήματος και μεγαλύτερη βάση στήριξης (Kim and Son, 2014; Johnson et al, 1997; Cioni et al, 1993; Sutherland et al, 1980) καθώς και αυξημένη τη φάση της διπλής στήριξης (Grimshaw et al, 1998; Breniere et al, 1989). Οι αντίστοιχες κινηματικές διαφορές συνοψίζονται στην κάμψη των άνω άκρων, την έξω στροφή του πέλματος, την απουσία της αρχικής

επαφής της πτέρνας, την ταυτόχρονη κάμψη ισχίου και γόνατος στη φάση αιώρησης και την απουσία πλήρους έκτασης στη φάση στήριξης (Hallemans et al, 2005; Marques-Bruna and Grimshaw, 2000).

Οι μελέτες έχουν αρχίσει να δείχνουν αυξημένο ενδιαφέρον στη μελέτη και καταγραφή των χαρακτηριστικών της βάδισης παιδιών μικρής ηλικίας γεγονός που έχει συμβάλει σημαντικά στην κατανόηση των μηχανισμών δημιουργίας και του προτύπου καθώς και στα στοιχεία εκείνα που ευθύνονται για την ωρίμασή του. Οι μεταβολές και η βελτίωση των χαρακτηριστικών της βάδισης έχει αποδοθεί κατά καιρούς σε διάφορους παράγοντες όπως στη μεταβολή των σωματικών διαστάσεων των παιδιών (ύψος, βάρος, μήκος σκέλους), στην ωρίμανη του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος (ΚΝΣ), στην αύξηση της μυϊκής δύναμης, στη αύξηση της ταχύτητας κατά τη βάδιση ή σε ένα συνδυασμό όλων αυτών των παραμέτρων (Grieve and Gear, 1966; Sutherland et al, 1980; Stansfield et al, 2001; Hallemans et al, 2005; Schawtz et al, 2008; Samsong et al, 2013). Η επίδραση των παραπάνω παραγόντων παίζει αποδεδειγμένα πλέον κάποιο ρόλο στις μεταβολές του βαδιστικού προτύπου των παιδιών αλλά δεν αρκεί να δικαιολογήσει τις πολύ απότομες μεταβολές που παρατηρούνται κατά τα πολύ πρώιμα στάδια της βάδισης. Φαντάζει ίσως, πιο πιθανό ότι η χρονική διάρκεια εξάσκησης του κινητικού προτύπου της βάδισης (βαδιστική εμπειρία) καθώς και η συχνότητα που αυτό εκπαιδεύεται, αποτελούν πιο σημαντικούς παράγοντες (Holt et al, 2010; Prosser et al, 2010) για τις γρήγορες αυτές μεταβολές που παρατηρούμε στην ωρίμαση και την σταθεροποίηση ενός κινητικού προτύπου παρά οι μεταβολές στα σωματομετρικά του χαρακτηριστικά ή η ωρίμαση του Νευρικού Συστήματος. Είναι χαρακτηριστικό ότι τα παιδιά όταν ξεκινούν να βαδίζουν πραγματοποιούν κατά μέσο όρο 9000 βήματα την ημέρα απόσταση η οποία αντιστοιχεί περίπου σε 29 γήπεδα του ποδοσφαίρου (Adolph et al, 2003). Επιπλέον, η έννοια της «εκπαίδευσης» μιας κίνησης (κινητική εκμάθηση) αποτελεί πλέον στις μέρες μας έναν από τους πιο κοινά αποδεκτούς παράγοντες που επηρεάζουν την εξέλιξη ενός κινητικού προτύπου τόσο σε υγιείς πληθυσμούς όσο και σε άτομα με κινητικές δυσκολίες (Shumway – Cook & Woollacott, 1995) γεγονός το οποίο ενισχύει την πεποίθησή μας ότι η εξάσκηση της βάδισης παίζει σημαντικό ρόλο στη εξέλιξη του κινητικού προτύπου της βάδισης και ως εκ τούτου η βαδιστική εμπειρία είναι ένας σημαντικός παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη όταν μελετάμε τα χαρακτηριστικά της βάδισης.

Παρά το γεγονός ότι όλο και περισσότερες μελέτες αρχίζουν να καταγράφουν τα δυναμικά χαρακτηριστικά της βάδισης από τη στιγμή της έναρξής της στις μικρότερες ηλικίες (Van Hamme et al, 2015; Hallemans et al, 2005; Samson, et al 2013), πολύ λίγες ερευνητικές προσπάθειες έχουν

γίνει για να αξιολογηθεί η συνεισφορά της χρονικής διάρκειας που ένα παιδί έχει ξεκινήσει να βαδίζει ανεξάρτητα από τη χρονολογική του ηλικία. Η Prosser και οι συνεργάτες της (Prosser et al, 2010) ήταν από τους πρώτους ερευνητές που κατάφεραν να δείξουν διαφορές στα χαρακτηριστικά βάδισης παιδιών με αμφίπλευρη ΕΠ σε σχέση με παιδιά ΤΑ κατά τα πρώτα στάδια της βάδισής τους, συγκρίνοντας τις διαφορετικές ομάδες παιδιών με βάση τη χρονική διάρκεια που κάθε ομάδα είχε ξεκινήσει τη βάδιση και όχι με βάση την ηλικία. Υποστήριξε μάλιστα, πως παρότι τα παιδιά με ΕΠ βαδίζουν χρονικά αργότερα από τα αντίστοιχα ΤΑ, η ομαδοποίησή τους με βάση τη «βαδιστική του εμπειρία» και όχι με βάση την ηλικία συνεισέφερε σημαντικά στη αναγνώριση των χαρακτηριστικών εκείνων που ωριμάζουν με την καθημερινή εξάσκηση της βάδισης από τη στιγμή έναρξής της. Κατά παρόμοιο τρόπο αλλά από ένα πιο εμβιομηχανικό πρίσμα ο Holt και οι συνεργάτες του (Holt et al, 2007; Holt et al, 2010) υποστήριξαν ότι η διάρκεια εξάσκησης της βάδισης επηρεάζει άμεσα τον ρυθμό μεταβολής των χαρακτηριστικών του προτύπου και μάλιστα σε δυο φάσεις οι οποίες προσδιορίζονται για τα παιδιά ΤΑ χρονικά περίπου στους 2 μήνες ανεξάρτητης βάδισης.

Ένα επιπλέον ιδιαίτερα σημαντικό στοιχείο το οποίο μοιάζει να επηρεάζει σημαντικά την διαφοροποίηση των δυναμικών χαρακτηριστικών της βάδισης είναι η ταχύτητα βάδισης που επιλέγεται από τον κάθε ερευνητή. Ο Stansfield και οι συνεργάτες του (2001) σε μια μελέτη που πραγματοποίησαν σε σύνολο 26 παιδιών ΤΑ κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η ομαλοποίηση της ταχύτητας βάδισης και όχι η ηλικία θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όταν προσπαθούμε να συγκρίνουμε παθολογικά με φυσιολογικά πρότυπα βάδισης. Παρόμοια άποψη παρουσιάζει και ο Schwartz (Schawtz et al, 2008) στη μελέτη του σχετικά με την επιρροή της ταχύτητας στη βάδιση τυπικά αναπτυσσόμενων παιδιών, όπου και θεωρεί ότι η ταχύτητα επηρεάζει σημαντικά πολλές παραμέτρους της βάδισης όπως αυτές μετρήθηκαν τόσο με ηλεκτρομυογράφημα όσο και με τρισδιάστατη ανάλυση βάδισης.

Ακόμα πιο σημαντική μοιάζει να είναι η επιρροή της ταχύτητας βάδισης στην μεταβολή των δυναμικών χαρακτηριστικών της βάδισης, στα παιδιά με ΕΠ. Μεγάλος αριθμός μελετών αναφέρει στοιχεία που συνδέουν άμεσα την ταχύτητα βάδισης με τη σπαστικότητα σε παιδιά με σπαστικές μορφές ΕΠ ενοχοποιώντας κατά κάποιο τρόπο την αύξηση της ταχύτητας κατά τη βάδιση για την υπέρμετρη ενεργοποίηση των σπαστικών μυών κατά την κίνηση (Van der Campenhout et al, 2014; Van der Krogt et al, 2009; Van der Krogt et al, 2009). Άλλες πάλι μελέτες συνδέουν την αύξηση της ταχύτητας βάδισης με την αδυναμία των μυών να επιτύχουν το μέγιστο μήκος τους κατά την κίνηση με αποτέλεσμα τη μειωμένη μυϊκή ενεργοποίηση και τη διαφοροποιημένη καταγραφή των

δυναμικών χαρακτηριστικών της βάρδισης (Bar-On et al, 2014). Τέλος, υπάρχουν και κάποιες μελέτες που συνδυάζουν την αυξημένη ταχύτητα με δυσκολίες στη σταθεροποίηση κατά τη βάρδιση και την ισορροπία γενικότερα (Krasovsky et al, 2014).

Ανακεφαλαιώνοντας την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, θα λέγαμε ότι είναι γεγονός πως οι περισσότερες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί επικεντρώνουν το ενδιαφέρον τους στην ανάλυση βάρδισης παιδιών ηλικίας μεγαλύτερης των πέντε ετών δεδομένου του ότι σε μεγαλύτερες ηλικίες τα κινητικά πρότυπα είναι πιο ώριμα και κατά συνέπεια πιο σταθερά και ευκολότερο να μελετηθούν. Επιπλέον τα μεγαλύτερης ηλικίας παιδιά είναι περισσότερο συνεργάσιμα γεγονός που βοηθά στην ομαλότερη διεξαγωγή των μετρήσεων. Ακόμα και οι μελέτες που έχουν επιχειρήσει να καταγράψουν τη βάρδιση παιδιών μικρότερων των 4 ετών έχουν χρησιμοποιήσει παιδιά ΤΑ ενώ ελάχιστες, από όσο γνωρίζουμε, είναι οι μελέτες που το έχουν επιχειρήσει σε παιδιά με ΕΠ (Figueiredo et al, 2013; Prosser et al, 2010). Ακόμα λιγότερες μελέτες έχουν προσπαθήσει να λάβουν υπόψη τους στη επιλογή των συμμετεχόντων τη βαδιστική εμπειρία και την χρονική διάρκεια εξάσκησης της βάρδισης ενώ μόνο μια μελέτη (Bell et al, 2002) γνωστή σε εμάς έχει προσπαθήσει να διερευνήσει την εξέλιξη της βάρδισης σε βάθος χρόνου στα ίδια παιδιά με ΕΠ – και αυτή αφορά σε παιδιά μεγαλύτερη ηλικίας.

Θεωρούμε ότι η μελέτη ενός κινητικού προτύπου αρκετά χρόνια μετά την έναρξή του ενδέχεται να περιορίζει τις δυνατότητες μας για εν τω βάθει κατανόηση του τρόπου δημιουργίας του, δεδομένων των πολλών και μακροχρόνιων παραμέτρων που έχουν εμπλακεί στη δημιουργία και εγκατάστασή του. Όταν δε, αναφερόμαστε σε παιδιά με ΕΠ στα οποία η διαδικασία ανάπτυξης ενός εξαρχής πολύπλοκου κινητικού προτύπου όπως αυτό της βάρδισης, είναι ακόμα πιο σύνθετη, τότε αντιλαμβανόμαστε ότι οι δυνατότητές μας περιορίζονται ακόμα περισσότερο. Η επίδραση παραγόντων όπως οι σταδιακές μυϊκές βραχύνσεις και οστικές παραμορφώσεις, η σπαστικότητα, η αδυναμία μυϊκής ενεργοποίησης, η αύξηση του βάρους που συναντάμε κατεξοχήν σε παιδιά με ΕΠ, ενδέχεται να παίζουν σημαντικό ρόλο στη μεταβολή του προτύπου βάρδισης ενός παιδιού μεγαλύτερης ηλικίας χωρίς όμως να αντανakλούν πλέον αποκλειστικά την αρχική αιτιολογία δημιουργίας ενός παθολογικού προτύπου κίνησης. Επιπλέον, φαντάζει πιθανό ότι η χρονική διάρκεια που εξασκείται ένα κινητικό πρότυπο καθώς και η συχνότητα εκπαίδευσης ενός παιδιού σε αυτό, είναι εξίσου σημαντικοί παράγοντες για την ωρίμαση και τη σταθεροποίηση ενός κινητικού προτύπου.

Για τους παραπάνω λόγους, η μελέτη και καταγραφή των χαρακτηριστικών της βάρδισης, χρονικά σε περίοδο όσο το δυνατόν πιο κοντά στη έναρξή της καθώς και σε παιδιά τα οποία θα

έχουν παρόμοια βαδιστική εμπειρία θεωρείται ότι μπορεί να μας δώσει στοιχεία πολύ πιο χρήσιμα για την κατανόηση των στρατηγικών που χρησιμοποιεί το ανθρώπινο κινητικό σύστημα προκειμένου να αναπτύξει και να σταθεροποιήσει ένα κινητικό πρότυπο. Ταυτόχρονα, περιορίζονται σημαντικά οι λοιποί μυοσκελετικοί παράγοντες που αποδεδειγμένα εμφανίζονται σε μεγαλύτερες ηλικίες και επηρεάζουν την κίνηση. Επιπρόσθετα, η μελέτη των μεταβολών συγκεκριμένων χαρακτηριστικών σε ορισμένο χρονικό διάστημα και στα ίδια παιδιά θεωρούμε ότι αυξάνει σημαντικά την ομοιομορφία του δείγματος και μειώνει τις σωματομετρικές διαφορές που και αυτές ενδεχομένως εμπλέκονται στη διαμόρφωση των κινητικών προτύπων.

3.3 Ανάπτυξη της αδρής κίνησης στα παιδιά με Εγκεφαλική Παράλυση

Η ανάπτυξη της αδρής κίνησης στα παιδιά πολύ συχνά αναφέρεται ως η κατάκτηση συγκεκριμένων κινητικών οροσήμων όπως για παράδειγμα το ανεξάρτητο κάθισμα, το μπουσούλημα και η αυτόνομη βάδιση. Καθυστέρηση στην εμφάνιση αυτών των κινητικών οροσήμων αποτελεί μια από τις πρωταρχικές ενδείξεις ύπαρξης ΕΠ, δεδομένου του ότι αποτελεί μια ομάδα μόνιμων διαταραχών που επηρεάζουν τη στάση και την κίνηση προκαλώντας περιορισμό στη δραστηριότητα, η οποία αποδίδεται σε μη-εξελισσόμενη βλάβη του αναπτυσσόμενου εμβρυικού εγκεφάλου (Rosembaum et al, 2006). Εντούτοις, ο βαθμός της κινητικής καθυστέρησης και η βαρύτητα του περιορισμού στην αδρή κίνηση ενδέχεται να ποικίλλουν σημαντικά ανάλογα με την έκταση της βλάβης από το σημείο της πλήρους ανεξαρτησίας στη μετακίνηση, με ή χωρίς βοήθημα, έως το σημείο του σημαντικού περιορισμού σε αναπηρικό αμαξίδιο.

Ο περιορισμός της δραστηριότητας, όπως αυτός περιγράφεται από τη Διεθνή Ταξινόμηση της Λειτουργικότητας (International Classification of Functioning - ICF) (WHO, 2001) και εμπεριέχεται στον ορισμό της ΕΠ (Rosembaum et al, 2006), αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες ελάττωσης της «συμμετοχής» και μεγιστοποίησης του βαθμού αναπηρίας στα παιδιά με ΕΠ ενώ, αναμφίβολα, συνιστά στις μέρες μας ένα από τα βασικότερα προβλήματα που καλείται να διαχειριστεί η θεραπευτική κοινότητα. Παρά το γεγονός ότι οι νεότερες θεραπευτικές κατευθύνσεις τονίζουν την αναγκαιότητα της θεώρησης της αναπηρίας ως απόρροια της αλληλεπίδρασης μεταξύ ατόμου και περιβάλλοντος και αναγνωρίζουν πλέον την ενσωμάτωση και προσαρμογή του ως απαραίτητα στοιχεία για τη βελτιστοποίηση της λειτουργικότητας, ο περιορισμός της αδρής κίνησης ως πρωταρχικό αίτιο του περιορισμού της δραστηριότητας συνεχίζει να αποτελεί ένα άλυτο πρόβλημα για τα παιδιά με ΕΠ.

Κάθε γονέας, ο οποίος έρχεται αντιμέτωπος με τη διάγνωση της ΕΠ για το παιδί του, προσπαθεί συνήθως να αντιληφθεί τη βαρύτητα της κατάστασης μέσα από την πορεία εξέλιξης της αδρής κίνησης του παιδιού και, κυρίως, μέσα από την πιθανότητα το παιδί του να κατακτήσει την ανεξάρτητη βάδιση. Επιπλέον, το πιο αξιόπιστο σύστημα ταξινόμησης που διαθέτουμε μέχρι σήμερα για την κατηγοριοποίηση και την πρόγνωση της κινητικής εξέλιξης των παιδιών με ΕΠ, το Gross Motor Function Classification System (GMFCS) (Palisano et al, 1997), επίσης βασίζεται αποκλειστικά στη διαφοροποίηση της αδρής κίνησης σε σχέση με την ηλικία καθώς και στη δυνατότητα του κάθε παιδιού για ανεξάρτητη μετακίνηση. Φαίνεται συνεπώς, πως η αδρή κίνηση και ο περιορισμός της αποτελούν από τις κυριότερες παραμέτρους που αντικατοπτρίζουν αφενός τη βαρύτητα της ΕΠ και τις δυνατότητες κινητικής εξέλιξης του κάθε παιδιού, και μάλιστα σε αρκετά σημαντικό βαθμό όπως προκύπτει από μελέτες (Rosembaum et al, 2002), και αφετέρου τη λειτουργικότητα και ανεξαρτησία του ατόμου μέσα στο περιβάλλον που δραστηριοποιείται, σε μικρότερο, ωστόσο, βαθμό.

Το σύστημα ταξινόμησης GMFCS, δημιουργήθηκε από τον Palisano και τους συνεργάτες του το 1997 και βασίζεται στη διαφοροποίηση της αδρής κίνησης και των κινητικών δεξιοτήτων των παιδιών με ΕΠ σε συνάρτηση με την ηλικία τους και τα αναπτυξιακά τους στάδια. Διακρίνονται χαρακτηριστικά 5 διαφορετικά λειτουργικά επίπεδα ανεξαρτησίας, σύμφωνα με τα οποία τα παιδιά που συγκαταλέγονται στο επίπεδο I βαδίζουν χωρίς περιορισμούς σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους, τα παιδιά στο επίπεδο II βαδίζουν με περιορισμούς ιδιαίτερα σε εξωτερικούς χώρους, τα παιδιά στο επίπεδο III βαδίζουν με τη χρήση χειροκίνητου βοηθήματος μετακίνησης, τα παιδιά στο επίπεδο IV δεν είναι ικανά να βαδίζουν ανεξάρτητα και μετακινούνται με τη χρήση ηλεκτροκίνητου αμαξιδίου ενώ τέλος τα παιδιά στο επίπεδο V εμφανίζουν σημαντικούς περιορισμούς σε κάθε είδους αυτόνομη μετακίνηση. Η ταξινόμηση αυτή, η οποία χρησιμοποιείται ευρέως τόσο για κλινικούς όσο και ερευνητικούς σκοπούς και αποτελεί την πιο αξιόπιστη μέχρι σήμερα μέθοδο κατηγοριοποίησης των παιδιών με ΕΠ, καταδεικνύει ευθέως τη σχέση μεταξύ περιορισμού της αδρής κίνησης και περιορισμού της ικανότητας για μετακίνηση.

Τη μεταβολή της αδρής κίνησης στα παιδιά με ΕΠ έχουν μελετήσει αρκετοί ερευνητές στην προσπάθειά τους είτε να περιγράψουν την πορεία εξέλιξης των κινητικών ικανοτήτων των παιδιών με ΕΠ είτε να αναγνωρίσουν τα αποτελέσματα συγκεκριμένων μεθόδων παρέμβασης. Ο Rosembaum και οι συνεργάτες του (2002) προσπάθησαν να καταγράψουν τη μεταβολή της αδρής κίνησης σε παιδιά με ΕΠ διαφορετικής ηλικίας και διαφορετικού λειτουργικού επιπέδου δημιουργώντας τις επονομαζόμενες κινητικές καμπύλες (motor curves), μελέτη η οποία, μέχρι τις

μέρες μας, αποτελεί την πιο αξιόλογη προσπάθεια προσδιορισμού και πρόγνωσης της κινητικής εξέλιξης των παιδιών με ΕΠ, προσφέροντας ένα ιδιαίτερα σημαντικό εργαλείο στους θεραπευτές και τις οικογένειες των παιδιών αυτών σε σχέση με τη θεραπευτική τους διαχείριση. Μεταγενέστερα της μελέτης αυτής, αρκετές προσπάθειες έχουν πραγματοποιηθεί για ακόμα πιο λεπτομερή καταγραφή και πρόγνωση της κινητικής εξέλιξης (Marois et al, 2016), οι οποίες έχουν συνεισφέρει ως ένα βαθμό στη βελτίωση της αντίληψής μας σχετικά με τη ανάπτυξη της αδρής κίνησης στα παιδιά με ΕΠ, χωρίς όμως να έχουν διαφοροποιήσει σημαντικά την κατάσταση.

Σε παρόμοια πλαίσια έχουν κινηθεί και πολλοί ερευνητές στην προσπάθειά τους να καταγράψουν τις μεταβολές της αδρής κίνησης με στόχο τη μελέτη της αποτελεσματικότητας συγκεκριμένων θεραπευτικών παρεμβάσεων στα παιδιά με ΕΠ (Law et al, 2011; Lowing et al, 2009; Ketelaar et al, 2001; Damiano & Ambel, 1998). Η επιλογή της αδρής κίνησης ως χαρακτηριστικού κριτηρίου της αποτελεσματικότητας μιας παρέμβασης, ανεξάρτητα από το αποτέλεσμα της εκάστοτε μελέτης, αποτελεί από μόνη της απόδειξη της σημαντική θέσης που κατέχει η αδρή κίνηση στον καθορισμό της κινητικής κατάστασης και των ικανοτήτων των παιδιών με ΕΠ.

Τέλος, πολλοί είναι εκείνοι οι οποίοι έχουν προσπαθήσει να συνδυάσουν τις μεταβολές στην αδρή κίνηση με τον βαθμό λειτουργικότητας και την αυτονομία στην καθημερινή ζωή των παιδιών με ΕΠ (Bartlett et al, 2010; Bechung et al, 2007; Ostensjo et al, 2004; Damiano & Abel, 1996), καταγράφοντας τη διαφοροποίηση συγκεκριμένων παραμέτρων που αντιπροσωπεύουν την ανεξαρτησία των παιδιών αυτών. Οι μελέτες στη συντριπτική τους πλειονότητα παραδέχονται ότι παρότι η αδρή κίνηση δεν αποτελεί τον μοναδικό παράγοντα που επηρεάζει την αυτονομία διαδραματίζει αναμφίβολα σημαντικό ρόλο στην επίτευξη συγκεκριμένων λειτουργικών στόχων ενώ ταυτόχρονα αποτελεί και έναν ισχυρό προγνωστικό παράγοντα για την αυτοϋπηρετηση, την καθημερινή κινητικότητα και την κοινωνική λειτουργικότητα.

Συνοψίζοντας, λοιπόν, θα λέγαμε ότι η μελέτη της αδρής κίνησης και των μεταβολών της έχει συντελέσει σε μεγάλο βαθμό στην κατανόηση της συνολικότερης κινητικής κατάστασης των παιδιών με ΕΠ και έχει συνεισφέρει σημαντικά σε τομείς, όπως είναι ο χρόνος και ο τρόπος με τον οποίο τα παιδιά κατακτούν συγκεκριμένες κινητικές δεξιότητες, η βαρύτητα της βλάβης σε λειτουργικό πλέον επίπεδο, η πρόγνωση της κινητικής τους εξέλιξης, ο βαθμός λειτουργικής ανεξαρτησίας στον οποίο μπορούν να φτάσουν από μόνα τους και, κατά συνέπεια, ο προσδιορισμός του δικού μας ιδανικού βαθμού προσαρμοστικής παρέμβασης και, τέλος, ο καθορισμός των πραγματικών θεραπευτικών στόχων.

3.4 Ερευνητικός σκοπός

Με βάση τα παραπάνω, σκοπός λοιπόν της παρούσας μελέτης είναι η καταγραφή των μεταβολών του παθητικού εύρους κίνησης των αρθρώσεων των κάτω άκρων, των κινηματικών και χωροχρονικών χαρακτηριστικών της βάδισης καθώς και της αδρής κίνησης παιδιών με ΕΠ, επιπέδου I και II κατά GMFCS, κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης της βάδισής τους. Μέσω της καταγραφής αυτής θα γίνει μια προσπάθεια διερεύνησης του κατά πόσο η έναρξη βάδισης με ένα «μη φυσιολογικό» πρότυπο επηρεάζει το παθητικό εύρος κίνησης των αρθρώσεων των κάτω άκρων και κατ' επέκταση συμβάλλει στη δημιουργία ή στην επιδείνωση των μυοσκελετικών παραμορφώσεων, καθώς και μια προσπάθεια προσδιορισμού των δυναμικών μεταβολών στην κίνηση των αρθρώσεων που συντελούνται κατά τα αρχικά στάδια ανάπτυξης της βάδισης και που χαρακτηρίζουν τη διαδικασία ωρίμασης της βάδισης των παιδιών με ΕΠ. Επίσης, η παρούσα μελέτη επιχειρεί να διερευνήσει την επίδραση της έναρξης της ανεξάρτητης βάδισης στην ανάπτυξη της αδρής κίνησης των παιδιών με ΕΠ και κατ' επέκταση στη συνολική τους λειτουργικότητα και ανεξαρτησία. Πιο συγκεκριμένα οι ερευνητικές υποθέσεις είναι οι ακόλουθες:

Υπόθεση 1. Σε ότι αφορά το παθητικό εύρος κίνησης, υποθέτουμε ότι καταγραφή μιας σημαντικής ελάττωσης του κατά τους πρώτους 8 μήνες ανάπτυξης της αυτόνομης βάδισης, υποδηλώνει την αρνητική επίδραση της έναρξης βάδισης με ένα «μη φυσιολογικό» πρότυπο στην ανάπτυξη του παθητικού εύρους κίνησης και την επικείμενη δημιουργία μυοσκελετικών παραμορφώσεων στις αρθρώσεις των κάτω άκρων.

Υπόθεση 2. Υποθέτουμε ότι καταγραφή μιας σημαντικής αύξησης των τιμών των χωροχρονικών χαρακτηριστικών της βάδισης (ταχύτητα βάδισης, διάρκεια μονοποδικής στήριξης, μήκος βήματος και μήκος διασκελισμού) κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης της ανεξάρτητης βάδισης υποδηλώνει την θετική επίδραση της έναρξης βάδισης στην δυναμική ισορροπία και την αποτελεσματικότητα της βάδισης.

Υπόθεση 3. Υποθέτουμε ότι καταγραφή μιας σημαντικής βελτίωσης στην αδρή κίνηση κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης της ανεξάρτητης βάδισης καταδεικνύει το λειτουργικό όφελος που μπορούν να αποκομίσουν τα παιδιά με ΕΠ από την έγκαιρη έναρξη βάδισης.

Υπόθεση 4. Τέλος, υποθέτουμε ότι ο τρόπος μεταβολής των κινηματικών χαρακτηριστικών της βάδισης, κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης της, αποτελεί ενδεικτικό στοιχείο που συντελεί σημαντικά στην περιγραφή της διαδικασίας ωρίμασης της βάδισης των παιδιών με ΕΠ.

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

4. ΜΕΘΟΔΟΣ

4.1 Συμμετέχοντες

Στη μελέτη συμμετείχαν 16 παιδιά ηλικίας 17 έως 44 μηνών (Μ: 28,9 / SD: 8,7), 9 αγόρια και 7 κορίτσια, με διάγνωση Εγκεφαλικής Παράλυσης - Σπαστικής Διπληγίας από παιδίατρο - παιδονευρολόγο και με απαραίτητα συνοδά απεικονιστικά ευρήματα στη μαγνητική τομογραφία (MRI) που να δικαιολογούν την κλινική εικόνα. Δώδεκα από τα παιδιά είχαν λειτουργικό επίπεδο I και 4 επίπεδο II σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση κατά GMFCS (Palisano et al, 2010) και όλα είχαν ξεκινήσει την ανεξάρτητη βάδιση μέσα στους προηγούμενους 2 μήνες, όντας πλέον ικανά να διανύσουν βαδίζοντας και χωρίς να πέσουν απόσταση 5 μέτρων κατ' ελάχιστον. Ως ηλικία έναρξης βάδισης ορίστηκε η χρονική περίοδος κατά την οποία το κάθε παιδί ήταν ικανό να πραγματοποιήσει τουλάχιστον 5 συνεχόμενα βήματα χωρίς να πέσει.

Επιπλέον, στη μελέτη συμμετείχαν, ως ομάδα ελέγχου, 16 παιδιά ΤΑ, ηλικίας 11 έως 18 μηνών (Μ: 13,4 / SD: 2,2), 10 αγόρια και 6 κορίτσια, τα οποία είχαν ξεκινήσει την ανεξάρτητη βάδιση μέσα στους προηγούμενους 2 μήνες και ήταν ικανά να βαδίσουν ανεξάρτητα και χωρίς να πέσουν απόσταση 5 μέτρων. Αναλυτικά τα στοιχεία όλων των παιδιών εμφανίζονται στον πίνακα 4.1. Πρέπει να αναφερθεί ότι στην ανάλυση βάδισης, λόγω οικονομικών περιορισμών, συμμετείχαν μόνο έξι από τα παιδιά ΤΑ, 5 αγόρια και 1 κορίτσι, ηλικίας 11 έως 18 μηνών (Μ: 14,7 / SD: 3,2) (πίνακας 4.2). Επιπλέον, η αξιολόγηση της αδρής κίνησης πραγματοποιήθηκε μόνο στα παιδιά με ΕΠ και όχι στην ομάδα ελέγχου.

Η συλλογή των συμμετεχόντων, όσον αφορά στα παιδιά με ΕΠ, πραγματοποιήθηκε αποκλειστικά κατόπιν εξέτασης στα εξωτερικά ή τακτικά ιατρεία του Πανεπιστημιακού Γενικού Νοσοκομείου της Λάρισας ή της Α' Παιδιατρικής κλινικής του Πανεπιστημίου Αθηνών στο Νοσοκομείο Παίδων «Η Αγία Σοφία» κατά το χρονικό διάστημα από τον Μάιο του 2010 έως τον Ιούλιο του 2015. Όλοι οι συμμετέχοντες και οι γονείς τους είχαν πληροφορηθεί ότι η συμμετοχή τους είναι εθελοντική και απολύτως προαιρετική με τη δυνατότητα να αποχωρήσουν οποιαδήποτε στιγμή επιθυμούν χωρίς αυτό να επηρεάσει την καθιερωμένη ιατρική τους φροντίδα. Οι γονείς των παιδιών που συμμετείχαν στη διαδικασία των μετρήσεων έδωσαν γραπτώς τη συγκατάθεσή τους αφού προηγουμένως τους είχαν αποσαφηνιστεί όλες οι λεπτομέρειες για τη διαδικασία των μετρήσεων και τη χρήση αυτών.

Πίνακας 4.1. Δημογραφικά και σωματομετρικά στοιχεία των παιδιών του δείγματος (n=16)

	1 ^η Μέτρηση		2 ^η Μέτρηση	
	ΕΠ	ΤΑ	ΕΠ	ΤΑ
Αριθμός παιδιών (Μ)	16	16	16	16
Φύλο (Α:Θ)	9:7	10:6	9:7	10:6
GMFCS	12:1 / 4:Π		12:1 / 4:Π	
Ηλικία (μήνες)	28,9 (SD:8,7)	13,4 (SD:2,2)	36,9 (SD:8,7)	21,4 (SD:2,2)
Ύψος (cm)	857 (SD:44,2)	795 (SD:23,1)	921 (SD:40,2)	887 (SD:36,5)
Μήκος σκέλους (cm)	398 (SD:32,7)	354 (SD:16,9)	435 (SD:32)	405 (SD:23,6)
Βάρος (Kgr)	11 (SD:1,2)	10,4 (SD:0,7)	12,6 (SD:1,5)	11,1 (SD:0,9)
Φυσικοθεραπεία (συνεδρίες/εβδομάδα)	1,9 (SD:0,7)		1,87 (SD:0,5)	
Εργοθεραπεία (συνεδρίες/εβδομάδα)	0,6 (SD:0,7)		0,7 (SD:0,6)	

Οι τιμές που αναγράφονται αφορούν στους μέσους όρους μαζί με την τυπική απόκλιση (SD) για την ηλικία, το ύψος, το μήκος σκέλους, το βάρος, τον αριθμό των συνεδριών φυσικοθεραπείας και εργοθεραπείας κατά την πρώτη και τη δεύτερη μέτρηση / GMFCS: Gross Motor Function Classification System

Πίνακας 4.2. Δημογραφικά και σωματομετρικά στοιχεία των παιδιών ΤΑ (n=6) του δείγματος που συμμετείχαν στην ανάλυση βάρδισης.

	1 ^η Μέτρηση	2 ^η Μέτρηση
	ΤΑ	ΤΑ
Αριθμός παιδιών (Μ)	6	6
Φύλο (Α:Θ)	5:1	5:1
GMFCS		
Ηλικία (μήνες)	14,7 (SD:3,2)	22,7 (SD:3,2)
Ύψος (cm)	795 (SD:31,4)	873 (SD:40,9)
Μήκος σκέλους (cm)	343 (SD:22,3)	400 (SD:36,3)
Βάρος (Kgr)	10,25 (SD:0,9)	12,2 (SD:1,3)

Οι τιμές που αναγράφονται στον πίνακα αφορούν στους μέσους όρους μαζί με την τυπική απόκλιση (SD) για την ηλικία, το ύψος, το μήκος σκέλους και το βάρος κατά την πρώτη και τη δεύτερη μέτρηση / GMFCS: Gross Motor Function Classification System

Από την μελέτη εξαιρέθηκαν:

- Παιδιά τα οποία είχαν υποβληθεί σε οποιαδήποτε ορθοπεδική παρέμβαση που μπορεί να είχε επηρεάσει τις κινητικές τους λειτουργίες και το εύρος κίνησης των αρθρώσεων τους ή παιδιά για τα οποία είχε προγραμματιστεί να πραγματοποιηθεί κάποια ορθοπεδική παρέμβαση μέσα στους επόμενους 8 μήνες.

- Παιδιά τα οποία είχαν υποβληθεί σε έγχυση αλλαντικής τοξίνης ή ήταν προγραμματισμένη αυτή να πραγματοποιηθεί μέσα στους επόμενους 8 μήνες.
- Παιδιά στα οποία γινόταν χορήγηση μυοχαλαρωτικών φαρμάκων σε οποιασδήποτε μορφή.
- Παιδιά με παρεγκεφαλιδική βλάβη η οποία επηρέαζε την ισορροπία τους κατά τη βάδιση
- Παιδιά με σοβαρού βαθμού νοητική υστέρηση
- Παιδιά των οποίων η οικογένεια παρουσίαζε οποιαδήποτε δυσκολία να συμπληρώσει συγκεκριμένα ερωτηματολόγια ή διαφωνούσε με τη διαδικασία της μελέτης και τη συμμετοχή σε αυτήν.

4.2 Πειραματική Διαδικασία

Η συνολική πειραματική διαδικασία καθώς και η εγκυρότητα και ασφάλεια όλων των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν έχει εγκριθεί από το Επιστημονικό Συμβούλιο του Πανεπιστημιακού Νοσοκομείου Λάρισας.

Κάθε παιδί, συνοδευόμενο από έναν τουλάχιστον γονέα/κηδεμόνα του, επισκέφτηκε το Εργαστήριο Ανάλυση Βάδισης της Ελληνικής Εταιρίας Προστασία και Αποκατάστασης Αναπήρων Προσώπων (ΕΛΕΠΑΠ) Αθηνών, όπου και έλαβαν χώρα όλες οι μετρήσεις, 2 φορές κατά τη διάρκεια της μελέτης και για χρονικό διάστημα διάρκειας μίας ώρας την κάθε φορά. Η πρώτη μέτρηση ήταν προγραμματισμένη να πραγματοποιείται κατά τη χρονική στιγμή που το κάθε παιδί είχε ξεκινήσει την αυτόνομη βάδιση και ήταν ικανό να βαδίζει ανεξάρτητο 5 μέτρα και η δεύτερη μέτρηση 8 μήνες αργότερα.

Για κάθε παιδί που μετείχε στην ερευνητική μελέτη συμπληρώθηκε, με τη βοήθεια των γονέων του, ένα ερωτηματολόγιο στο οποίο καταγράφονταν όλα τα προσωπικά του στοιχεία, οι σωματομετρικές παράμετροι ύψος, βάρος και μήκος σκέλους (πίνακας 4.1) καθώς επίσης η συχνότητα και το είδος των θεραπευτικών παρεμβάσεων που δεχόταν κατά το διάστημα συμμετοχής του στην μελέτη.

4.2.1 Παθητικό Εύρος Κίνησης

Κάθε παιδί υποβλήθηκε σε κλινική εξέταση κατά την οποία έγινε καταγραφή του παθητικού εύρους κίνησης των αρθρώσεων της ποδοκνημικής, του γόνατος και του ισχίου και των δύο κάτω άκρων (n=32) με τη μέθοδο της γωνιομέτρησης.

Η επιλογή των αρθρώσεων των οποίων θα καταγραφεί το εύρος καθώς και η επιλογή της κίνησης κάθε άρθρωσης που θα αξιολογηθεί έγινε με βάση τη συχνότητα με την οποία αυτές εμφανίζουν περιορισμό στον γενικό πληθυσμό των παιδιών με ΕΠ. Σε ότι αφορά τα κάτω άκρα, η απαγωγή του ισχίου, η έξω στροφή του ισχίου, η έκταση του γόνατος, η ιγνυακή γωνία και η ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής είναι οι κινήσεις που εμφανίζουν συχνότερα μειωμένο εύρος στα παιδιά με ΕΠ και κατ' επέκταση συμβάλουν σημαντικά στο λειτουργικό περιορισμό της βάδισής τους (Darragh et al, 2014).

Επομένως, για τις ανάγκες της μελέτης καταγράφηκε το παθητικό εύρος κίνησης των προαναφερόμενων αρθρώσεων ως ακολούθως: Ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής άρθρωσης με το γόνατο σε πλήρη έκταση, έκταση γόνατος με το ισχίο σε ουδέτερη θέση, ιγνυακή γωνία με το ισχίο σε 90° κάμψη, απαγωγή ισχίου με το γόνατο σε πλήρη έκταση, έξω στροφή ισχίου με το γόνατο σε 90° κάμψη.

Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με το παιδί τοποθετημένο σε ύπτια θέση εκτός από τις μετρήσεις των στροφών του ισχίου που πραγματοποιήθηκαν με το παιδί σε πρηνή θέση. Η ιγνυακή γωνία μετρήθηκε σε ύπτια θέση με το ισχίο του εξεταζόμενου μέλους σε 90° κάμψη και οι τιμές που καταγράφηκαν αναφέρονται στη γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του άξονα του μηριαίου οστού και του άξονα της κνήμης στη θέση της μέγιστης έκτασης του γόνατος. Στην ομάδα ελέγχου ακολουθήθηκε ακριβώς η ίδια διαδικασία στις εγκαταστάσεις του εργαστηρίου Ανάλυσης Βάδισης της ΕΛΕΠΑΠ Αθηνών.

Αναλυτικότερα, για τη μέτρηση του εύρους κίνησης της ραχιαίας κάμψης της ποδοκνημικής ο άξονας στροφής του γωνιόμετρου τοποθετήθηκε στο έξω σφυρό με τον σταθερό βραχίονα να είναι παράλληλος με τον άξονα της κνήμης και τον κινητό βραχίονα να ακολουθεί το 5° μετατάρσιο. Ως αρχική θέση ορίστηκε το σημείο στο οποίο ο επιμήκης άξονας του άκρου πόδα και ο αντίστοιχος της κνήμης σχημάτιζαν γωνία 90°. Για τη μέτρηση του εύρους κίνησης του γόνατος και της ιγνυακής γωνίας το γωνιόμετρο τοποθετήθηκε στη εξωτερική επιφάνεια του γόνατος με τον άξονα στροφής του στην αρθρική σχισμή του γόνατος, τον σταθερό βραχίονα παράλληλο με τον επιμήκη άξονα του μηριαίου οστού και τον κινητό βραχίονα παράλληλο με τον επιμήκη άξονα της κνήμης. Για τη μέτρηση του εύρους κίνησης της απαγωγής του ισχίου ο άξονας στροφής του γωνιόμετρου τοποθετήθηκε πάνω από τη πρόσθια άνω λαγόνια άκανθα, ο σταθερός βραχίονας επάνω στη νοητή γραμμή που ενώνει τις δυο άνω πρόσθιες λαγόνιες άκανθες και ο κινητός βραχίονας παράλληλος με τον επιμήκη άξονα του μηριαίου οστού. Ως σημείο μηδέν ορίστηκε το σημείο στο οποίο οι δυο βραχίονες σχηματίζουν γωνία 90°. Για την έξω στροφή του ισχίου ο

άξονας στροφής του γωνιομέτρου τοποθετήθηκε κάθετα στον επιμήκη άξονα του μηριαίου οστού στο μέρος της επιγονατίδας, ο σταθερός βραχίονας παράλληλος με τον επιμήκη άξονα της κνήμης και ο κινητός βραχίονας να ακολουθεί την κίνηση της κνήμης.

Η ίδια διαδικασία κάτω από τις ίδιες ακριβώς συνθήκες και στα ίδια παιδιά, πραγματοποιήθηκε μετά την πάροδο 8 μηνών από την πρώτη μέτρηση για κάθε παιδί. Στις δεύτερες μετρήσεις καταγράφηκαν τα παθητικά εύρη κίνησης των ίδιων αρθρώσεων. Όλες οι μετρήσεις έγιναν από δυο διαφορετικούς παιδιατρικούς φυσικοθεραπευτές με επαγγελματική εμπειρία μεγαλύτερη των 10 ετών, 2 φορές για κάθε άρθρωση και υπολογίστηκε ο μέσος όρος. Οι αξιολογητές δεν γνώριζαν το περιεχόμενο και τον σκοπό των μετρήσεων καθώς και σε ποια φάση την βάρδισης βρισκόταν το κάθε παιδί. Ο κύριος ερευνητής της μελέτης δεν πραγματοποίησε καμία μέτρηση και ήταν υπεύθυνος για τον συντονισμό της όλης πειραματική διαδικασίας και τη συνοχή της τεχνικής μέτρησης. Επιπλέον, σε αυτή τη μελέτη καταγράφηκε και η διαβαθμολογική αξιοπιστία των γωνιομετρήσεων.

4.2.2 Ανάλυσης βάρδισης

Η βάρδιση και των 22 παιδιών που έλαβαν μέρος στη διαδικασία της μέτρησης (πίνακες 4.1 και 4.2) καταγράφηκε με τη βοήθεια του τρισδιάστατου συστήματος ανάλυσης βάρδισης Vicon Nexus V.1.7 Motion Analysis System (Oxford Metrics, UK) το οποίο περιλαμβάνει 6 υπέρυθρες κάμερες στα 100 Hz και 2 ψηφιακές κάμερες στα 50 Hz. Τοποθετήθηκαν αυτοκόλλητοι σφαιρικοί δείκτες (markers) σε συγκεκριμένα ανατομικά σημεία των κάτω άκρων (lower body) και της λεκάνης σύμφωνα με το κινηματικό μοντέλο Plug-in-Gait. Οι κινηματικές καμπύλες υπολογίστηκαν με την χρήση του λογισμικού Vicon Polygon 3.5. Στη συνέχεια τα χωροχρονικά και κινηματικά δεδομένα αποθηκεύτηκαν με την μορφή EXCEL και ακολούθως φορτώθηκαν σε βάση δεδομένων DSD BIODIN database, με την οποία πραγματοποιήθηκαν οι ομαδοποιήσεις των δεδομένων και η εξαγωγή τους για την τελική τους στατιστική επεξεργασία με το λογισμικό SPSS Statistics 19.

Δεκαέξι αυτοκόλλητοι σφαιρικοί δείκτες (markers) τοποθετήθηκαν στο δέρμα πάνω από τα ακόλουθα ανατομικά σημεία του σώματος του κάθε παιδιού: στην πρόσθια άνω λαγόνια άκανθα, στην οπίσθια άνω λαγόνια άκανθα, στη μεσότητα του έξω τμήματος του μηρού στην ευθεία που περνάει το μεσάρθριο διάστημα του γόνατος και το έξω σφηρό, στον έξω επικόνδυλο, στη μεσότητα του εξωτερικού τμήματος της κνήμης στην ευθεία που περνάει το μεσάρθριο διάστημα

του γόνατος και το έξω σφηρό, στο έξω σφυρό, στην πτέρνα σε ύψος ίσο με το αντίστοιχο δείκτη του μεταταρσίου και μεταξύ 2^{ου} και 3^{ου} μετατάρσιου οστού στο ύψος των κεφαλών.

Κάθε παιδί περπάτησε με γυμνό πόδι και σε ταχύτητα της επιλογής του απόσταση 10 μέτρων χωρίς να στηρίζεται, χωρίς να πέφτει και προσπαθώντας να μην αλλάζει κατεύθυνση. Προσπάθειες κατά τις οποίες το παιδί δεν κατάφερε να ολοκληρώσει την διαδικασία είτε λόγω πτώσης είτε επειδή σταματούσε τη βάδιση δεν υπολογίζονταν ως έγκυρες. Κάθε προσπάθεια γινόταν με τη συνεργασία του ενός τουλάχιστον γονέα καθώς το παιδί περπατούσε από ή προς αυτόν.

Τρισδιάστατα κινηματικά χαρακτηριστικά για την κίνηση των αρθρώσεων του ισχίου, του γόνατος και της ποδοκνημικής καταγράφηκαν σε μετωπιαίο, οβελιαίο και εγκάρσιο επίπεδο καθώς και τα χωροχρονικά χαρακτηριστικά ταχύτητα βάδισης, ρυθμός βάδισης, μήκος διασκελισμού, μήκος βήματος και διάρκεια μονοποδικής στηριξης.

4.2.3 Αδρή κίνηση

Η αξιολόγηση και καταγραφή της αδρής κίνησης του κάθε παιδιού με ΕΠ πραγματοποιήθηκε με τη χρήση της αξιολογητικής κλίμακας Gross Motor Function Measurement (GMFM) (Russel et al, 2002). Η κλίμακα GMFM αποτελεί ένα τυποποιημένο, σταθμισμένο και ιδιαίτερα αξιόπιστο αξιολογητικό εργαλείο μέτρησης των μεταβολών της αδρής κίνησης σε παιδιά με ΕΠ. Κάθε παιδί αξιολογήθηκε σε 88 δοκιμασίες χωρισμένες σε 5 διαφορετικές υποκατηγορίες (dimensions) της αδρής κίνησης: οριζόντια θέση και ρολάρισμα (lying and rolling), καθιστή θέση (sitting), μπουσούλημα και θέση στα γόνατα (crawling and kneeling), όρθια θέση (standing) και βάδιση, τρέξιμο, άλμα (walking, running, jumping). Κάθε δοκιμασία βαθμολογείται με μια τακτική κλίμακα 4 σημείων έτσι ώστε καταγράφεται μια τελική βαθμολογία για κάθε υποκατηγορία και το άθροισμα διαιρείται με τον αριθμό του συνόλου των υποκατηγοριών έτσι ώστε εξάγεται μια τελική βαθμολογία για κάθε παιδί η οποία εκφράζεται ποσοστιαία επί τις εκατό.

4.3 Αξιολογητικά εργαλεία

4.3.1 Γωνιομέτρηση

Η γωνιομέτρηση αποτελεί την πιο συχνή κλινική μέθοδο αξιολόγησης και καταγραφής του εύρους κίνησης των αρθρώσεων σε παιδιά με ΕΠ, η οποία παραδοσιακά χρησιμοποιείται ως ένα

διαγνωστικό και προγνωστικό εργαλείο καθώς και ως κριτήριο ιατρικής παρέμβασης όπως και αξιολόγησης του αποτελέσματός της (Kim et al, 2011). Η ακρίβεια και η αξιοπιστία της έχει μελετηθεί ενδελεχώς από πολλούς ερευνητές αλλά δυστυχώς η χρήση διαφορετικών δειγμάτων, μεθόδων και αναλύσεων έχει ως αποτέλεσμα την ύπαρξη δυσκολίας στη διεξαγωγή κοινών συμπερασμάτων.

Υπάρχουν αρκετές έρευνες οι οποίες αναφέρουν σημαντικά υψηλή ενδοβαθμολογική (intra-rater) και διαβαθμολογική (inter-rater) αξιοπιστία (Darrah et al, 2014) με συντελεστή συσχέτισης (ICC) μεταξύ 0.97 και 0,95 για διαφορετικές αρθρώσεις των κάτω άκρων (Glanzman et al, 2008; Mutlu et al, 2007), οι οποίες όμως τονίζουν τη σημασία της υιοθέτησης απλών πρωτοκόλλων αξιολόγησης (Alligton et al 2002). Επιπλέον, συχνά αναφέρεται ότι η εγκυρότητα αυξάνεται σημαντικά αν οι αξιολογητές είναι περισσότεροι των δύο. Ωστόσο, οφείλουμε να αναφέρουμε την ύπαρξη και αρκετών ερευνών οι οποίες αναφέρουν πως η γωνιομέτρηση, ως μέθοδος αξιολόγησης του παθητικού εύρους κίνησης, θα πρέπει να αντιμετωπίζεται με επιφυλακτικότητα (Martin & McPoil, 2005) δεδομένου ότι συχνά καταγράφονται αρκετά υψηλά ποσοστά λάθους, τα οποία επιπλέον αυξάνονται όταν οι μετρήσεις πραγματοποιούνται από διαφορετικούς αξιολογητές και σε διαφορετικές συνεδρίες (Kilgour et al, 2003;; McDowell et al, 2000). Ποσοστά λάθους τα οποία ενδέχεται να πλησιάζουν και τις 28 μοίρες για μεγάλες αρθρώσεις όπως το ισχίο ενώ ακόμα μεγαλύτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται στην αξιολόγηση διάρθριων μυών σε ασθενείς με διαταραχές του μυϊκού τόνου (McDowell et al, 2000).

4.3.2 Μέτρηση της Αδρής Κινητικής Λειτουργίας

Η κλίμακα αξιολόγησης της αδρής κινητικότητας GMFM (Gross Motor Function Measurement) δημιουργήθηκε και σταθμίστηκε για καθαρά αξιολογητικό σκοπό σε παιδιά με ΕΠ και, ως εκ τούτου, δε θα πρέπει να χρησιμοποιείται διαφορετικά. Δεν αναφέρονται ηλικιακά όρια στη χρήση της αλλά όλες οι δοκιμασίες που περιλαμβάνει μπορούν, συνήθως, να πραγματοποιηθούν από ένα πεντάχρονο παιδί ΓΑ. Επομένως η χρησιμότητα της GMFM σε μεγαλύτερα παιδιά εξαρτάται από τις σχετικές ικανότητες ή δυσκολίες τους. Η αξιολογητική διαδικασία περιλαμβάνει 88 δοκιμασίες χωρισμένες σε 5 διαφορετικές υποκατηγορίες (dimensions) της αδρής κίνησης: οριζόντια θέση και ρολάρισμα (lying and rolling), καθιστή θέση (sitting), μπουσούλημα και θέση στα γόνατα (crawling and kneeling), όρθια θέση (standing) και βάδιση, τρέξιμο, άλμα (walking, running, jumping). Κάθε δοκιμασία βαθμολογείται με μια τακτική κλίμακα 4 σημείων (0=δεν ξεκινάει τη δραστηριότητα,

1=ξεκινάει μόνο τη δραστηριότητα, 2=ολοκληρώνει μερικώς τη δραστηριότητα και 3=ολοκληρώνει πλήρως τη δραστηριότητα). Η GMFM, στην προσπάθεια να μετατραπεί σε μια ακόμα πιο εύχρηστη και αξιόπιστη κλίμακα μέτρησης της αδρής κίνησης παιδιών με ΕΠ, υποβλήθηκε σε ανάλυση “Rasch” (Avery et al, 2003), προκειμένου να προκύψει η GMFM-66, η οποία αποτελείται από 66 δοκιμασίες, είναι πιο εύχρηστη στην κλινική πράξη και πιο αξιόπιστη ερευνητικά (Russel et al, 2002). Για τη χρήση της GMFM-66 είναι απαραίτητη και η χρήση του λογισμικού προγράμματος Gross Motor Ability Estimator (GMAE), το οποίο μετατρέπει τη βαθμολογία του κάθε παιδιού από τακτική κλίμακα σε αριθμητική (διαστημική) από 0 έως 100. Υψηλότερη βαθμολογία υποδεικνύει μεγαλύτερη κινητική ικανότητα.

Σε ότι αφορά την αξιοπιστία της κλίμακας, είναι χαρακτηριστικό ότι όλες οι μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί έχουν δείξει ιδιαίτερα υψηλή σταθερότητα και αξιοπιστία σε βάθος χρόνου, ιδιαίτερα της GMFM-66 (Ko & Kim, 2013; Brunton & Bartlett, 2011; Russel et al, 2000), με ICC από 0,95 έως 0,99. Η μεγάλη αξιοπιστία έγκειται κυρίως στο γεγονός πως όλες οι δοκιμασίες βασίζονται σε ποσοτικά χαρακτηριστικά της αδρής κίνησης και όχι σε ποιοτικά, γεγονός το οποίο αυξάνει την αντικειμενικότητα της κλίμακας ανάμεσα στους εξεταστές.

4.4 Στατιστική ανάλυση

Για τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων και τον προσδιορισμό της στατιστικής σημαντικότητας των διαφορών τόσο μεταξύ των πρώτων και δεύτερων μετρήσεων στα ίδια παιδιά όσο και μεταξύ των παιδιών με ΕΠ και των παιδιών ΤΑ χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό λογισμικό πρόγραμμα IBM® SPSS® Statistics 19. Πιο συγκεκριμένα για τον έλεγχο κανονικότητας του δείγματος χρησιμοποιήθηκε το κριτήριο Kolmogorov-Smirnov (K-S). Στις περιπτώσεις όπου η προϋπόθεση της κανονικότητας έγινε αποδεκτή χρησιμοποιήθηκε το κριτήριο t για εξαρτημένα δείγματα για τη σύγκριση μεταξύ των δύο μετρήσεων (ίδιος πληθυσμός / 2 μετρήσεις) και το κριτήριο t για ανεξάρτητα δείγματα για τη σύγκριση μεταξύ παιδιών με ΕΠ και ΤΑ. Στις περιπτώσεις όπου η κανονικότητα δεν έγινε αποδεκτή χρησιμοποιήθηκαν τα μη παραμετρικά κριτήρια Wilcoxon και Mann Whitney για τα αντίστοιχα δείγματα. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο $\alpha = 0,05$.

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 Μεταβολές του παθητικού εύρους κίνησης

Η αξιολόγηση και η καταγραφή του παθητικού εύρους κίνησης των αρθρώσεων των κάτω άκρων τόσο στα παιδιά με ΕΠ όσο και στα παιδιά ΤΑ μάς έδωσε 2 τιμές για κάθε παιδί. Η πρώτη τιμή περιγράφει το παθητικό εύρος κίνησης της κάθε άρθρωσης κατά την πρώτη μέτρηση, η οποία έλαβε χώρα τη χρονική στιγμή της έναρξης της βάρδισης και η δεύτερη τιμή το εύρος κατά τη δεύτερη μέτρηση, η οποία πραγματοποιήθηκε 8 μήνες μετά την πρώτη. Οι 2 αυτές τιμές για κάθε άρθρωση και για καθένα από τα 2 κάτω άκρα των 32 παιδιών που συμμετείχαν στη μελέτη, καταγράφηκαν και υποβλήθηκαν στην κατάλληλη επεξεργασία προκειμένου να προκύψει ο μέσος όρος του παθητικού εύρους κίνησης της κάθε άρθρωσης τόσο κατά τη χρονική στιγμή της έναρξης της βάρδισης (μέτρηση πρώτη) όσο και 8 μήνες αργότερα (μέτρηση δεύτερη). Οι μέσοι όροι του παθητικού εύρους κίνησης για κάθε άρθρωση μαζί με τη διαφορά μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης καθώς και την τυπική απόκλιση και το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας παρουσιάζονται αναλυτικά στον πίνακα 5.1 για τα παιδιά με ΕΠ και στον πίνακα 5.2 για τα παιδιά ΤΑ. Οι στατιστικά σημαντικές μεταβολές εμφανίζονται με πιο έντονη γκρι σκιαγράφηση στους ίδιους πίνακες ($p < 0,05$).

Υψηλή διαβαθμολογική αξιοπιστία καταγράφηκε για τις περισσότερες μετρήσεις. Ο ενδοταξικός συντελεστής συσχέτισης (ICC) ήταν υψηλός ($>0,70$) για την απαγωγή ισχίου στα παιδιά με ΕΠ και ΤΑ, για την έξω στροφή ισχίου στα παιδιά με ΕΠ, για την ιγνυακή γωνία στα παιδιά με ΕΠ και για την ραχιαία κάμψη στα παιδιά με ΕΠ και ΤΑ. Μέτριος ICC ($0,50-0,70$) καταγράφηκε για την έκταση γόνατος στα παιδιά με ΕΠ και ΤΑ και για την έξω στροφή του ισχίου στα παιδιά ΤΑ. Ο ICC για την ιγνυακή γωνία των παιδιών ΤΑ αναφέρεται ως 1 καθώς οι 180° αποτελούν την τιμή αναφοράς για την πλήρη έκταση.

Στα ομαδοποιημένα αποτελέσματα της μελέτης φαίνεται ότι στα παιδιά με ΕΠ κατά τη δεύτερη μέτρηση μειώθηκε ελαφρώς το παθητικό εύρος της απαγωγής του ισχίου ($1,19^\circ \pm 3,7$), της υπερέκτασης του γόνατος ($0,19^\circ \pm 0,4$) (θετική τιμή για την έκταση του γόνατος υποδηλώνει υπερέκταση), της ιγνυακής γωνίας ($1,38^\circ \pm 4,3$) και της ραχιαίας κάμψης της ποδοκνημικής ($1,13^\circ \pm 3,4$) ενώ αντίθετα αυξήθηκε ελαφρώς το παθητικό εύρος κίνησης της έξω στροφής του ισχίου ($0,25^\circ \pm 3,8$). Αντίστοιχα στα παιδιά ΤΑ παρατηρήθηκε ελάττωση του παθητικού εύρους της απαγωγής ($0,25^\circ \pm 3,6$) και της υπερέκτασης του γόνατος ($0,13^\circ \pm 0,3$). Η ιγνυακή γωνία παρέμεινε σταθερή ενώ ελαττώθηκε ελαφρώς και η ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής ($1,06^\circ \pm 3,6$). Παρόμοια,

αυξήθηκε η έξω στροφή του ισχίου ($0,81^{\circ} \pm 0,9$). Στο σύνολο των μετρήσεων η μοναδική που εμφανίζει στατιστικά σημαντική διαφορά είναι η αύξηση της έξω στροφής στα παιδιά ΤΑ.

Πίνακας 5.1. Μέσοι όροι των τιμών του παθητικού εύρους της απαγωγής και έξω στροφής του ισχίου, της έκτασης του γόνατος, της ιγνυακής γωνίας και της ραχιαία κάμψης της ποδοκνημικής των παιδιών με ΕΠ κατά την πρώτη και τη δεύτερη μέτρηση και η διαφορά μεταξύ τους.

Παιδιά με ΕΠ						
	Μέτρηση 1	Μέτρηση 2	Διαφορά (Μέτρηση 2-Μέτρηση 1)	SD	Std. Error Mean	p
Απαγωγή ισχίου	44,19	43,00	-1,19	3,655	,914	,213
Έξω στροφή ισχίου	54,31	54,56	,25	3,751	,938	,793
Έκταση	1,75	1,56	-,19	,403	,101	,083
Ιγνυακή γωνία	171,56	170,19	-1,38	4,319	1,080	,222
Ραχιαία κάμψη ΠΔΚ	30,50	29,38	-1,13	3,364	,841	,201

Παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των τιμών, η τυπική απόκλιση (SD) και το τυπικό λάθος (Std. Error Mean). $p < 0,05$

Πίνακας 5.2. Μέσοι όροι των τιμών του παθητικού εύρους της απαγωγής και έξω στροφής του ισχίου, της έκτασης του γόνατος, της ιγνυακής γωνίας και της ραχιαία κάμψης της ποδοκνημικής των παιδιών με ΤΑ κατά την πρώτη και τη δεύτερη μέτρηση και η διαφορά μεταξύ τους.

Παιδιά με ΤΑ						
	Μέτρηση 1	Μέτρηση 2	Διαφορά (Μέτρηση 2-Μέτρηση 1)	SD	Std. Error Mean	p
Απαγωγή ισχίου	46,81	46,56	-,25	3,642	,911	,787
Έξω στροφή ισχίου	50,81	51,63	,81	,911	,228	,003
Έκταση γόνατος	,56	,44	-,13	,342	,085	,164
Ιγνυακή γωνία	180,00	180,00	0,00			
Ραχιαία κάμψη ΠΔΚ	33,06	32,00	-1,06	3,586	,897	,254

Παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των τιμών, η τυπική απόκλιση (SD) και το τυπικό λάθος (Std. Error Mean). $p < 0,05$

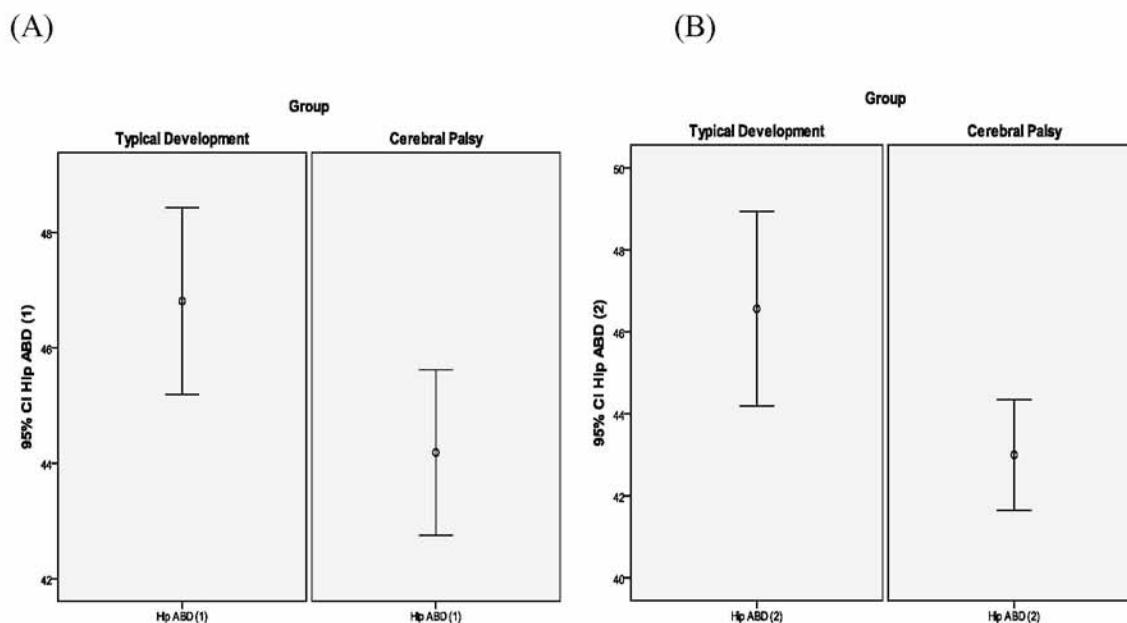
Από την ανάγνωση των αποτελεσμάτων προκύπτει ότι τόσο τα παιδιά με ΕΠ όσο και τα παιδιά ΤΑ εμφανίζουν μια μικρή τάση ελάττωσης του παθητικού εύρους κίνησης της απαγωγής του ισχίου, της υπερέκτασης του γόνατος, της ιγνυακής γωνίας και της ραχιαίας κάμψης της ποδοκνημικής. Εντούτοις, η στατιστική σημαντικότητα των παρατηρούμενων διαφορών είναι μικρή, οπότε και καλούμαστε να δεχτούμε ότι πιθανότατα οι διαφορές που παρατηρούνται το δείγμα μας δεν οφείλονται αποκλειστικά στην ανεξάρτητη παράμετρο της μελέτης μας που είναι η εξάσκηση της βάρδισης για το χρονικό διάστημα των 8 μηνών.

Σε αντίθεση με τη μεταβολή του παθητικού εύρους κίνησης μεταξύ των δυο μετρήσεων, ιδιαίτερα σημαντικές μοιάζει να είναι οι διαφορές στο παθητικό εύρος κίνησης μεταξύ παιδιών με ΕΠ και παιδιών ΤΑ τόσο κατά τη πρώτη όσο και κατά τη δεύτερη μέτρηση (πίνακας 5.3). Στον πίνακα 5.3 και στα γραφήματα 5.1 έως 5.5 φαίνεται χαρακτηριστικά το σημαντικά μειωμένο εύρος κίνησης που εμφανίζουν τα παιδιά με ΕΠ σε όλες τις αρθρώσεις που αξιολογήθηκαν και στις 2 μετρήσεις, με εξαίρεση τη μείωση της έξω στροφή του ισχίου που μοιάζει ότι είναι μεγαλύτερη στα παιδιά με ΕΠ. Η ιγνυακή γωνία παρουσιάζει, συγκριτικά με τις υπόλοιπες αρθρώσεις, παρουσιάζει μεγαλύτερες διαφορές μεταξύ παιδιών με ΕΠ και παιδιών ΤΑ.

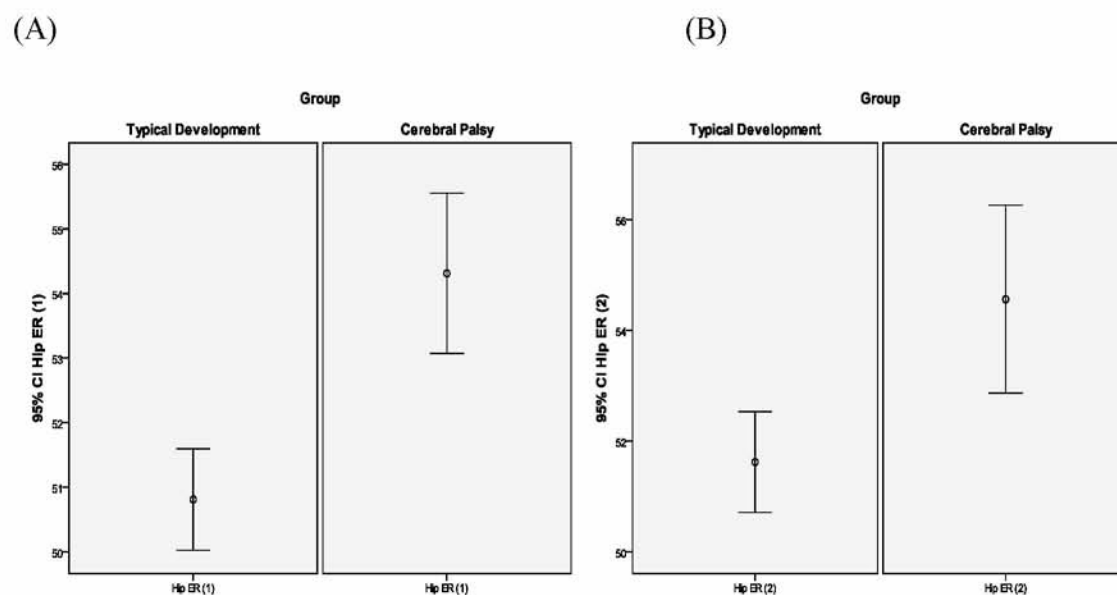
Πίνακας 5.3. Μέσοι όροι των τιμών του παθητικού εύρους κίνησης για την απαγωγή και έξω στροφή του ισχίου, την έκταση του γόνατος, την ιγνυακή γωνία και τη ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής ξεχωριστά για τα παιδιά ΤΑ και με ΕΠ.

	Παιδιά ΤΑ	Παιδιά με ΕΠ	Διαφορά	p
Απαγωγή ισχίου (1)	46,81	44,19	2,62	,015
Απαγωγή ισχίου (2)	46,56	43	3,56	,010
Έξω στροφή ισχίου (1)	50,81	54,31	-3,5	,000
Έξω στροφή ισχίου (2)	51,63	54,56	-2,93	,004
Έκταση γόνατος (1)	,56	1,75	-1,19	,001
Έκταση γόνατος (2)	,44	1,56	-1,12	,001
Ιγνυακή γωνία (1)	180	171,56	8,44	,000
Ιγνυακή γωνία (2)	180	170,19	9,81	,000
Ραχιαία κάμψη ΠΔΚ (1)	33,06	30,5	2,56	,029
Ραχιαία κάμψη ΠΔΚ (2)	32	29,38	2,62	,040

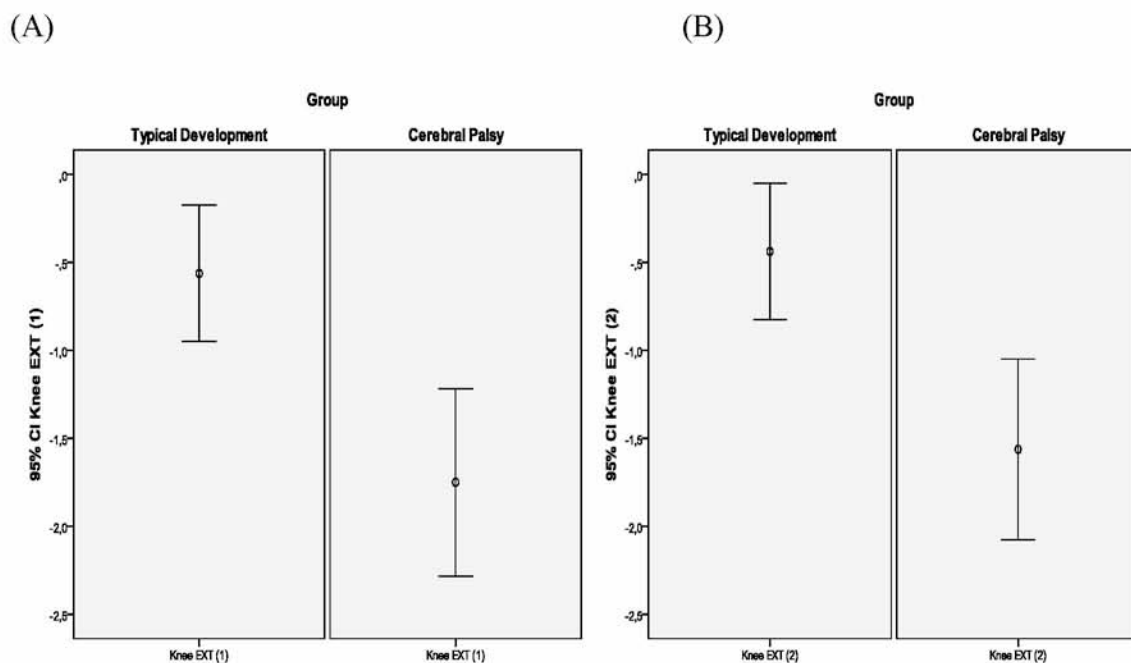
p<0,05



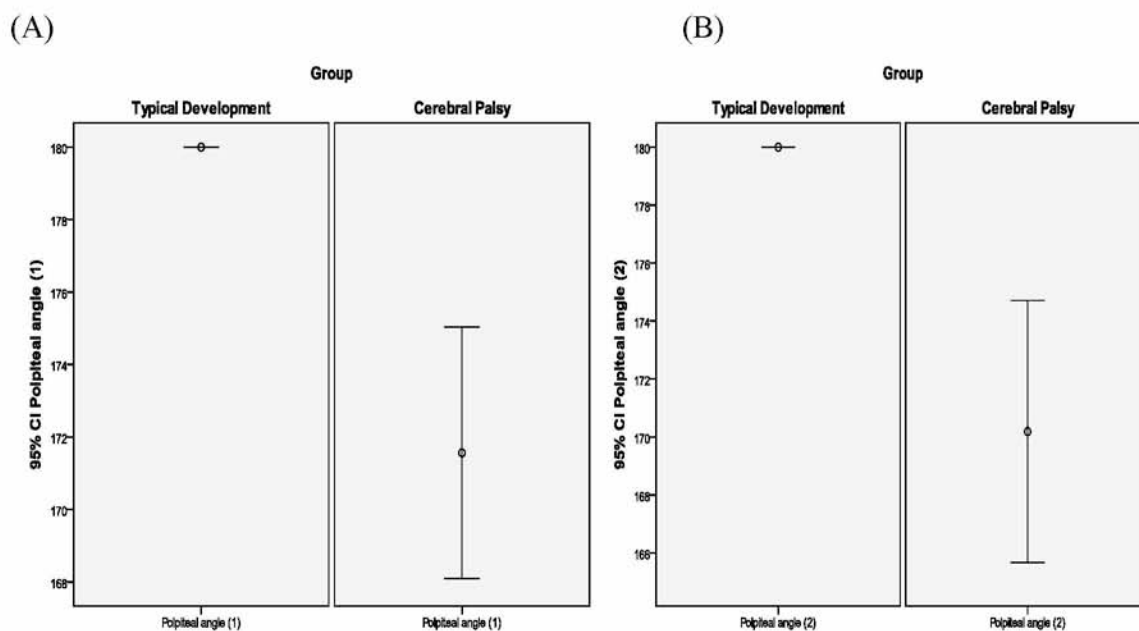
Γράφημα 5.1 Διάγραμμα σφάλματος για το παθητικό εύρος της απαγωγής του ισχίου για τα παιδιά με ΤΑ και ΕΠ στην πρώτη (Α) και δεύτερη (Β) μέτρηση. Διακρίνονται οι μεσοί όροι των τιμών και το διάστημα εμπιστοσύνης. $p < 0.05$



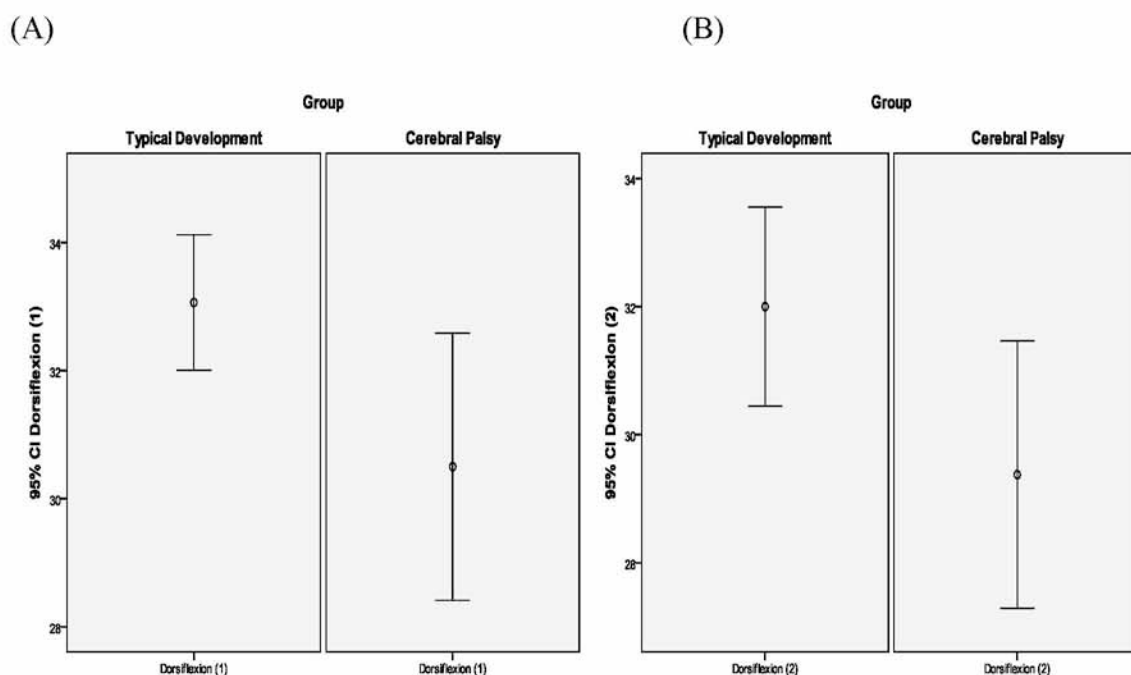
Γράφημα 5.2. Διάγραμμα σφάλματος για το παθητικό εύρος της έξω στροφής του ισχίου για τα παιδιά με ΤΑ και ΕΠ στην πρώτη (Α) και δεύτερη (Β) μέτρηση. Διακρίνονται οι μέσοι όροι των τιμών και το διάστημα εμπιστοσύνης, $p < 0,05$



Γράφημα 5.3 Διάγραμμα σφάλματος για το παθητικό εύρος της έκτασης - υπερέκτασης του γόνατος για τα παιδιά με ΤΑ και ΕΠ στην πρώτη (Α) και δεύτερη (Β) μέτρηση. Διακρίνονται οι μεσοί όροι των τιμών και το διάστημα εμπιστοσύνης. $p < 0.05$



Γράφημα 5.4 Διάγραμμα σφάλματος για το παθητικό εύρος της ιγνυακής γωνίας για τα παιδιά με ΤΑ και ΕΠ στην πρώτη (Α) και δεύτερη (Β) μέτρηση. Διακρίνονται οι μεσοί όροι των τιμών και το διάστημα εμπιστοσύνης. $p < 0.05$



Γράφημα 5.5 Διάγραμμα σφάλματος για το παθητικό εύρος της άρθρωσης της ποδοκνημικής για τα παιδιά με ΤΑ και ΕΠ στην πρώτη (Α) και δεύτερη (Β) μέτρηση. Διακρίνονται οι μεσοί όροι των τιμών και το διάστημα εμπιστοσύνης. $p < 0.05$

5.2 Μεταβολές των χωροχρονικών χαρακτηριστικών της βάρδισης

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται αναλυτικά οι μέσες τιμές των χωροχρονικών χαρακτηριστικών της βάρδισης των παιδιών με ΕΠ (πίνακας 5.4) και των παιδιών ΤΑ (πίνακας 5.5) την στιγμή που ξεκίνησαν να βαδίζουν ανεξάρτητα (μέτρηση 1) και 8 μήνες μετά την έναρξη της αυτόνομης βάρδισής τους (μέτρηση 2). Πιο συγκεκριμένα αναγράφονται οι μέσες τιμές για τις χωροχρονικές παραμέτρους ταχύτητα βάρδισης, ρυθμός βάρδισης, διάρκεια μονής στήριξης, μήκος βηματισμού και μήκος διασκελισμού. Επιπλέον, για κάθε χαρακτηριστικό αναγράφεται η λογιστική διαφορά μεταξύ δεύτερης και πρώτης μέτρησης που υποδηλώνει την τάση μεταβολής του κάθε χαρακτηριστικού, δηλαδή αν αυξήθηκε ή μειώθηκε, κατά την διάρκεια των 8 μηνών που τα παιδιά βάρδιζαν ανεξάρτητα. Τέλος εμφανίζεται το επίπεδο της στατιστικής σημαντικότητας για κάθε μεταβολή και τονίζονται με πιο σκούρο γκρι χρώμα οι πιο σημαντικές εξ αυτών ($p < 0,05$).

Πίνακας 5.4. Ομαδοποιημένοι οι μέσοι όροι των χωροχρονικών χαρακτηριστικών της βάρδισης (ταχύτητας βάρδισης, ρυθμός βάρδισης, διάρκεια μονοποδικής στήριξης, μήκος βηματισμού και του μήκος διασκελισμού) των παιδιών με ΕΠ. Η λογιστική διαφορά μεταξύ τους που υποδεικνύει την τάση της μεταβολής.

Παιδιά με ΕΠ							
	Μέτρηση 1	Μέτρηση 2	Διαφορά (Μέτρηση 2-Μέτρηση 1)	Τάση	SD	Std. Error Mean	p
Ταχύτητα βάρδισης (μ/δευτ)	,515	,720	,204	↑	,293	,0734	,014
Ρυθμός (βημ/λεπ)	149,708	148,538	-1,170	↓	52,755	13,188	,930
Διάρκεια μονής στήριξης (δευτ)	,283	,3262	,0425	↑	,0583	,014	,011
Μήκος βηματισμού (μ)	,186	,292	,106	↑	,080	,020	,000
Μήκος διασκελισμού (μ)	,382	,581	,198	↑	,151	,037	,000

Παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των τιμών, η τυπική απόκλιση (SD) και το τυπικό λάθος (Std. Error Mean). $p < 0,05$

Πίνακας 5.5. Ομαδοποιημένοι οι μέσοι όροι των χωροχρονικών χαρακτηριστικών της βάρδισης (ταχύτητας βάρδισης, ρυθμός βάρδισης, διάρκεια μονοποδικής στήριξης, μήκος βηματισμού και του μήκος διασκελισμού) των παιδιών ΤΑ. Η λογιστική διαφορά μεταξύ τους που υποδεικνύει την τάση της μεταβολής.

Παιδιά ΤΑ							
	Μέτρηση 1	Μέτρηση 2	Διαφορά. (Μέτρηση 2-Μέτρηση 1)	Τάση	SD	Std. Error Mean	p
Ταχύτητα βάρδισης (μ/δευτ)	,822	,821	-,001	↓	,449	,183	,997
Ρυθμός (βημ/λεπ)	194,848	165,745	-29,103	↓	52,731	21,527	,234
Διάρκεια μονής στήριξης (δευτ)	,2493	,298	,049	↑	,0895	,036	,236
Μήκος βηματισμού (μ)	,254	,283	,029	↑	,078	,031	,404
Μήκος διασκελισμού (μ)	,506	,584	,077	↑	,149	,060	,259

Παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των τιμών, η τυπική απόκλιση (SD) και το τυπικό λάθος (Std. Error Mean). $p < 0,05$

Επομένως, όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα, οι σημαντικές μεταβολές μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης στα παιδιά με ΕΠ παρατηρήθηκαν στην ταχύτητα βάρδισης, τη διάρκεια μονοποδικής στήριξης, το μήκος βηματισμού και το μήκος διασκελισμού των οποίων οι τιμές αυξήθηκαν σημαντικά μέσα στο διάστημα των 8 μηνών που τα παιδιά είχαν ξεκινήσει την ανεξάρτητη βάρδισης. Κατά συνέπεια, τα παιδιά με ΕΠ που συμμετείχαν στη μελέτη μας μετά από 8 μήνες ανεξάρτητης βάρδισης κατάφεραν να βαδίζουν πιο γρήγορα, με μεγαλύτερο βηματισμό και με αυξημένη διάρκεια στήριξης στο ένα πόδι. Ο ρυθμό βάρδισης, φαίνεται να μειώθηκε αλλά όχι σε επίπεδα στατιστικά σημαντικά. Υπάρχει λοιπόν μια σαφής και στατιστικά σημαντική ένδειξη ότι οι

8 μήνες που τα παιδιά με ΕΠ εξασκούσαν της ανεξάρτητη βάδιση είχαν σημαντική συνεισφορά στη βελτίωση δυναμικών χαρακτηριστικών της βάδισης – ταχύτητα βάδισης, διάρκεια μονοποδικής στήριξης, μήκος διασκελισμού και βηματισμού – χαρακτηριστικών άμεσα συνδεδεμένων με τη ισορροπία και την σταθερότητα κατά τη βάδιση.

Αντίστοιχα, στα παιδιά ΤΑ (πίνακας 5.5), οι διαφορές μεταξύ πρώτης και δεύτερη μέτρησης δεν εμφανίζουν στατιστικά τόσο σημαντικές διαφορές σε κανένα από τα χωροχρονικά χαρακτηριστικά της βάδισης. Εντούτοις, για κλινικούς και μόνο λόγους είναι σημαντικό να αναφερθεί ως απλή παρατήρηση ότι για τα παιδιά ΤΑ η ταχύτητα βάδισης παρέμεινε σχεδόν αμετάβλητη για το διάστημα των 8 μηνών, ενώ μικρή μείωση παρουσιάστηκε στον ρυθμό βάδισης και η διάρκεια μονοποδικής στήριξης. Το μήκος βηματισμού και το μήκος διασκελισμού αυξήθηκαν ελαφρώς.

Πίνακας 5.6. Μέσοι όροι των χωροχρονικών χαρακτηριστικών της βάδισης για τα παιδιά ΤΑ και για αυτά με ΕΠ.

	Παιδιά ΤΑ	Παιδιά με ΕΠ	Διαφορά	p
Ταχύτητα βάδισης (1)	,822	,515	,306	,035
Ταχύτητα βάδισης (2)	,821	,720	,101	,394
Ρυθμός (1)	194,848	149,708	45,140	,027
Ρυθμός (2)	165,745	148,538	17,207	,163
Διάρκεια μονής στήριξης (1)	,249	,283	-,034	,035
Διάρκεια μονής στήριξης (2)	,298	,326	-,027	,292
Μήκος βηματισμού (1)	,254	,186	,067	,110
Μήκος βηματισμού (2)	,283	,292	-,009	,776
Μήκος διασκελισμού (1)	,506	,382	,124	,126
Μήκος διασκελισμού (2)	,584	,581	,002	,967

p<0,05

Στο πίνακα 5.6 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των χωροχρονικών χαρακτηριστικών της βάδισης που καταγράφηκαν κατά την πρώτη μέτρηση [ένδειξη (1)] και κατά την δεύτερη μέτρηση [ένδειξη (2)] ξεχωριστά για τα παιδιά ΤΑ και με ΕΠ. Στην τελευταία στήλη του πίνακα παρουσιάζεται το επίπεδο της στατιστικής σημαντικότητας για κάθε παράμετρο μεταξύ παιδιών ΤΑ και παιδιών με ΕΠ και τονίζονται με πιο σκούρο γκρι χρώμα οι στατιστικά πιο σημαντικές από αυτές (p<0,05).

Συγκρίνοντας συνεπώς τα χωροχρονικά χαρακτηριστικά της βάρδισης των παιδιών με ΕΠ με αυτά των παιδιών ΤΑ, παρατηρεί κανείς ότι υπάρχει ιδιαίτερα σημαντική διαφορά στην ταχύτητα βάρδισης, όπου τα παιδιά ΤΑ βαδίζουν με σημαντικά μεγαλύτερη ταχύτητα από αυτά με ΕΠ, διαφορά η οποία παραμένει και κατά τη δεύτερη μέτρηση, αν και όχι πλέον στα πλαίσια της στατιστικής σημαντικότητας που έχουμε θέσει, δεδομένου ότι τα παιδιά με ΕΠ αύξησαν σημαντικά την ταχύτητα βάρδισής τους ενώ τα παιδιά ΤΑ τη διατήρησαν σχετικά σταθερή. Αντίστοιχα, σημαντική διαφορά εμφανίζεται και στο ρυθμό βάρδισης όπου τα παιδιά ΤΑ κατά την πρώτη μέτρηση βαδίζουν με αυξημένο ρυθμό σε σύγκριση με τα παιδιά με ΕΠ. Τέλος, μοιάζει ότι στο δείγμα μας τα παιδιά με ΕΠ εμφανίζουν σημαντικά μεγαλύτερη διάρκεια στη μονοποδική στήριξη της βάρδισης κατά την πρώτη μέτρηση γεγονός το οποίο, παρότι από μόνο του ενδεχομένως φαίνεται παράδοξο, συνεκτιμώμενο με τη σημαντικά μειωμένη ταχύτητα βάρδισης και τον μειωμένο ρυθμό βάρδισης που εμφανίζουν τα παιδιά με ΕΠ κατά την πρώτη μέτρηση, πιθανότατα ερμηνεύει το πολύ αργό βήμα που κάνουν τα παιδιά με ΕΠ κατά τις πρώτες φάσεις της έναρξης της βάρδισής τους.

5.3 Μεταβολές των κινηματικών χαρακτηριστικών της βάρδισης

5.3.1 Άρθρωση της Ποδοκνημικής

Στους πίνακες 5.7 και 5.8 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της μέγιστης ραχιαίας και πελματιαίας κάμψης καθώς και του συνολικού εύρους ραχιαίας – πελματιαίας κάμψης για το σύνολο του κύκλου βάρδισης αλλά και για τις φάσεις στήριξης και αιώρησης ξεχωριστά. Οι μέσες τιμές αναγράφονται ξεχωριστά για την περίοδο που τα παιδιά μόλις είχαν ξεκινήσει την ανεξάρτητη βάρδιση (μέτρηση 1) και για την περίοδο που ήδη βάρδιζαν 8 μήνες (μέτρηση 2) ενώ παρουσιάζεται και η διαφορά μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης των ανωτέρω παραμέτρων που υποδηλώνει και την τάση της μεταβολής τους. Παράλληλα, στους πίνακες εμφανίζεται η στατιστική σημαντικότητα των μεταβολών αυτών ενώ σκιαγραφημένες εμφανίζονται οι μεταβολές των παραμέτρων με στατιστικά υψηλό βαθμό σημαντικότητας ($p < 0,05$).

Είναι χαρακτηριστικό, ότι όσον αφορά στην κίνηση της ποδοκνημικής, η οποία κλινικά εμφανίζεται ιδιαίτερα επηρεασμένη στα παιδιά με ΕΠ, η πιο σημαντική διαφορά παρουσιάζεται στη μέγιστη πελματιαία κάμψη κατά τη φάση στήριξης η οποία και αυξήθηκε σημαντικά μέσα στο διάστημα των 8 μηνών που μεσολάβησε μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης (πίνακας 5.7, γράφημα 5.14). Αντίστοιχα σημαντική αύξηση παρουσίασαν το εύρος ραχιαίας-πελματιαίας

κάμψης τόσο κατά τη φάση στήριξης όσο και στο σύνολό του κυρίως ως αποτέλεσμα της αύξησης της μέγιστης πελματιαίας κάμψης κατά τη φάση στήριξης.

Πίνακας 5.7. Ομαδοποιημένοι οι μέσοι όροι των μέγιστων τιμών και του συνολικού εύρους κίνησης που παρατηρούνται στη άρθρωση της ποδοκνημικής κατά τη βάδιση στα παιδιά με ΕΠ. Η λογιστική διαφορά μεταξύ τους που υποδεικνύει την τάση της μεταβολής.

		Γωνία (°)		Διαφορά (Μέτρηση 2- Μετρηση 1)	Τάση	SD	p
		Μέτρηση 1	Μέτρηση 2				
Βάδιση (συνολικά)	Μέγιστη Πελματιαία κάμψη	-16,805	-23,185	6,379	↑	12,850	0,066
Βάδιση (συνολικά)	Μέγιστη Ραχιαία κάμψη	17,000	17,501	0,500	↑	8,626	0,819
Βάδιση (συνολικά)	Εύρος	33,806	40,687	6,880	↑	11,765	0,034
Φάση στήριξης (ST)	Μέγιστη Πελματιαία κάμψη	12,034	18,819	6,785	↑	11,852	0,037
Φάση στήριξης (ST)	Μέγιστη Ραχιαία κάμψη	15,685	16,988	1,302	↑	8,7760	0,561
Φάση στήριξης (ST)	Εύρος	27,720	35,808	8,088	↑	11,472	0,013
Φάση αιώρησης (SW)	Μέγιστη Πελματιαία κάμψη	16,552	21,852	5,299	↑	12,989	0,124
Φάση αιώρησης (SW)	Μέγιστη Ραχιαία κάμψη	10,224	8,835	-1,388	↓	9,808	0,58
Φάση αιώρησης (SW)	Εύρος	26,777	30,687	3,910	↑	13,715	0,272

Παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των τιμών, η τυπική απόκλιση (SD) και το τυπικό λάθος (Std. Error Mean). $p < 0,05$ / ST: φάση στήριξης, SW: φάση αιώρησης

Πίνακας 5.8. Ομαδοποιημένοι οι μέσοι όροι των μέγιστων τιμών και του συνολικού εύρους κίνησης που παρατηρούνται στη άρθρωση της ποδοκνημικής κατά τη βάδιση στα παιδιά ΤΑ. Η λογιστική διαφορά μεταξύ τους που υποδεικνύει την τάση της μεταβολής.

Παιδιά ΤΑ		Γωνία (°)		Διαφορά (Μέτρηση 2- Μετρηση 1)	Τάση	SD	P
		Μέτρηση 1	Μέτρηση 2				
Βάδιση (συνολικά)	Μέγιστη Πελματιαία κάμψη	16,969	12,486	-4,482	↓	14,264	,476
Βάδιση (συνολικά)	Μέγιστη Ραχιαία κάμψη	27,832	21,794	-6,038	↓	6,569	,074
Βάδιση (συνολικά)	Εύρος	44,802	34,280	-10,521	↓	13,645	,118
Φάση στήριξης (ST)	Μέγιστη Πελματιαία κάμψη	10,583	9,433	-1,150	↓	16,143	,868
Φάση στήριξης (ST)	Μέγιστη Ραχιαία κάμψη	27,832	21,421	-6,411	↓	6,696	,066
Φάση στήριξης (ST)	Εύρος	38,416	30,855	-7,561	↓	17,773	,345
Φάση αώρησης (SW)	Μέγιστη Πελματιαία κάμψη	16,969	11,824	-5,145	↓	13,528	,394
Φάση αώρησης (SW)	Μέγιστη Ραχιαία κάμψη	15,793	13,531	-2,262	↓	6,170	,410
Φάση αώρησης (SW)	Εύρος (SW_Pfl- Dfl)	32,762	25,355	-7,407	↓	12,709	,213

Παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των τιμών, η τυπική απόκλιση (SD) και το τυπικό λάθος (Std. Error Mean). $p < 0,05$ / ST: φάση στήριξης, SW: φάση αώρησης

Εντελώς διαφορετική εικόνα μοιάζει να έχουν τα παιδιά ΤΑ, δεδομένου ότι όλα τα εύρη κατά τις δεύτερες μετρήσεις ήταν ελαφρώς μειωμένα, χωρίς όμως να έχουν στατιστικά ιδιαίτερα σημαντικές διαφορές. Αξίζει πάντως να σημειωθεί ότι η κινητική εικόνα που εμφανίζουν τα παιδιά ΤΑ και ο τρόπος με τον οποίο φαίνεται να μεταβάλουν την κίνηση της ποδοκνημικής τους προσαρμόζοντάς την στην ωρίμαση της βάδισης είναι εντελώς διαφορετικά από τα αντίστοιχα των παιδιών με ΕΠ (γράφημα 5.14, γράφημα 5.15). Τα παιδιά ΤΑ μοιάζει ότι από πολύ νωρίς τείνουν να μειώσουν τα εύρη κίνησης σε όλες τις φάσεις της βάδισης (μείωση της πελματιαίας και της ραχιαίας κάμψης) ενώ τα παιδιά με ΕΠ αυξάνουν τουλάχιστον τη πελματιαία κάμψη τόσο στη φάση στήριξης δυναμικά όσο και στη φάση αώρησης παθητικά.

5.3.2 Άρθρωση του γόνατος

Οι μέσες τιμές της μέγιστης κάμψης, της μέγιστης έκτασης και του συνολικού εύρους κάμψης-έκτασης του γόνατος κατά τη φάση στήριξης, τη φάση αιώρησης και το σύνολο του κύκλου βάρδισης, εμφανίζονται στους πίνακες 5.9 και 5.10. Επιπλέον καταγράφεται η διαφορά μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης καθώς και η τάση της μεταβολής τους. Σκιαγραφημένες με πιο έντονο γκρι χρώμα εμφανίζονται οι μεταβολές με στατιστικά υψηλό βαθμό σημαντικότητας ($p < 0,05$).

Οι μεταβολές μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης που παρατηρήθηκαν στην κίνηση της άρθρωσης του γόνατος στα παιδιά με ΕΠ δεν ήταν στατιστικά σημαντικές (πίνακας 5.9). Ωστόσο, περιγράφονται αναλυτικά περισσότερο ως κλινικές παρατηρήσεις που ενδεχομένως να αποτυπώνουν μια τάση στην ωρίμαση της κίνησης του γόνατος και οι οποίες είτε σε μεγαλύτερο δείγμα παιδιών είτε σε μεγαλύτερο χρόνο εξάσκησης της βάρδισης ενδέχεται να έχουν μεγαλύτερη σημαντικότητα.

Πίνακας 5.9. Ομαδοποιημένοι οι μέσοι όροι των μέγιστων τιμών και του συνολικού εύρους κίνησης που παρατηρούνται στη άρθρωση του γόνατος κατά τη βάρδιση στα παιδιά με ΕΠ. Η λογιστική διαφορά μεταξύ τους που υποδεικνύει την τάση της μεταβολής.

Παιδιά με ΕΠ		Γωνία (°)		Διαφορά (Μέτρηση 2- Μετρηση 1)	Τάση	SD	p
		Μέτρηση 1	Μέτρηση 2				
Βάρδιση (συνολικά)	Μέγιστη έκταση	3,95	5,522	1,565	↑	9,797	,532
Βάρδιση (συνολικά)	Μέγιστη Κάμψη	70,133	68,111	-2,022	↓	12,161	,516
Βάρδιση (συνολικά)	Εύρος	66,176	62,588	-3,587	↓	13,997	,322
Φάση στήριξης (ST)	Μέγιστη έκταση	3,957	5,629	1,671	↑	9,697	,501
Φάση στήριξης (ST)	Μέγιστη Κάμψη	44,547	45,141	0,594	↑	10,102	,817
Φάση στήριξης (ST)	Εύρος	40,589	39,512	-1,077	↓	14,609	,772
Φάση αιώρησης (SW)	Μέγιστη έκταση	-20,118	-22,367	2,249	↑	11,099	,430
Φάση αιώρησης (SW)	Μέγιστη Κάμψη	70,13	68,111	-2,022	↓	12,161	,516
Φάση αιώρησης (SW)	Εύρος	50,015	45,743	-4,271	↓	11,919	,172

Παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των τιμών, η τυπική απόκλιση (SD) και το τυπικό λάθος (Std. Error Mean). $p < 0,05$ / ST: φάση στήριξης, SW: φάση αιώρησης

Πίνακας 5.10. Ομαδοποιημένοι οι μέσοι οροί των μέγιστων τιμών και του συνολικού εύρους κίνησης που παρατηρούνται στη άρθρωση του γόνατος κατά τη βάδιση στα παιδιά ΤΑ. Η λογιστική διαφορά μεταξύ τους που υποδεικνύει την τάση της μεταβολής.

Παιδιά ΤΑ		Γωνία (°)		Διαφορά (Μέτρηση 2- Μέτρηση 1)	Τάση	SD	p
		Μέτρηση 1	Μέτρηση 2				
Βάδιση (συνολικά)	Μέγιστη Έκταση	-1,060	3,186	4,247	↑	14,0789	,493
Βάδιση (συνολικά)	Μέγιστη Κάμψη	73,551	70,445	-3,105	↓	9,191	,446
Βάδιση (συνολικά)	Εύρος	72,490	73,632	1,141	↑	15,517	,864
Φάση στήριξης (ST)	Μέγιστη έκταση	-3,247	,882	4,130	↑	15,009	,530
Φάση στήριξης (ST)	Μέγιστη Κάμψη	43,067	48,810	5,7436	↑	7,567	,122
Φάση στήριξης (ST)	Εύρος	39,819	49,693	9,873	↑	18,145	,240
Φάση αιώρησης (SW)	Μέγιστη έκταση	-8,374	,644	9,018	↑	8,125	,042
Φάση αιώρησης (SW)	Μέγιστη Κάμψη	73,551	70,445	-3,105	↓	9,191	,446
Φάση αιώρησης (SW)	Εύρος	65,176	71,089	5,913	↑	10,45	,225

Παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των τιμών, η τυπική απόκλιση (SD) και το τυπικό λάθος (Std. Error Mean). $p < 0,05$ / ST: φάση στήριξης, SW: φάση αιώρησης

Σε ότι αφορά τη μέγιστη έκταση του γόνατος συνολικά αλλά και στη φάση στήριξης, μοιάζει ότι υπήρξε αύξηση, γεγονός που υποδεικνύει την αύξηση της υπερέκτασης στην άρθρωση του γόνατος (θετικό πρόσημο της γωνίας της έκτασης υποδηλώνει κλινικά υπερέκταση του γόνατος). Αντίθετα, στη φάση αιώρησης, όπου η μέγιστη έκταση του γόνατος εμφανίζεται τη στιγμή ακριβώς πριν έρθει σε επαφή το πέλμα με το έδαφος, φαίνεται ότι η μέγιστη έκταση, η οποία είναι εξαρχής μειωμένη (το κάτω άκρο μπαίνει στη φάση στήριξης με κεκαμένο γόνατο), μειώνεται ακόμα περισσότερο στη δεύτερη μέτρηση (γράφημα 5.12).

Σε ότι αφορά τη μέγιστη κάμψη του γόνατος, αυτή ασφαλώς και εμφανίζεται στη φάση αιώρησης και φαίνεται να αυξάνεται με το πέρας των μηνών τόσο στη φάση αιώρησης όσο και συνολικά. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η μικρή αύξηση της κάμψης στα παιδιά με ΕΠ κατά τη φάση στήριξης.

Στα παιδιά ΤΑ σημαντική διαφορά εντοπίστηκε στη μέγιστη έκταση του γόνατος κατά τη φάση αιώρησης η οποία μοιάζει να έχει αυξηθεί. Κλινικά η μεταβολή αυτή περιγράφει μια κατάσταση κατά την οποία τα παιδιά ΤΑ ενώ στην πρώτη μέτρηση παρουσίαζαν κάμψη στο γόνατο

τη στιγμή ακριβώς πριν την επαφή του πέλματος με το έδαφος μετά το πέρας των 8 μηνών ξεκίνησαν να μπαίνουν στη φάση στήριξης με το γόνατο σε ουδέτερη θέση (γράφημα 5.13).

5.3.3 Άρθρωση του ισχίου

Στους πίνακες 5.11 και 5.12 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της μέγιστης κάμψης, έκτασης, απαγωγής προσαγωγής, έσω και έξω στροφής για την άρθρωση του ισχίου καθώς και η μέση τιμή του εύρους τους κατά την πρώτη και δεύτερη μέτρηση. Παρουσιάζεται επίσης η διαφορά μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης για όλες τις κινήσεις του ισχίου που υποδηλώνει την τάση της μεταβολής. Σκιαγραφημένες με πιο έντονο γκρι χρώμα εμφανίζονται οι μεταβολές με στατιστικά υψηλό βαθμό σημαντικότητας ($p < 0,05$).

Όπως φαίνεται στα αποτελέσματα, οι σημαντικότερες διαφορές μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης στα παιδιά με ΕΠ παρατήθηκαν κυρίως στο συνολικό εύρος κάμψης – έκτασης κατά τη φάση στήριξης το οποίο αυξήθηκε καθώς και στη μέγιστη προσαγωγή κατά τη διάρκεια της φάσης στήριξης η οποία επίσης παρουσιάστηκε αυξημένη κατά τη δεύτερη μέτρηση. Κατά συνέπεια αύξηση παρατηρήθηκε και στη μέγιστη προσαγωγή συνολικά σε ολόκληρο τον κύκλο βάδισης.

Αρκετά διαφορετική εικόνα παρατηρήθηκε στην κινηματική συμπεριφορά της άρθρωσης του ισχίου των παιδιών ΤΑ για το χρονικό διάστημα μεταξύ των δυο μετρήσεων. Ιδιαίτερα σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν στη μέγιστη κάμψη του ισχίου η οποία μειώθηκε τόσο κατά τη φάση στήριξης όσο και κατά τη φάση αιώρησης καθώς και στη μέγιστη απαγωγή του ισχίου η οποία επίσης ελαττώθηκε και κατά τη φάση στήριξης και κατά τη φάση αιώρησης.

Πίνακας 5.11. Ομαδοποιημένοι οι μέσοι οροί των μέγιστων τιμών και του συνολικού εύρους κίνησης που παρατηρούνται στη άρθρωση του ισχίου κατά τη βάδιση στα παιδιά με ΕΠ. Η λογιστική διαφορά μεταξύ τους που υποδεικνύει την τάση της μεταβολής.

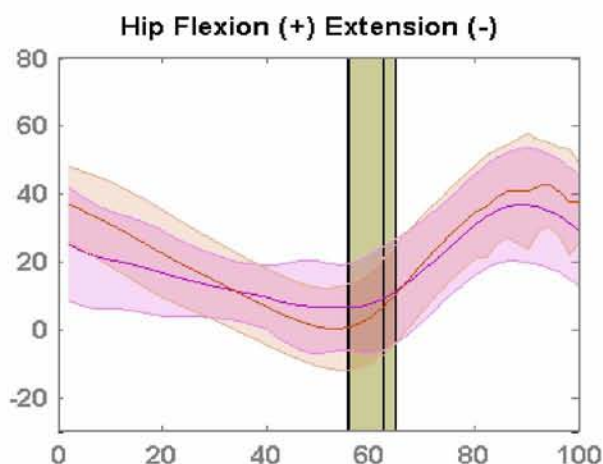
Παιδιά με ΕΠ		Γωνία (°)		Διαφορά (Μέτρηση 2- Μετρηση 1)	Τάση	SD	p
		Μέτρηση 1	Μέτρηση 2				
Βάδιση (συνολικά)	Μέγιστη έκταση	,563	5,268	4,704	↑	10,247	,086
Βάδιση (συνολικά)	Μέγιστη Κάμψη	50,708	49,726	-0,982	↓	13,604	,777
Βάδιση (συνολικά)	Εύρος	51,271	54,994	3,722	↑	13,988	,304
Φάση στήριξης (ST)	Μέγιστη έκταση	,551	5,268	4,716	↑	10,245	,085
Φάση στήριξης (ST)	Μέγιστη Κάμψη	39,049	42,225	3,176	↑	12,396	,322
Φάση στήριξης (ST)	Εύρος	39,600	47,493	7,893	↑	14,076	,040
Φάση αώρησης (SW)	Μέγιστη έκταση	-9,137	-3,320	5,816	↑	15,825	,162
Φάση αώρησης (SW)	Μέγιστη Κάμψη	50,708	49,726	-0,982	↓	13,604	,777
Φάση αώρησης (SW)	Εύρος	41,571	46,405	4,834	↑	16,912	,271
Βάδιση (συνολικά)	Μέγιστη Απαγωγή	14,063	11,726	-2,337	↓	7,209	,214
Βάδιση (συνολικά)	Μέγιστη Προσαγωγή	9,440	12,749	3,309	↑	6,195	,049
Βάδιση (συνολικά)	Εύρος	23,503	24,476	0,972	↑	7,923	,630
Φάση στήριξης (ST)	Μέγιστη Απαγωγή	8,261	7,937	-0,323	↓	10,075	,900
Φάση στήριξης (ST)	Μέγιστη Προσαγωγή	9,323	12,620	3,296	↑	6,148	,049
Φάση στήριξης (ST)	Εύρος	17,584	20,557	2,973	↑	9,687	,238
Φάση αώρησης (SW)	Μέγιστη Απαγωγή	13,995	11,196	-2,798	↓	7,189	,140
Φάση αώρησης (SW)	Μέγιστη Προσαγωγή	3,241	5,1015	1,860	↑	8,131	,375
Φάση αώρησης (SW)	Εύρος	17,236	16,298	-0,938	↓	8,599	,669
Βάδιση (συνολικά)	Μέγιστη έξω στροφή	23,026	19,462	-3,564	↓	13,622	,312
Βάδιση (συνολικά)	Μέγιστη έσω στροφή	13,206	15,403	2,196	↑	20,797	,679
Βάδιση (συνολικά)	Εύρος	36,233	34,866	-1,367	↓	18,389	,770
Φάση στήριξης (ST)	Μέγιστη έξω στροφή	21,918	16,818	-5,1	↓	15,3488	,204
Φάση στήριξης (ST)	Μέγιστη έσω στροφή	10,320	11,921	1,601	↑	20,466	,759
Φάση στήριξης (ST)	Εύρος	32,239	28,740	-3,498	↓	18,313	,457
Φάση αώρησης (SW)	Μέγιστη έξω στροφή	21,386	17,696	-3,69	↓	13,755	,300
Φάση αώρησης (SW)	Μέγιστη έσω στροφή	12,610	14,498	1,888	↑	19,801	,708
Φάση αώρησης (SW)	Εύρος (SW_ER-IR)	33,996	32,194	-1,801	↓	16,938	,677

Παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των τιμών, η τυπική απόκλιση (SD) και το τυπικό λάθος (Std. Error Mean). $p < 0,05$ / ST: φάση στήριξης, SW: φάση αώρησης

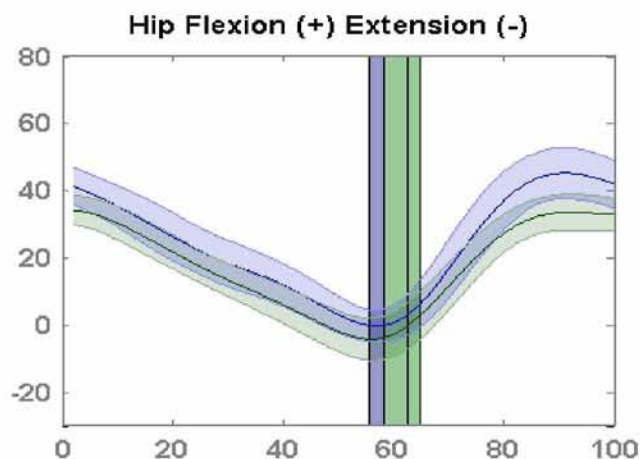
Πίνακας 5.12. Ομαδοποιημένοι οι μέσοι όροι των μέγιστων τιμών και του συνολικού εύρους κίνησης που παρατηρούνται στη άρθρωση του ισχίου κατά τη βάδιση στα παιδιά ΤΑ. Η λογιστική διαφορά μεταξύ τους που υποδεικνύει την τάση της μεταβολής.

		Γωνία (°)		Διαφορά (Μέτρηση 2-Μέτρηση 1)	Τάση	SD	p
		Μέτρηση 1	Μέτρηση 2				
Βάδιση (συνολικά)	Μέγιστη έκταση	4,146	5,923	1,776	↑	6,779	,549
Βάδιση (συνολικά)	Μέγιστη Κάμψη	51,071	38,154	-12,916	↓	6,500	,005
Βάδιση (συνολικά)	Εύρος	55,218	44,078	-11,139	↓	13,120	,092
Φάση στήριξης (ST)	Μέγιστη έκταση	4,096	5,8605	1,763	↑	6,840	,555
Φάση στήριξης (ST)	Μέγιστη Κάμψη	41,699	36,813	-4,885	↓	4,336	,040
Φάση στήριξης (ST)	Εύρος	45,796	42,674	-3,121	↓	10,472	,498
Φάση αιώρησης (SW)	Μέγιστη έκταση	-1,428	,9621	2,390	↑	7,791	,486
Φάση αιώρησης (SW)	Μέγιστη Κάμψη	51,071	36,638	-14,433	↓	5,978	,002
Φάση αιώρησης (SW)	Εύρος	49,642	37,600	-12,042	↓	13,313	,078
Βάδιση (συνολικά)	Μέγιστη Απαγωγή	19,961	9,998	-9,962	↓	6,587	,014
Βάδιση (συνολικά)	Μέγιστη Προσαγωγή	8,162	11,095	2,933	↑	8,881	,455
Βάδιση (συνολικά)	Εύρος	28,123	21,094	-7,029	↓	9,242	,122
Φάση στήριξης (ST)	Μέγιστη Απαγωγή	15,398	5,609	-9,788	↓	6,516	,014
Φάση στήριξης (ST)	Μέγιστη Προσαγωγή	8,162	10,962	2,800	↑	9,054	,483
Φάση στήριξης (ST)	Εύρος	23,560	16,572	-6,988	↓	5,251	,022
Φάση αιώρησης (SW)	Μέγιστη Απαγωγή	19,961	9,625	-10,336	↓	6,677	,013
Φάση αιώρησης (SW)	Μέγιστη Προσαγωγή	-,472	6,538	7,0110	↑	8,170	,090
Φάση αιώρησης (SW)	Εύρος	19,488	16,163	-3,325	↓	10,110	,457
Βάδιση (συνολικά)	Μέγιστη έξω στροφή	38,840	18,807	-20,032	↓	24,317	,100
Βάδιση (συνολικά)	Μέγιστη έσω στροφή	7,423	18,167	10,744	↑	42,650	,564
Βάδιση (συνολικά)	Εύρος	46,263	36,975	-9,287	↓	27,958	,453
Φάση στήριξης (ST)	Μέγιστη έξω στροφή	37,135	17,464	-19,671	↓	24,030	,101
Φάση στήριξης (ST)	Μέγιστη έσω στροφή	2,0173	15,301	13,283	↑	47,159	,521
Φάση στήριξης (ST)	Εύρος	39,153	32,765	-6,387	↓	30,547	,630
Φάση αιώρησης (SW)	Μέγιστη έξω στροφή	35,942	15,515	-20,427	↓	29,411	,150
Φάση αιώρησης (SW)	Μέγιστη έσω στροφή	4,382	14,947	10,565	↑	34,893	,492
Φάση αιώρησης (SW)	Εύρος	40,324	30,462	-9,862	↓	22,330	,329

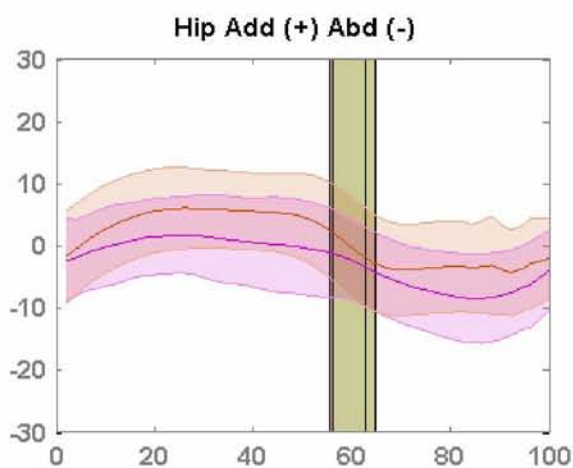
Παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των τιμών, η τυπική απόκλιση (SD) και το τυπικό λάθος (Std. Error Mean). $p < 0,05$ / ST: φάση στήριξης, SW: φάση αιώρησης



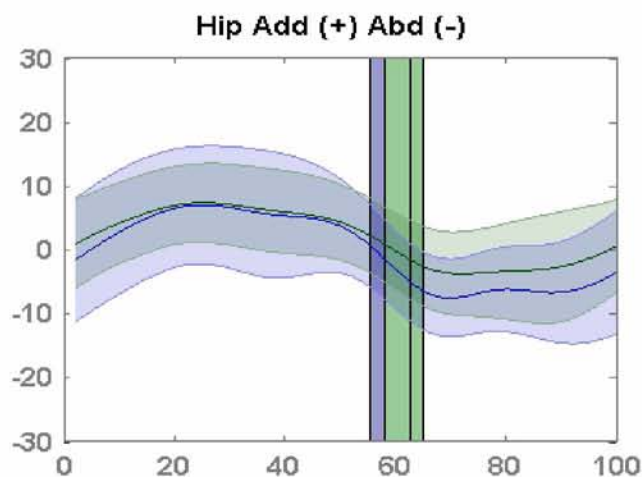
Γράφημα 5.6.Κινηματική αναπαράσταση της κάμψης / έκτασης του ισχίου κατά τις φάσεις στήριξης και αιώρησης της βάρδισης των παιδιών με ΕΠ. Με μωβ χρώμα η κίνηση κατά την πρώτη μέτρηση και με πορτοκαλί η κίνηση κατά τη δεύτερη μέτρηση.



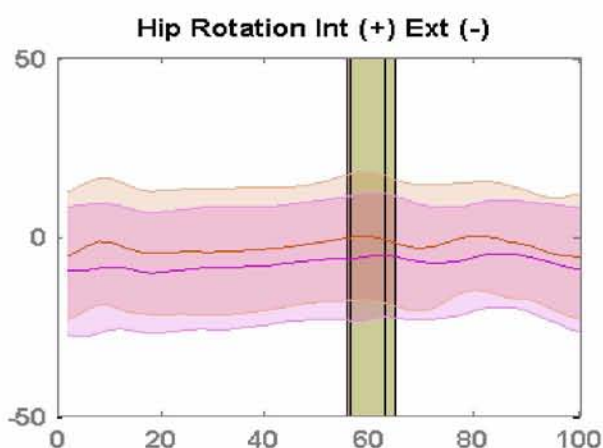
Γράφημα 5.7. Κινηματική αναπαράσταση της κάμψης / έκτασης του ισχίου κατά τις φάσεις στήριξης και αιώρησης της βάρδισης των παιδιών ΤΑ. Με μπλε χρώμα η κίνηση κατά την πρώτη μέτρηση και με πράσινο η κίνηση κατά τη δεύτερη μέτρηση.



Γράφημα 5.8.Κινηματική αναπαράσταση της απαγωγής / προσαγωγής του ισχίου κατά τις φάσεις στήριξης και αιώρησης της βάρδισης των παιδιών με ΕΠ. Με μωβ χρώμα η κίνηση κατά την πρώτη μέτρηση και με πορτοκαλί η κίνηση κατά τη δεύτερη μέτρηση.



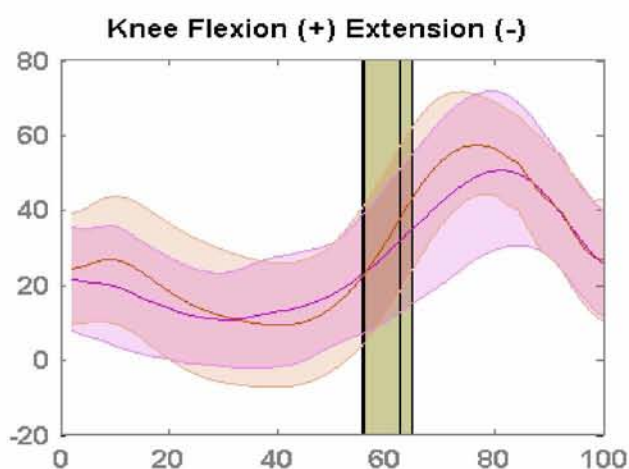
Γράφημα 5.9. Κινηματική αναπαράσταση της απαγωγής / προσαγωγής του ισχίου κατά τις φάσεις στήριξης και αιώρησης της βάρδισης των παιδιών ΤΑ. Με μπλε χρώμα η κίνηση κατά την πρώτη μέτρηση και με πράσινο η κίνηση κατά τη δεύτερη μέτρηση.



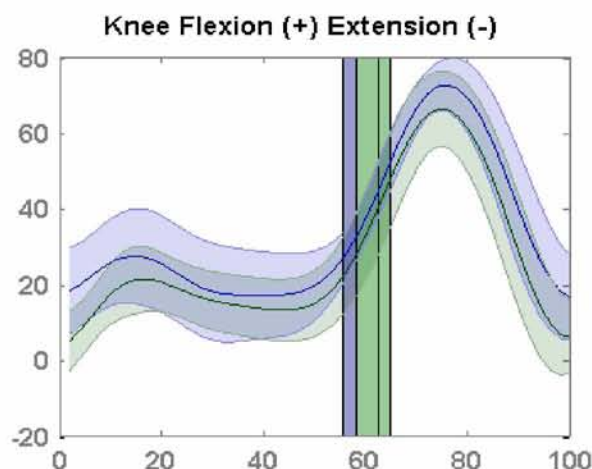
Γράφημα 5.10.Κινηματική αναπαράσταση της έσω / έξω στροφής του ισχίου κατά τις φάσεις στήριξης και αιώρησης της βάρδισης των παιδιών με ΕΠ. Με μωβ χρώμα η κίνηση κατά την πρώτη μέτρηση και με πορτοκαλί η κίνηση κατά τη δεύτερη μέτρηση.



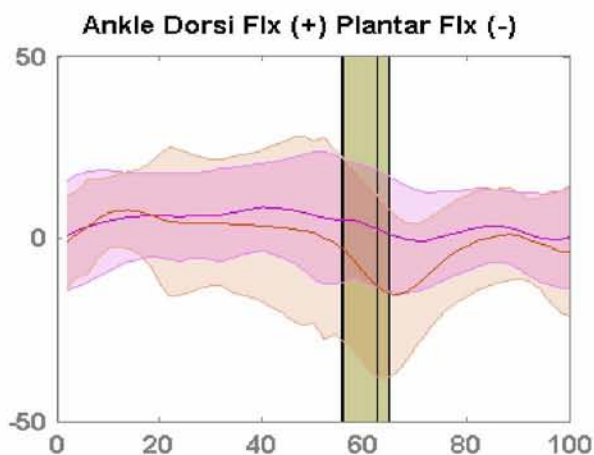
Γράφημα 5.11. Κινηματική αναπαράσταση της έσω / έξω στροφής του ισχίου κατά τις φάσεις στήριξης και αιώρησης της βάρδισης των παιδιών ΤΑ. Με μπλε χρώμα η κίνηση κατά την πρώτη μέτρηση και με πράσινο η κίνηση κατά τη δεύτερη μέτρηση.



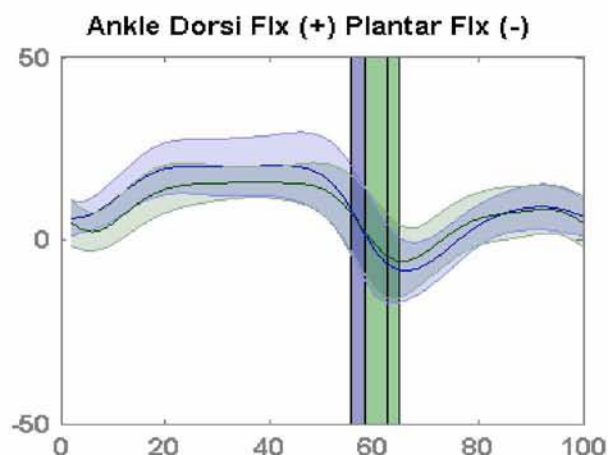
Γράφημα 5.12.Κινηματική αναπαράσταση της κάμψης / έκτασης του γόνατος κατά τις φάσεις στήριξης και αιώρησης της βάρδισης των παιδιών με ΕΠ. Με μωβ χρώμα η κίνηση κατά την πρώτη μέτρηση και με πορτοκαλί η κίνηση κατά τη δεύτερη μέτρηση.



Γράφημα 5.13. Κινηματική αναπαράσταση της κάμψης / έκτασης του γόνατος κατά τις φάσεις στήριξης και αιώρησης της βάρδισης των παιδιών ΤΑ. Με μπλε χρώμα η κίνηση κατά την πρώτη μέτρηση και με πράσινο η κίνηση κατά τη δεύτερη μέτρηση.



Γράφημα 5.14.Κινηματική αναπαράσταση της ραχιαίας /πελματιαίας κάμψης της ποδοκνημικής κατά τις φάσεις στήριξης και αιώρησης της βάρδισης των παιδιών με ΕΠ. Με μωβ χρώμα η κίνηση κατά την πρώτη μέτρηση και με πορτοκαλί η κίνηση κατά τη δεύτερη μέτρηση.



Γράφημα 5.15. Κινηματική αναπαράσταση της ραχιαίας /πελματιαίας κάμψης της ποδοκνημικής κατά τις φάσεις στήριξης και αιώρησης της βάρδισης των παιδιών ΤΑ. Με μπλε χρώμα η κίνηση κατά την πρώτη μέτρηση και με πράσινο η κίνηση κατά τη δεύτερη μέτρηση.

5.4 Μεταβολές της αδρής κίνησης

Στον πίνακα 5.13 παρουσιάζονται αναλυτικά οι μέσοι όροι των τιμών του GMFM-88 και του GMFM-66 τόσο κατά την πρώτη όσο και κατά τη δεύτερη μέτρηση, μαζί με τη λογιστική διαφορά τους που υποδεικνύει τη βελτίωση (αύξηση) ή την επιδείνωση (μείωση) της αδρής κίνησης. Επίσης παρουσιάζονται αναλυτικά οι μέσοι όροι μαζί με τις διαφορές μεταξύ των 2 μετρήσεων των υποενοτήτων (Dimensions) A, B, C, D και E του GMFM-88 που καλύπτουν ξεχωριστά τους τομείς της οριζόντιας θέσης και του ρολαρίσματος, της καθιστής θέσης, του μπουσουλήματος και της θέσης στα γόνατα, της όρθιας θέσης και της βάδισης, τρεξίματος και άλματος αντίστοιχα. Για κάθε παράμετρο, με πιο έντονη γκρι σκιαγράφηση, υποδεικνύονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης. Στα γραφήματα 6.16, 6.17 και 5.18 παρουσιάζονται και σχηματικά οι παραπάνω διαφορές και ενώ παρουσιάζονται και οι μέσοι όροι και τα διαστήματα εμπιστοσύνης μεταξύ των 2 μετρήσεων για κάθε ένα από αυτά (Διαγράμματά 5.19 – 5.24).

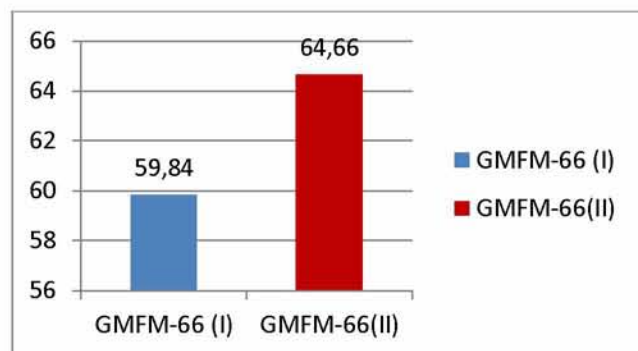
Πίνακας 5.13. Οι μέσες τιμές του GMFM-66 και του GMFM-88 συνολικά και για κάθε υποενοότητα (A, B,C, D, E) ξεχωριστά, για την πρώτη και τη δεύτερη μέτρηση. Η λογιστική διαφορά τους υποδεικνύει τη μεταβολή της αδρής κίνησης στο διάστημα που μεσολάβησε.

		1η μέτρηση	2η μέτρηση	Διαφορά (2η μέτρηση-1η μέτρηση)	SD	Std. Error Mean	p
GMFM-88	Συνολικά	76,79	83,6294	6,8356	1,40	0,35	,000
GMFM-66	Συνολικά	59,84	64,6563	4,8163	2,44	0,61	,000
GMFM-88	A: Ύπτια και ρολάρισμα	97,06	98,4075	1,3475	2,93	0,73	,085
	B: Καθιστή	92,40	95,2069	2,8106	3,79	0,95	,010
	C: Μπουσουλήμα και στα γόνατα	82,74	91,0719	8,3344	5,29	1,32	,000
	D: όρθια	71,15	78,6863	7,5325	6,03	1,51	,000
	E: Βάδιση, τρέξιμο, άλμα	40,62	54,7738	14,1494	5,49	1,37	,000

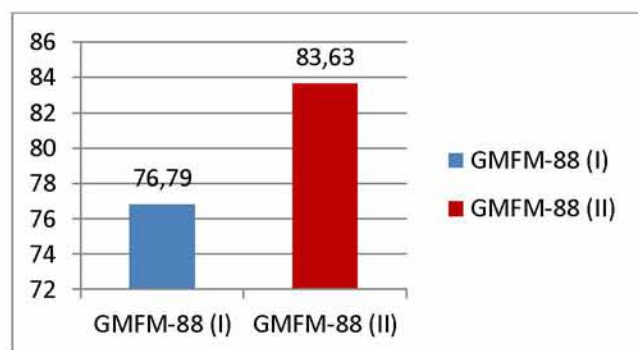
Παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των τιμών, η τυπική απόκλιση (SD) και το τυπικό λάθος (Std. Error Mean). $p < 0,05$ / GMFM: Gross Motor Function Measurement.

Διακρίνεται λοιπόν, στα αποτελέσματα μια στατιστικά σημαντική βελτίωση ($p > 0,01$) στις μέσες τιμές του GMFM-88 και του GMFM-66 που καταδεικνύει τη βελτίωση της αδρής κίνησης μέσα στο διάστημα των 8 μηνών που μεσολάβησαν μεταξύ των 2 μετρήσεων. Επίσης, στατιστικά σημαντική ($p \leq 0,01$) είναι και η βελτίωση στις επιμέρους ενότητες B, C, D και E του GMFM-88 σε αντίθεση με την ενότητα A, η οποία αναφέρεται στην οριζόντια θέση και το ρολάρισμα, της οποίας

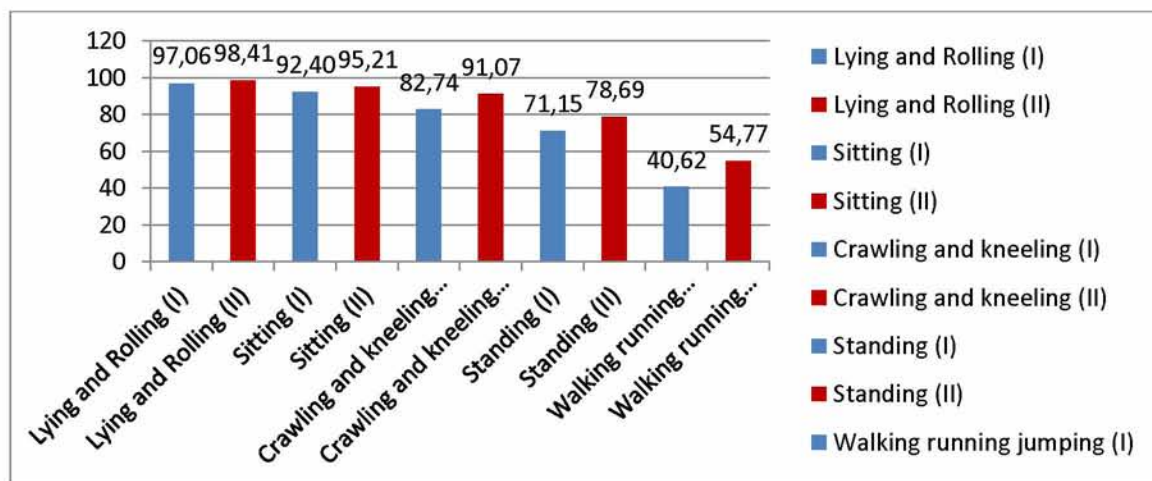
η τιμή αυξήθηκε αλλά όχι σημαντικά. Συνολικά, από τα αποτελέσματα προκύπτει μια σημαντική βελτίωση της αδρής κίνησης στα παιδιά με ΕΠ όπως αυτή μετρήθηκε με τη κλίμακα GMFM για το διάστημα που μεσολάβησε από την έναρξη της αυτόνομης βάδισης (πρώτη μέτρηση) μέχρι τη δεύτερη μέτρηση, 8 μήνες αργότερα.



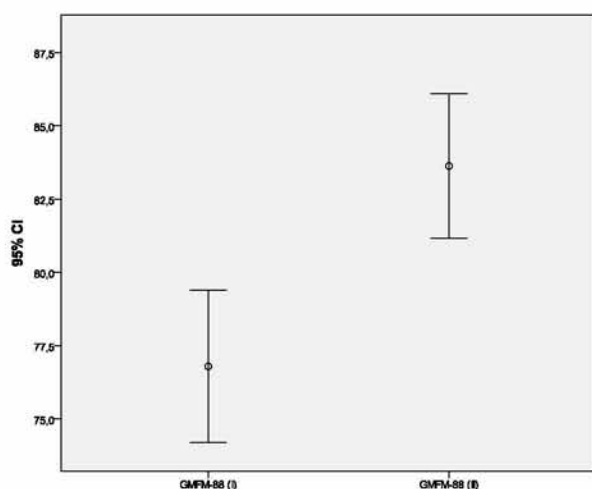
Γράφημα 5.16. Οι μέσες τιμές του GMFM-66 κατά την πρώτη (I) και δεύτερη (II) μέτρηση



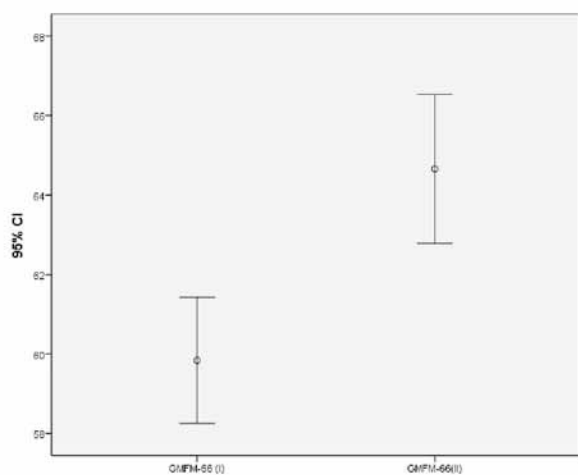
Γράφημα 5.17. Οι μέσες τιμές του GMFM-88 κατά την πρώτη (I) και δεύτερη (II) μέτρηση



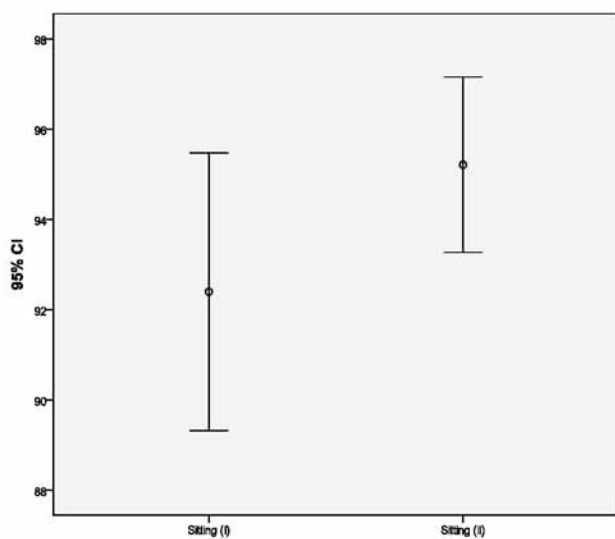
Γράφημα 5.18. Οι μέσες τιμές του GMFM-88 ξεχωριστά για κάθε υποενότητα του κατά την πρώτη και δεύτερη μέτρηση (A: Ύπτια θέση και ρολάρισμα, B: Καθιστή θέση, C: Μπουσούλημα και θέση στα γόνατα, D: όρθια θέση, E: περπάτημα, τρέξιμο, άλμα)



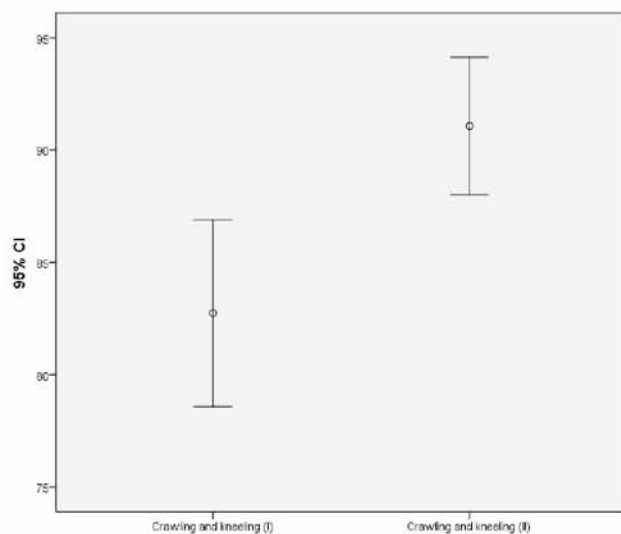
Γράφημα 5.19. Διάγραμμα σφάλματος για τη μεταβολή της αδρής κίνησης (GMFM-88) στα παιδιά με ΕΠ μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης, στο οποίο διακρίνονται οι μεσοί όροι των τιμών στις δύο μετρήσεις και το διάστημα εμπιστοσύνης. $p < 0,05$



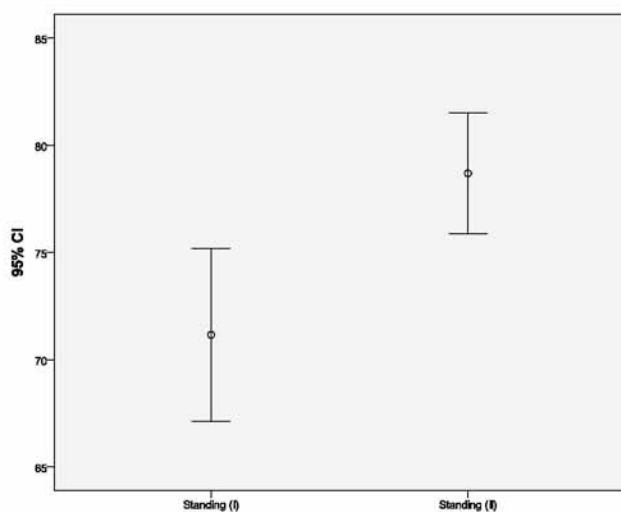
Γράφημα 5.20. Διάγραμμα σφάλματος για τη μεταβολή της αδρής κίνησης (GMFM-66) στα παιδιά με ΕΠ μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης, στο οποίο διακρίνονται οι μεσοί όροι των τιμών στις δύο μετρήσεις και το διάστημα εμπιστοσύνης. $p < 0,05$



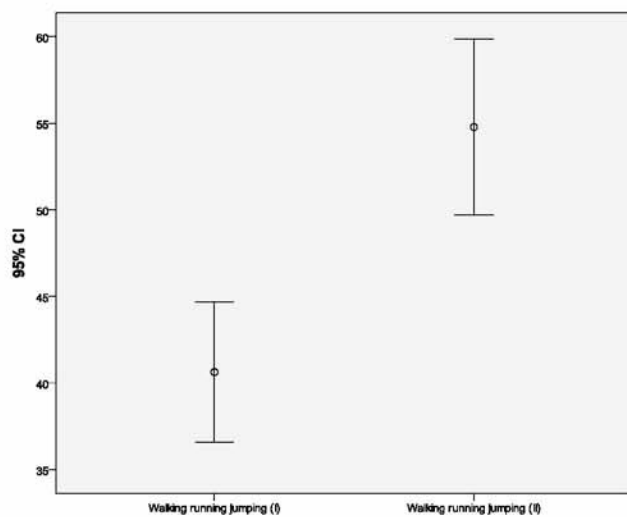
Γράφημα 5.21. Διάγραμμα σφάλματος για τη μεταβολή της αδρής κίνησης στην υποενότητα Β (καθιστή θέση) του GMFM-88 μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης. Διακρίνονται οι μεσοί όροι των τιμών στις δύο μετρήσεις και το διάστημα εμπιστοσύνης. $p < 0,05$



Γράφημα 5.22. Διάγραμμα σφάλματος για τη μεταβολή της αδρής κίνησης στην υποενότητα C (μπουσουύλημα και θέση στα γόνατα) του GMFM-88 μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης. Διακρίνονται οι μεσοί όροι των τιμών στις δύο μετρήσεις και το διάστημα εμπιστοσύνης. $p < 0,05$



Γράφημα 5.23. Διάγραμμα σφάλματος για τη μεταβολή της αδρής κίνησης στην υποενότητα D (όρθια θέση) του GMFM-88 μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης. Διακρίνονται οι μεσοί όροι των τιμών στις δύο μετρήσεις και το διάστημα εμπιστοσύνης. $p < 0,05$



Γράφημα 5.24. Διάγραμμα σφάλματος για τη μεταβολή της αδρής κίνησης στην υποενότητα E (περπάτημα, τρέξιμο, άλμα) του GMFM-88 μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης. Διακρίνονται οι μεσοί όροι των τιμών στις δύο μετρήσεις και το διάστημα εμπιστοσύνης. $p < 0,05$

6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

6.1 Παθητικός εύρος κίνησης

Σκοπός την παρούσας μελέτης ήταν να διερευνήσει το κατά πόσο η έναρξη της αυτόνομης βάδισης σε παιδιά με ΕΠ επιπέδου I και II κατά GMFCS σχετίζεται με την ελάττωση του παθητικού εύρους κίνησης των αρθρώσεων των κάτω άκρων και επιπλέον κατά πόσο συμβάλλει στη δημιουργία μυϊκών βραχύνσεων και μυοσκελετικών παραμορφώσεων. Για τον λόγο αυτό αξιολογήθηκε το παθητικό εύρος κίνησης των αρθρώσεων των κάτω άκρων στα ίδια παιδιά δύο φορές, μία κατά την έναρξη της αυτόνομης βάδισης, προκειμένου να μην έχουν προλάβει να δημιουργηθούν πιθανές παραμορφώσεις, και μία 8 μήνες αργότερα, διάστημα κατά το οποίο κάθε παιδί θα εξασκούσε τη βάδιση. Η ίδια διαδικασία πραγματοποιήθηκε και σε παιδιά ΤΑ, προκειμένου να καταγραφούν οι πιθανές διαφορές στο εύρος κίνησης αλλά και στη μεταβολή αυτού μεταξύ των δύο μετρήσεων.

Εξετάζοντας το παθητικό εύρος κίνησης των παιδιών με ΕΠ και ΤΑ, ξεχωριστά σε κάθε μέτρηση, είναι εμφανές ότι τα παιδιά με ΕΠ εμφανίζουν σημαντικά μειωμένο εύρος κίνησης στην απαγωγή του ισχίου, στη ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής και στην ιγνυακή γωνία κατά τη διάρκεια και των δυο μετρήσεων (πίνακας 5.3). Ως αποτέλεσμα το μήκος των προσαγωγών, των οπίσθιων μηριαίων μυών και του γαστροκνημίου εμφανίζεται εξίσου μειωμένο στα παιδιά με ΕΠ. Αντίθετα αυξημένο εμφανίζεται στα παιδιά με ΕΠ το παθητικό εύρος της έξω στροφής του ισχίου. Ιδιαίτερη αναφορά οφείλει να γίνει στο παθητικό εύρος κίνησης του γόνατος δεδομένου ότι ούτε τα παιδιά με ΕΠ ούτε αυτά ΤΑ παρουσίασαν κάποιον περιορισμό στο παθητικό εύρος αλλά αντιθέτως καταγράφηκε παθητική υπερέκταση του γόνατος η οποία και ήταν μεγαλύτερη στα παιδιά με ΕΠ. Αξίζει να σημειωθεί ότι στο δείγμα μας όλα τα παιδιά ΤΑ εμφάνισαν φυσιολογική ιγνυακή γωνία 180° κατά τη διάρκεια και των δύο μετρήσεων ενώ αντίστοιχα στα παιδιά με ΕΠ παρατηρήθηκε εμφανώς μειωμένο εύρος ιγνυακής γωνίας κατά 8,44° στη πρώτη μέτρηση και 9,81° στη δεύτερη.

Μειωμένο παθητικό εύρος κίνησης σε παιδιά με ΕΠ αναφέρουν αρκετοί ερευνητές ιδιαίτερα στις αρθρώσεις της ποδοκνημικής, του ισχίου και του γόνατος. Η Kilgour και οι συνεργάτες της (2005), σε μια μελέτη που αξιολόγησαν παιδιά επιπέδου I και II κατά GMFCS (Palisano et al, 2010) και σύγκριναν το παθητικό εύρος κίνησης τους με το αντίστοιχο παιδιών ΤΑ της ίδιας ηλικίας αναφέρει μειωμένο παθητικό εύρος κίνησης της ραχιαίας κάμψης και της ιγνυακής γωνίας. Η McDowell και οι συνεργάτες της (2012) αξιολογώντας το παθητικό εύρος κίνησης παιδιών με ΕΠ ηλικίας 4-17 ετών και όλων των λειτουργικών επιπέδων κατά GMFCS, αναφέρει σημαντικά μειωμένο εύρος στην ιγνυακή γωνία, στην απαγωγή του ισχίου, στη ραχιαία κάμψη της

ποδοκνημικής και στην έκταση του ισχίου. Ο Barber και οι συνεργάτες του (2012) σε μια μελέτη αναφορικά με τις δομικές αλλαγές του γαστροκνημίου μυός σε παιδιά με ΕΠ, επίσης αναφέρει μειωμένες τιμές της μέγιστης ραχιαίας κάμψης της ποδοκνημικής ενώ η Bell και οι συνεργάτες της (2002) περιγράφουν μειωμένες τιμές στην απαγωγή του ισχίου, την ιγνυακή γωνία καθώς και τη ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής. Την πεποίθηση ότι τα παιδιά με ΕΠ εμφανίζουν μειωμένο παθητικό εύρος κίνησης των αρθρώσεων έρχεται να επιβεβαιώσει και η μελέτη της Nordmark και των συνεργατών της (2009), η οποία αποτελεί και μια από τις μεγαλύτερες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί σχετικά με το παθητικό εύρος κίνησης σε παιδιά με ΕΠ. Στη μελέτη αυτή έγινε προσπάθεια να καταγραφεί το παθητικό εύρος σε ένα ευρύ φάσμα ηλικιών, από 2 έως 14 ετών, και με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις κάθε 1 ή 2 έτη για κάθε παιδί έτσι ώστε με τη συμμετοχή 359 παιδιών και σε ένα σύνολο 5075 μετρήσεων κατάφεραν να παρουσιάσουν αναλυτικά τις τιμές του λαμβάνει το παθητικό εύρος κίνησης στα παιδιά με ΕΠ καθώς αυτό ελαττώνεται αναλογικά με την ηλικία και σε συνάρτηση με το λειτουργικό επίπεδο του κάθε παιδιού.

Μολονότι το μειωμένο εύρος κίνησης των αρθρώσεων στα παιδιά με ΕΠ θεωρείται στις μέρες μας κλινικά και ερευνητικά επαρκώς καταγεγραμμένο και τεκμηριωμένο, τα αίτια που το προκαλούν μοιάζει να παραμένουν ακαθόριστα. Αρχικά, δεν έχει ακόμα τεκμηριωθεί ερευνητικά το κατά πόσο υφίστανται σημαντικές μορφολογικές διαφορές μεταξύ ρικνωμένων και φυσιολογικών μυών σε επίπεδο μυϊκού ιστού. Αρκετοί ερευνητές προσπάθησαν με ιστολογικές μελέτες να διερευνήσουν την πιθανότητα ύπαρξης μεγαλύτερου ποσοστού ίνωσης στους βραχυσμένους μυς, με μόνο μια μελέτη (Booth et al, 2001) να αναφέρει αυξημένη ποσότητα κολλαγόνου ιστού σε βιοψίες σπαστικών μυών ενώ αρκετές άλλες περιγράφουν φυσιολογικές ποσότητες συνδετικού ιστού στις βιοψίες τους (Bruin et al, 2013; Marbini et al, 2002; Ito et al, 1996). Σε πολύ παρόμοιο πλαίσιο (Foran et al, 2005) κινούνται και οι προσπάθειες που πραγματοποιήθηκαν προκειμένου να διερευνηθεί η πιθανότητα ύπαρξης διαφοράς στο μήκος των μυϊκών δεσμίδων μεταξύ βραχυσμένων και φυσιολογικών μυών και, κατά συνέπεια, και στον αριθμό των σαρκομερίων. Αναφορικά με αυτό, ενώ αρχικά διεξήχθησαν αξιόλογες μελέτες οι οποίες δεν ανέφεραν σημαντικές διαφορές στον αριθμό σαρκομερίων του σπαστικού μυς (Malaiya et al 2007, Shortland et al, 2002), μεταγενέστερες μελέτες (Moreau et al 2009; Mohagheghi et al, 2008; Tabary et al, 1976) περιπλέκουν την κατάσταση αναφέροντας στα αποτελέσματά τους μειωμένο αριθμό σαρκομερίων και μειωμένο μήκος μυϊκών δεσμίδων σε μυς που εμφανίζουν κλινικά κάποιου βαθμού βράχυνση. Βέβαια, δεν είναι λίγες οι μελέτες που υποστηρίζουν ότι το αίσθημα της αυξημένης δυσκαμψίας που δίνει κλινικά ένας μυς δε σχετίζεται απαραίτητα και με την πραγματική αύξηση της αντίστασης

που προβάλλει κατά την παθητική επιμήκυνση (Bruin et al, 2013). Αντίθετα, σε επίπεδο πλέον μυός και όχι μυϊκού ιστού, μια παρατήρηση στην οποία μοιάζει να συμφωνούν οι περισσότερες μελέτες είναι ότι οι σπαστικοί μύες στα παιδιά με ΕΠ τείνουν να εμφανίζουν μειωμένο μυϊκό όγκο καθώς και μειωμένο μήκος της μυϊκής γαστέρας (Barret and Lichwark 2010).

Δεδομένου του βαθμού αποδοχής και τεκμηρίωσης που λαμβάνει το γεγονός ότι τα παιδιά με ΕΠ εμφανίζουν μειωμένο παθητικό εύρος κίνησης των αρθρώσεων, ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει να προσπαθήσουμε να μελετήσουμε αναλυτικά τις τιμές που αυτό φαίνεται να λαμβάνει ανά άρθρωση. Η κατάδειξη μάλιστα, ενός «αναμενόμενου» παθητικού εύρους για κάθε άρθρωση στα παιδιά με ΕΠ, πιθανώς να έχει και πολύ μεγάλη κλινική αξία στη λήψη των θεραπευτικών παρεμβάσεων, δεδομένου ότι αυτές θα μπορούσαν να καθορίζονται με βάση το παθητικό εύρος που φυσιολογικά περιμένουμε να εμφανίσουν τα παιδιά με ΕΠ και όχι με βάση τη διαφορά του από αυτό των παιδιών ΤΑ, η οποία ούτως η άλλως είναι αναμενόμενη.

Η σύγκριση των αποτελεσμάτων της δικής μας μελέτης με τα αντίστοιχα μελετών, οι οποίες έχουν συμπεριλάβει παιδιά μεγαλύτερων ηλικιών, δεν μπορεί να μας δώσει, πιθανότατα, ιδιαίτερα χρήσιμα συμπεράσματα, καθώς, όπως προκύπτει από τις ίδιες τις έρευνες, το παθητικό εύρος κίνησης μειώνεται με το πέρασμα των ετών τόσο στα παιδιά με ΕΠ όσο και στα παιδιά ΤΑ. Η μοναδική μελέτη η οποία έχει συμπεριλάβει παιδιά ηλικίας μικρότερης των 4 ετών είναι αυτή της Nordmark και των συνεργατών της (2009) στην οποία συμμετέχουν παιδιά από 2 ετών ενώ έχει καταγραφεί ξεχωριστά και το εύρος για κάθε ηλικία. Οι τιμές μάλιστα που αναφέρονται για την απαγωγή και την έξω στροφή του ισχίου, την ιγνυακή γωνία και τη ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής για τα παιδιά κοντά στην ηλικία των 2 ετών συμπίπτουν σημαντικά με τις τιμές που παρατηρήθηκαν στη δική μας μελέτη. Ενδεικτικά, η μέση τιμή της ραχιαίας κάμψης της ποδοκνημικής που εμφανίζουν τα παιδιά με ΕΠ στην ηλικία των 2 ετών αναφέρεται στις 30° με τις δικές μας τιμές να πλησιάζουν πολύ, δηλαδή 30,5° στην ηλικία των 29 μηνών και 29° στην ηλικία των 37 μηνών. Αντίθετα, οι τιμές που αναφέρονται από τις McDowell (McDowell et al, 2012) και Kilgour (Kilgour et al, 2005), οι οποίες έχουν συμπεριλάβει παιδιά μεγαλύτερου ηλικιακού φάσματος (4-17 έτη και 6-17 έτη αντίστοιχα) και έχουν εξάγει ένα κοινό μέσο εύρος για το σύνολο των παιδιών που αξιολογήθηκαν, είναι σημαντικά χαμηλότερες, της τάξεως των 4,3° και -2,5° αντίστοιχα. Κατά παρόμοιο τρόπο οι τιμές που λαμβάνει η ιγνυακή γωνία στη δική μας μελέτη, 171° στην ηλικία των 29 μηνών και 170° στην ηλικία των 37 μηνών, πλησιάζουν πολύ περισσότερο στις 162° που αναφέρονται από τη Nordmark (Nordmark et al, 2009) συγκριτικά με τις άλλες 2 μελέτες που αναφέρουν 134° (McDowell et al, 2012) και 120,8° (Kilgour et al, 2005). Σε ό,τι

αφορά την υπερέκταση του γόνατος, μια τιμή που δε συμπεριέλαβε στη μελέτη της η Nordmark, φαίνεται ότι οι διαφορές δεν είναι ιδιαίτερα σημαντικές μιας και ακόμα και σε μεγαλύτερα παιδιά εμφανίζονται σταθερά μικρές αποκλίσεις της τάξεως της μίας έως 3° γεγονός το οποίο κινείται στα πλαίσια και των δικών μας παρατηρήσεων. Αναφορικά με την απαγωγή και την έξω στροφή του ισχίου, η Nordmark (Nordmark et al, 2009) αναφέρει τιμές 43° για την απαγωγή του ισχίου και 57° για τη έξω στροφή με τη McDowell (McDowell et al, 2012) να αναφέρει 32,5° και 40,4° αντίστοιχα ενώ οι τιμές που καταγράφηκαν στη δική μας αξιολόγηση είναι 44° για την απαγωγή και 54° για την έξω στροφή του ισχίου.

Από την ανάγνωση των αποτελεσμάτων μας καθώς και των συμπερασμάτων των υπολοίπων ερευνών, είναι φανερό ότι η ηλικία των παιδιών τη στιγμή κατά την οποία γίνεται η μέτρηση του εύρους κίνησης παίζει σημαντικό ρόλο στο τελικό αποτέλεσμα της μέτρησης. Πιο συγκεκριμένα το συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι με την αύξηση της ηλικίας τείνει να μειώνεται το παθητικό εύρος κίνησης των αρθρώσεων. Κατά τη διάρκεια της φυσιολογικής ανάπτυξης των μυών, κάθε μυς αυξάνει το μήκος του σε συνάρτηση με το οστό στο οποίο καταφύεται, με τρόπο κλιμακωτό. Αυτό σημαίνει ότι τόσο οι μυϊκές δεσμίδες όσο και το επιμηκούμενο τμήμα της μυϊκής διατομής αναπτύσσουν το μήκος τους χωρίς να μεταβάλλεται η γωνία των δεσμίδων και της μυϊκής απονεύρωσης. Παράλληλα, στην ανάπτυξη του μήκους του μυός συμβάλλει εξίσου, αν όχι και περισσότερο, η αύξηση της διαμέτρου των μυϊκών δεσμίδων (Benard et al, 2011). Με δεδομένη, συνεπώς, την ανάπτυξη των δεσμίδων και σε πάχος, φαντάζει εύλογο ότι όσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα του μυϊκού ιστού που είναι οργανωμένος με παράλληλη διάταξη τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η αντίσταση στην επιμήκυνση. Ως συνέπεια οι περισσότερο ανεπτυγμένοι μύες, που συνήθως συναντάμε και σε πιο μεγάλα σε ηλικία παιδιά, τείνουν να εμφανίζουν μεγαλύτερη αντίσταση στην επιμήκυνση που φυσιολογικά επέρχεται με την ανάπτυξη έτσι ώστε η ελαστικότητά τους είναι προοδευτικά μειούμενη και το μήκος τους αναλογικά μικρότερο περιορίζοντας ταυτόχρονα και το παθητικό εύρος κίνησης της άρθρωσης. Η υπόθεση αυτή θα μπορούσε να αποδώσει με αρκετά μεγάλη ακρίβεια τη γενικότερη τάση που παρατηρείται στους ανθρώπινους μυς να χάνουν την ελαστικότητά τους με την αύξηση της ηλικίας και ως εκ τούτου και το εύρος κίνησης μιας άρθρωσης να ελαττώνεται προοδευτικά από τις μικρότερες ηλικίες προς τις μεγαλύτερες.

Ιδιαίτερα στα παιδιά με ΕΠ, υπάρχουν σαφείς ενδείξεις ότι η σταδιακή μείωση του μήκους των μυών και η προοδευτική ελάττωση του παθητικού εύρους κίνησης των αρθρώσεων εμπλέκονται και σε σοβαρές παθολογικές καταστάσεις που δυσχεραίνουν τη στάση και εμποδίζουν

την κίνηση συμβάλλοντας σημαντικά στον περιορισμό των λειτουργικών ικανοτήτων των παιδιών. Για τον λόγο αυτό, έχουν αναπτυχθεί διαχρονικά και αρκετές ιατρικές μέθοδοι αντιμετώπισης της ελάττωσης του εύρους κίνησης και των μυοσκελετικών παραμορφώσεων, όπως η έγχυση αλαντικής τοξίνης και οι ορθοπαιδικές μυϊκές επιμηκύνσεις. Η Wright και η Bartlett (2010) αναφέρουν υψηλού βαθμού συσχέτιση μεταξύ της ηλικίας και των μυϊκών ρικνώσεων καθώς και των σπονδυλικών παραμορφώσεων, υποδεικνύοντας προοδευτική επιδείνωση κατά την εφηβεία. Η Bell και οι συνεργάτες της (2002), σε μια μελέτη κατά την οποία το παθητικό εύρος κίνησης καταγράφηκε 2 φορές σε απόσταση 4 ετών μεταξύ των μετρήσεων, επίσης αναφέρει επιδείνωση των μυϊκών ρικνώσεων καθώς και των χαρακτηριστικών της βάδισης με το πέρασμα των ετών, με πιο σημαντικές τον περιορισμό της ραχιαία κάμψης της ποδοκνημικής, της ιγνυακής γωνίας καθώς και της απαγωγής του ισχίου. Ο Svehlik και οι συνεργάτες του (2012) σε μια μελέτη που προσπάθησαν να διερευνήσουν τα αίτια δημιουργίας ρικνώσεων του γαστροκνημίου μύος, αναφέρει ότι το παθητικό εύρος της ραχιαία κάμψης της ποδοκνημικής μοιάζει να ελαττώνεται με την πάροδο του χρόνου στα παιδιά με ΕΠ κατά την παιδική ηλικία ενώ επιπλέον εικάζουν ότι η μείωση αυτή έχει άμεση σχέση με την αύξηση του ύψους που πραγματοποιείται κατά την ανάπτυξη των παιδιών. Η Nordmark και οι συνεργάτες της (2009) επίσης έδειξαν προοδευτικά μειούμενες τιμές παθητικού εύρους κίνησης στη μελέτη τους για παιδιά με ΕΠ ηλικίας 2 έως 17 ετών και σε όλες τις αρθρώσεις των κάτω άκρων. Αξιοπρόσεκτο είναι το γεγονός ότι κατάφεραν να εντοπίσουν και τις ηλικιακές περιόδους κατά τις οποίες η ελάττωση παρουσιάζεται ιδιαίτερα αυξημένη με την απαγωγή του ισχίου να τείνει να ελαττώνεται περισσότερο μετά την ηλικία των 7 ετών, την έξω στροφή του ισχίου μεταξύ 2 και 7 ετών και τη ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής να εμφανίζει αυξημένη ελάττωση μέχρι την ηλικία των 5 ετών και μετά να παραμένει σχετικά σταθερή.

Η ελάττωση του παθητικού εύρους κίνησης σε σχέση με την ηλικία τόσο στα παιδιά με ΕΠ όσο και στα παιδιά ΤΑ παρατηρήθηκε σε περιορισμένο βαθμό και στα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, με δεδομένο το γεγονός ότι η δεύτερη μέτρηση πραγματοποιήθηκε με τα παιδιά 8 μήνες μεγαλύτερα. Παρά το ότι οι διαφορές των τιμών που καταγράφηκαν μεταξύ των 2 μετρήσεων δεν είναι στατιστικά σημαντικές δεν μπορούμε να αγνοήσουμε απόλυτα το γεγονός ότι οι μέσοι όροι του παθητικού εύρους της απαγωγής του ισχίου, της υπερέκταση του γόνατος, της ιγνυακής γωνίας καθώς και της ραχιαίας κάμψης της ποδοκνημικής εμφανίζουν μια μικρή τάση μείωσης κατά τη δεύτερη μέτρηση με εντονότερη αυτή της ιγνυακής γωνίας. Βεβαίως είναι απαραίτητο να αναφερθεί ότι στη μελέτη δεν παρατηρήθηκε κάποιου βαθμού συσχέτιση μεταξύ του εύρους και της ηλικίας ούτε και μεταξύ του εύρους και του ύψους αλλά πιθανότατα αυτό να οφείλεται στο ότι τα

περισσότερα παιδιά ήταν ηλικιακά, και ως εκ τούτου και σωματομετρικά, πολύ κοντά μεταξύ τους. Επιπλέον, το χρονικό διάστημα των 8 μηνών που μεσολάβησε μεταξύ των 2 μετρήσεων, αφενός ήταν σταθερό για όλα τα παιδιά και, επομένως, δε θα μπορούσε να έχει διαφορετική επίδραση σε κάποια από αυτά και αφετέρου ήταν ενδεχομένως πολύ μικρό για να προλάβουν να διαφοροποιηθούν σημαντικά τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά των παιδιών και να οδηγήσουν σε σημαντικές διαφοροποιήσεις και στο παθητικό εύρος.

Ένα από τα σημαντικότερα ευρήματα αυτής της μελέτης εμπερικλείεται στην παρατήρηση ότι ουσιαστικά δεν υπήρξε κάποια στατιστικά σημαντική διαφορά στο παθητικό εύρος κίνησης των αρθρώσεων των κάτω άκρων στα παιδιά με ΕΠ μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης. Οι διαφορές που παρατηρήθηκαν μεταξύ των δύο μετρήσεων σε κάποια παιδιά μπορεί να άγγιζαν τις 6° είτε ως αύξηση του εύρους είτε κυρίως ως ελάττωση, αλλά, όπως φαίνεται και στον πίνακα 5.1, οι μέσοι όροι των τιμών του δείγματος δεν καταδεικνύουν κάποια ιδιαίτερα σημαντική διαφορά. Το εύρημα αυτό ενισχύει σημαντικά την πεποίθηση ότι πιθανότατα η έναρξη της αυτόνομης βάδισης στα παιδιά με ΕΠ δε σχετίζεται άμεσα με την ελάττωση του παθητικού εύρους κίνησης και επομένως ούτε με τη δημιουργία ή την επιδείνωση των μυϊκών ρικνώσεων και των μυοσκελετικών παραμορφώσεων. Επιπλέον, το γεγονός ότι διαφορές στο εύρος κίνησης μεταξύ παιδιών με ΕΠ και ΤΑ παρατηρήθηκαν και κατά την πρώτη μέτρηση, στην οποία όλα τα παιδιά βρίσκονταν στα πολύ πρώιμα στάδια της βάδισής τους και, επομένως, η πιθανότητα οι μειωμένες τιμές στο εύρος κίνησης να οφείλεται στην ιδιαιτερότητα της βάδισής τους είναι πολύ μικρή, μας υποχρεώνει να αναζητήσουμε άλλα πιθανά αίτια που να δικαιολογούν την παρατηρούμενη ελάττωση.

Είναι γεγονός ότι τα παιδιά με ΕΠ παρότι εμφανίζουν δυσλειτουργίες στην κίνηση και τη στάση τους από πολύ νωρίς στη ζωή τους, συνήθως και από τη στιγμή της γέννησής τους, δεν εμφανίζουν περιορισμό στο εύρος κίνησης των αρθρώσεών τους ή μειωμένη μυϊκή ελαστικότητα ή μυοσκελετικές παραμορφώσεις από τη γέννηση τους, παρά μόνο αρκετά αργότερα (Mayston, 2001). Επίσης, εξορισμού, το μεγαλύτερο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν τα παιδιά με ΕΠ δεν είναι ούτε η διαταραχή του μυϊκού τόνου ούτε οι παραμορφώσεις αλλά η κατάργηση ή η έκπτωση της εκούσιας κίνησης, εξαιτίας της αδυναμίας του εγκεφάλου να ενεργοποιήσει ικανοποιητικό αριθμό κινητικών μονάδων στους μυς προκειμένου να πραγματοποιήσει την απαιτούμενη κίνηση - εξού και ο όρος «Παράλυση». Εύλογα, λοιπόν, προκύπτει το συμπέρασμα ότι η ανάπτυξη ή μη του μυϊκού μήκους καθώς και η μείωση του εύρους κίνησης πιθανότατα σχετίζονται περισσότερο με την απουσία κίνησης και συνεπώς με την αποτυχία κάλυψης του πλήρους εύρους της άρθρωσης ή του

πλήρους μήκους του μυός παρά με τη διαφοροποίηση της κίνησης λόγω χρήσης εναλλακτικών προτύπων βάρδισης.

Χαρακτηριστικά είναι, άλλωστε, και τα αποτελέσματα μελετών που έχουν επιχειρήσει να συσχετίσουν τη βαρύτητα της ΕΠ με την ελάττωση του παθητικού εύρους κίνησης και οι οποίες καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι τα παιδιά με μεγαλύτερους λειτουργικούς περιορισμούς εμφανίζουν και μεγαλύτερη μείωση στο παθητικό εύρος κίνησης. Η Nordmark και οι συνεργάτες της (2009) αναφέρουν μειωμένες τιμές εύρους της απαγωγής του ισχίου, της ιγνυακής γωνίας και της έκτασης του γόνατος σε παιδιά λειτουργικού επιπέδου III-V κατά GMFCS σε αντίθεση με την έξω στροφή του ισχίου και τη ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής, οι οποίες εμφάνισαν μειωμένες τιμές σε παιδιά επιπέδου I και II. Η McDowell και οι συνεργάτες της (2012) επίσης αναφέρουν σημαντικά μειωμένο εύρος κίνησης στα παιδιά με χαμηλότερο λειτουργικό επίπεδο (μεγαλύτερο επίπεδο κατά GMFCS υποδεικνύει χαμηλότερο λειτουργικό επίπεδο) αλλά με αρκετά μεγάλη μεταβλητότητα σε μονόπλευρες και αμφίπλευρες βλάβες ενώ αντίστοιχα η Wright και η Bartlett (2010) αναφέρουν αυξημένες σπονδυλικές παραμορφώσεις σε παιδιά επιπέδου IV και V κατά GMFCS. Τέλος η Bell και οι συνεργάτες της (2002), σε μια μελέτη στην οποία είχαν χωριστεί τα παιδιά με ΕΠ σε δύο ομάδες, σε μια που χαρακτηριζόταν ως «περισσότερο λειτουργική» και σε μια «λιγότερο λειτουργική», αναφέρει ότι η πρώτη ομάδα εμφάνισε μειωμένη απαγωγή ισχίου και ιγνυακή γωνία ενώ η δεύτερη ανέπτυξε μειωμένη παθητική ραχιαία κάμψη ποδοκνημικής.

Προς την ίδια κατεύθυνση μοιάζει ότι οδηγούν και τα συμπεράσματα του Ostensjo και των συνεργατών του (2004), οι οποίοι προσπάθησαν να μελετήσουν το βαθμό συσχέτισης μεταξύ εκούσιας κίνησης και εύρους κίνησης, καταγράφοντας την ικανότητα των παιδιών με ΕΠ για επιλεκτική κινητοποίηση μεμονωμένων αρθρώσεων και όχι τα κριτήρια του GMFCS. Σύμφωνα λοιπόν με τα αποτελέσματά τους, η απουσία εκλεκτικού κινητικού ελέγχου στην άρθρωση της ποδοκνημικής αποτέλεσε τον πιο σημαντικό προγνωστικό παράγοντα για την αναγνώριση μειωμένου εύρους κίνησης καθώς και για την, συνολικά, μειωμένη κινητική λειτουργικότητα των παιδιών με ΕΠ.

Οι παρατηρήσεις αυτές ουσιαστικά καταδεικνύουν τη σχέση που υφίσταται μεταξύ της ύπαρξης μυοσκελετικών παραμορφώσεων και του βαθμού κίνησης των παιδιών με ΕΠ, υποστηρίζοντας ότι όσο λιγότερη κίνηση πραγματοποιεί μια άρθρωση, δηλαδή όσο πιο επιβαρυνμένη είναι η κατάστασή της (υψηλότερο επίπεδο κατά GMFCS), τόσο περισσότερες είναι οι πιθανότητες να εμφανίζει κάποια παραμόρφωση. Εξαιτίας της διαφοροποίησης της κίνησης, η οποία είναι δεδομένη στα παιδιά με ΕΠ από τα πολύ πρώιμα στάδια της ανάπτυξής τους, θα

μπορούσε και το παθητικό εύρος κίνησης των αρθρώσεων να διαφοροποιείται στα παιδιά αυτά από αρκετά νωρίς χωρίς να είναι απαραίτητη η έναρξη της βάρδισης για να συμβεί αυτό. Αντιθέτως, τα παιδιά με υψηλότερο λειτουργικό επίπεδο (χαμηλότερο επίπεδο κατά GMFCS), ανεξάρτητα από το αν υιοθετούν διαφοροποιημένα του φυσιολογικού πρότυπα για να κινηθούν, εμφανίζουν μικρότερη μείωση στο παθητικό εύρος κίνησης πιθανότατα εξαιτίας του γεγονότος ότι συνολικά πραγματοποιείται περισσότερη κίνηση στις αρθρώσεις τους. Φαίνεται, δηλαδή, ότι η έλλειψη επαρκούς κίνησης ή η κίνηση σε περιορισμένο εύρος κίνησης έχει μεγαλύτερη επίδραση στη μεταβολή του παθητικού εύρους κίνησης ενώ η επάρκεια της κίνησης, ακόμα αν δεν είναι τόσο ποιοτική όσο στα παιδιά ΤΑ, έχει ευεργετικά αποτελέσματα.

Μια μικρή διαφοροποίηση ενδεχομένως να προκύπτει αναφορικά με την άρθρωση της ποδοκνημικής, η οποία σε παιδιά χαμηλότερων λειτουργικών επιπέδων (IV και V) τα οποία δε βαδίζουν ανεξάρτητα ούτε με τη χρήση κάποιου βοηθήματος, δε χρησιμοποιείται αλλά ούτε και φορτίζεται με τον ίδιο τρόπο. Επιπλέον, τα παιδιά με ΕΠ λειτουργικού επιπέδου I και II, όπως αποδεικνύεται στο τρίτο κεφάλαιο της διατριβής, έχουν την τάση να εμφανίζουν αυξημένη πελματιαία κάμψη κατά τη φάση στήριξης της βάρδισής τους κάτι το οποίο προφανώς και δεν παρατηρείται στα παιδιά που δεν είναι ικανά να βαδίζουν ανεξάρτητα. Κατά συνέπεια, είναι λογικό να εμφανίζεται εντονότερα κάποιου βαθμού περιορισμός στην ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής στα παιδιά υψηλότερου λειτουργικού επιπέδου που βαδίζουν ιδιαίτερα κατά τα πρώτα χρόνια της ζωής τους, οπότε και οι διαφορές στην κίνηση είναι εντονότερες.

Κλείνοντας, θα πρέπει επίσης να σημειωθεί, ότι παρά τις όποιες πιθανές ερμηνείες των αποτελεσμάτων, συνεχίζει να υφίσταται ερευνητικά μια μικρή επιφύλαξη αναφορικά με την αξιοπιστία της μεθόδου μέτρησης του παθητικού εύρους κίνησης, της γωνιομέτρησης. Αξιοσημείωτο είναι ότι υπάρχουν αρκετές μελέτες οι οποίες αναφέρουν υψηλά ποσοστά λάθους, ιδιαίτερα για τις μεγάλες αρθρώσεις και για παιδιά με ΕΠ, και ότι, παρά τις πολλαπλές προσπάθειες για ακριβή επαναληψιμότητα της διαδικασίας της γωνιομέτρησης καθώς και δημιουργίας τυποποιημένων πρωτοκόλλων μέτρησης οι τιμές λάθους που αναφέρονται φτάνουν μέχρι και τις 15° με 20° (McDowel et al, 2000; Kilgour et al, 2003), προτείνοντας ότι οι αναλύσεις των δεδομένων θα πρέπει να αντιμετωπίζονται με μεγαλύτερη επιφύλαξη (Dargah et al, 2014). Επομένως, δεν μπορούμε να αποκλείσουμε την πιθανότητα και οι αναλογικά μικρές διαφορές που καταγράφηκαν στις μετρήσεις μας να οφείλονται ως ένα βαθμό στο ποσοστό λάθους της γωνιομετρικής μεθόδου και στην αδυναμία της να καταγράψει με υψηλή αξιοπιστία πιθανές μικρές μεταβολές στο παθητικό εύρος κίνησης.

6.2 Χωροχρονικά και κινηματικά χαρακτηριστικά βάρδισης

Σύμφωνα με τις μέχρι σήμερα γνώσεις μας η παρούσα μελέτη αποτελεί την πρώτη έρευνα που εξετάζει τη μεταβολή των χωροχρονικών και κινηματικών χαρακτηριστικών της βάρδισης σε παιδιά με ΕΠ σε πολύ μικρή ηλικία και κατά την έναρξη της αυτόνομης βάρδισής τους. Σκοπός της μελέτης είναι να καταγράψει τα χωροχρονικά (ταχύτητα βάρδισης, ρυθμός βάρδισης, διάρκεια μονοποδικής στήριξης, μήκος βηματισμού και μήκος διασκελισμού) και τα κινηματικά χαρακτηριστικά της βάρδισης παιδιών με ΕΠ τα οποία μόλις είχαν ξεκινήσει την ανεξάρτητη βάρδιση και να διερευνήσει τις μεταβολές αυτών των χαρακτηριστικών στα ίδια παιδιά 8 μήνες αργότερα, οπότε θα έχει επέλθει κάποιου βαθμού ωρίμασης. Η καταγραφή και μελέτη των μεταβολών αυτών έχει ως στόχο τη διευκρίνιση του κατά πόσο η εξάσκηση του κινητικού προτύπου της βάρδισης από τα παιδιά με ΕΠ συνεισφέρει στη βελτίωση η μη χαρακτηριστικών της βάρδισης τα οποία συνδέονται άμεσα με τη δυναμική ισορροπία κατά τη βάρδιση, την αποτελεσματικότητα της βάρδισης στην κάλυψη καθημερινών αναγκών καθώς και με τη συνολική λειτουργικότητα του κάθε παιδιού. Επιπλέον, η μελέτη της μεταβολής των κινηματικών χαρακτηριστικών των παιδιών με ΕΠ αποσκοπεί στον εντοπισμό και την καταγραφή των παραμέτρων αυτών που μπορεί να θεωρηθούν αντιπροσωπευτικά της ωρίμασης της βάρδισης. Ως συνέπεια, σκοπός της μελέτης είναι να καθοριστεί ο βαθμός του λειτουργικού οφέλους των παιδιών με ΕΠ από την εξάσκηση της ανεξάρτητης βάρδισης αλλά και ο τρόπος με τον οποίο αυτή επηρεάζει δυναμικά την κίνηση των αρθρώσεων.

Παρά το γεγονός ότι η μελέτη μας δε στοχεύει στη σύγκριση των χωροχρονικών χαρακτηριστικών της βάρδισης μεταξύ παιδιών με ΕΠ και ΤΑ, αξίζει να σημειωθεί ότι από τα γενικότερα στοιχεία των αποτελεσμάτων μας προκύπτει ότι, συνολικά, τα παιδιά με ΕΠ βαδίζουν με μικρότερη ταχύτητα, μειωμένο ρυθμό βάρδισης καθώς και μικρότερο μήκος βηματισμού και διασκελισμού σε σχέση με τα παιδιά ΤΑ. Τα στοιχεία αυτά συμφωνούν με την πλειονότητα των αντιστοίχων μελετών (Kim and Son 2014; Wang and Wang, 2012; Eek et al, 2011; Prosser et al, 2010; Dusing et al, 2007; Johnson et al 1997) επιβεβαιώνοντας την ύπαρξη αξιοσημείωτων δυσκολιών στη βάρδιση των παιδιών με ΕΠ συμπεριλαμβανομένων της φτωχότερης ισορροπίας κατά τη βάρδιση και της μειωμένης δυνατότητας ελέγχου της κίνησης. Πρέπει, ωστόσο, και σε αυτό το σημείο να αναφερθεί ότι οι περισσότερες μελέτες δεν έχουν μελετήσει την έναρξη ή τα πολύ πρώιμα στάδια της βάρδισής τους. Η μοναδική μελέτη (Prosser et al, 2010) η οποία το έχει επιχειρήσει, περιλαμβάνοντας παιδιά με 0,5 έως 60 μήνες βαδιστικής εμπειρίας αναφέρει ομοίως

ότι τα παιδιά με ΕΠ εμφάνισαν μειωμένη βαδιστική ικανότητα ακόμα και όταν η βαδιστική τους εμπειρία ήταν χρονικά παρόμοια με αυτήν παιδιών ΤΑ. Καταλήγει λοιπόν στο συμπέρασμα πως τα χωροχρονικά χαρακτηριστικά της βάδισης στα παιδιά με ΕΠ εμφανίζονται διαφοροποιημένα από την αρχή της δημιουργίας τους χωρίς όμως να αναφέρεται το πως αυτά μεταβάλλονται με το πέρασμα του χρόνου και με την ωρίμαση της βάδισης.

Σε αντίθεση με τα αποτελέσματα των περισσότερων ερευνών (Kim and Son 2014; Eek et al, 2011) έρχονται τα αποτελέσματα της μελέτης μας σε ό,τι αφορά τη διάρκεια της μονοποδικής στήριξης. Παρότι η πλειονότητα των συγγραφέων αναφέρει ελαττωμένη διάρκεια μονοποδικής στήριξης στα παιδιά με ΕΠ σε σχέση με παιδιά ΤΑ αντίστοιχων ηλικιών τα αποτελέσματά μας δείχνουν αυξημένη διάρκεια στα παιδιά με ΕΠ η οποία μάλιστα παρατηρείται και στις δυο μετρήσεις, μολονότι στην πρώτη μέτρηση είναι στατιστικά σημαντική ενώ στη δεύτερη όχι. Η παρατήρηση αυτή ενδεχομένως οφείλεται στο ότι τα παιδιά που συμμετέχουν στη μελέτη βρίσκονται στα πολύ πρώιμα στάδια της βάδισής τους γεγονός το οποίο σε συνδυασμό με τη σημαντικά μικρότερη ταχύτητα και ρυθμό βάδισης που παρουσιάζουν τα παιδιά με ΕΠ πιθανότατα καταδεικνύει το πολύ αργό βήμα που πραγματοποιούν τα παιδιά με ΕΠ κατά τις πρώτες φάσεις της βάδισής τους. Επιπλέον, το γεγονός ότι κατά τη δεύτερη μέτρηση η διαφορά αυτή στη διάρκεια της μονοποδικής στήριξης μεταξύ παιδιών με ΕΠ και ΤΑ μειώνεται, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι τα παιδιά με ΕΠ αυξάνουν σημαντικά την ταχύτητα βάδισης ενώ τα παιδιά ΤΑ όχι, ενισχύει την προαναφερθείσα πεποίθησή μας και επιπλέον παρέχει μια ένδειξη του τρόπου με τον οποίο τα παιδιά με ΕΠ αυξάνουν την ταχύτητά τους, με την αύξηση, δηλαδή, του μήκους βήματος και όχι η αύξηση του ρυθμού βήματος.

Όσον αφορά στις μεταβολές των χωροχρονικών χαρακτηριστικών της βάδισης των παιδιών με ΕΠ, φαίνεται από την ανάλυση των αποτελεσμάτων ότι μέσα στο διάστημα των 8 μηνών που μεσολάβησε από τη στιγμή έναρξης της βάδισης τους τα παιδιά με ΕΠ αύξησαν σημαντικά την ταχύτητα που αυθόρμητα επιλέγουν να βαδίζουν, τη διάρκεια της μονοποδικής τους στήριξης καθώς και το μήκος βηματισμού και διασκελισμού. Τα αποτελέσματα αυτά μαζί με το γεγονός ότι στο ίδιο χρονικό διάστημα δεν πραγματοποιήθηκε καμία επιπλέον παρέμβαση ούτε μεταβλήθηκε σημαντικά κάτι στο καθιερωμένο θεραπευτικό πρόγραμμα των παιδιών, μας οδηγεί στο συμπέρασμα πως η εξάσκηση της ανεξάρτητης βάδισης στα πλαίσια της καθημερινότητας των παιδιών και των οικογενειών τους έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση παραμέτρων που ενισχύουν την αποτελεσματικότητα της βάδισης. Τα παιδιά πλέον μπορούν να μετακινηθούν με μεγαλύτερη επάρκεια, σε ταχύτερες οι οποίες καλύπτουν πιο άμεσα τις ανάγκες τους (μεταφορά, παιχνίδι,

δραστηριότητες καθημερινής ζωής), με καλύτερη ισορροπία και με μεγαλύτερη ευκολία. Τη σπουδαιότητα της παρατήρησης αυτής ενισχύουν και ερευνητές οι οποίοι υποστηρίζουν ότι οι σχετικά απλές παράμετροι όπως αυτές της ταχύτητας βάδισης, του ρυθμού βάδισης, της μονοποδικής στήριξης, του μήκους βήματος και διασκελισμού είναι οι πιο έγκυροι και αξιόπιστοι δείκτες της λειτουργικής ανεξαρτησίας του ατόμου ενώ παράλληλα αποτελούν ίσως και από τους πιο ευαίσθητους δείκτες της μεταβολής της κινητικής κατάστασης των παιδιών με ΕΠ (Crosbie et al, 2012; Carriero et al, 2009; Wall and Crosbie, 1996).

Σε ό,τι αφορά τις αντίστοιχες μεταβολές των χωροχρονικών χαρακτηριστικών που αφορούν σε παιδιά μικρής ηλικίας ΤΑ, είναι γεγονός ότι υπάρχουν σαφώς περισσότερες μελέτες που έχουν προσπαθήσει να τις καταγράψουν και να τις περιγράψουν. Σε μια από τις πρώτες μελέτες (Grimshaw et al, 1998) που πραγματοποιήθηκε σε νήπια ΤΑ ηλικίας 10 έως 24 μηνών, παρατηρήθηκε αύξηση του μήκους διασκελισμού της βάδισης παράλληλα με την αύξηση της ηλικίας αλλά και ταυτόχρονα με την αύξηση της βαδιστικής εμπειρίας των παιδιών, η οποία αποδόθηκε τόσο στις μεταβολές των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών των παιδιών όσο και στη βελτίωση του κινητικού συντονισμού. Στην ίδια μελέτη δεν κατάφεραν να βρουν άλλες σημαντικές ενδείξεις που να συνδέουν τις μεταβολές των υπόλοιπων χωροχρονικών χαρακτηριστικών με την αύξηση της ηλικίας των νηπίων καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι η εξέλιξη της βάδισης δεν ταυτίζεται απαραίτητα και σε όλα της τα στοιχεία με τη φυσική και σωματική ανάπτυξη των παιδιών.

Με παρόμοιο τρόπο, η Halleman και οι συνεργάτες της, σε μια διατμηματική μελέτη που πραγματοποίησε το 2005, πάλι σε νήπια ΤΑ ισχυρίζεται ότι τα πρώτα σημάδια ωρίμασης της αυτόνομης βάδισης παρατηρήθηκαν μετά τους τέσσερεις μήνες ανεξάρτητης βάδισης. Η μελέτη αυτή ωστόσο πραγματοποιήθηκε σε μια προσπάθεια να συνδεθούν τα χαρακτηριστικά της ανώριμης βάδισης των νηπίων με τα αντίστοιχα της ώριμης βάδισης ενηλίκων.

Σε αντίθεση με τις παραπάνω παρατηρήσεις βρίσκονται τα συμπεράσματα του Holt και των συνεργατών του (2006) ο οποίος σε μια μελέτη που πραγματοποίησε σε επτά παιδιά ΤΑ και στα πολύ πρώτα στάδια της ανάπτυξης της βάδισής τους και η οποία περιλάμβανε επαναληπτικές μετρήσεις ανά ένα μήνα για διάστημα έξι μηνών αναφέρει ότι η ταχύτητα βάδισης, το μήκος βηματισμού και ο ρυθμός βάδισης αυξήθηκαν σημαντικά κατά τον πρώτο μήνα των μετρήσεων.

Ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες είναι και οι παρατηρήσεις του Samson και των συνεργατών του (2013) οι οποίοι ανέλυσαν τη βάδιση 75 παιδιών ΤΑ με ηλικίες 1 έως 6 ετών και ισχυρίζεται ότι κατά τα πρώτα πέντε χρόνια η ταχύτητα βάδισης παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις στα παιδιά ΤΑ

και ενώ η ταχύτητα βάρδισης φαίνεται να αυξάνεται ελαφρώς με την πάροδο των ετών η σύνδεση της με την ηλικιακή ωρίμαση θα πρέπει να αντιμετωπίζεται με επιφύλαξη.

Σε αντίθεση με την πλειονότητα των μελετών, τα δικά μας αποτελέσματα στα παιδιά ΤΑ δεν υποδεικνύουν ιδιαίτερα σημαντικές μεταβολές στα χωροχρονικά χαρακτηριστικά της βάρδισης τους σε διάστημα 8 μηνών. Πιο συγκεκριμένα όλες οι μεταβολές μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης που παρατηρήθηκαν δεν ήταν στατιστικά σημαντικές με την ταχύτητα βάρδισης να παραμένει σχεδόν σταθερή και τη διάρκεια μονοποδικής στήριξης, το ρυθμό, το μήκος βηματισμού και το μήκος διασκελισμού να αυξάνονται οριακά. Μοιάζει πιθανό ότι οι μεταβολές στα παιδιά ΤΑ είναι εξελικτικά πιο αργές δεδομένου του ότι οι τιμές των μετρήσιμων παραμέτρων είναι εξαρχής πιο υψηλές και ως εκ τούτου η βάρδιση των παιδιών πιο επαρκής έτσι ώστε να μην προκύπτει άμεση ανάγκη για προσαρμογή του προτύπου τους προκειμένου να καλύψουν καθημερινές ανάγκες. Επιπλέον, δεν αποκλείεται το διάστημα των 8 μηνών που μεσολάβησε μεταξύ των δύο μετρήσεων να μην είναι επαρκές προκειμένου να πραγματοποιηθούν πολύ σημαντικές μεταβολές στα χωροχρονικά χαρακτηριστικά των παιδιών ΤΑ. Ωστόσο, δε θα πρέπει να παραγνωρίζουμε ότι από τη στιγμή που ξεκινούν την ανεξάρτητη βάρδιση ο χρόνος που την εξασκούν τα παιδιά ΤΑ στην καθημερινότητά τους είναι πολύ μεγαλύτερος από τα αντίστοιχα με ΕΠ τα οποία, τουλάχιστον στα πολύ πρώτα στάδια, ενδέχεται να την εξασκούν για μικρό χρονικό διάστημα λόγω των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν στην κίνηση ενώ κάποια ίσως και να την εξασκούν μόνο κατά τη διάρκεια των θεραπειών τους.

Τέλος, λαμβάνοντας υπόψη μας ότι τα παιδιά με ΕΠ επιτυγχάνουν την ανεξάρτητη βάρδιση σε μεγαλύτερη ηλικία από τα παιδιά ΤΑ, η επιλογή της βαδιστικής εμπειρίας και όχι της ηλικίας των παιδιών ως κριτήριο για τη συμμετοχή στη μελέτη παρά το γεγονός ότι προσφέρει μεγαλύτερη ομοιομορφία σε σχέση με τη χρονική διάρκεια κατά την οποία το βαδιστικό πρότυπο εξασκείται από το κάθε παιδί, δημιουργεί ταυτόχρονα και μια σχετική ανομοιομορφία αναφορικά με συγκεκριμένα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των παιδιών όπως το ύψος, το βάρος και το μήκος σκέλους. Οι διαφορές αυτές, όπως τονίζεται από αρκετούς ερευνητές, ενδέχεται να επηρεάζουν άμεσα τα χωροχρονικά χαρακτηριστικά της βάρδισης και κυρίως την ταχύτητα βάρδισης, το ρυθμό και το μήκος διασκελισμού δημιουργώντας παραπλανητικά αποτελέσματα. Εντούτοις, ο Holt (Holt et al, 2006), σε μελέτη που πραγματοποίησε με υγιή παιδιά στην έναρξη της βάρδισης τους ισχυρίζεται ότι οι διαφορές που παρατήρησε στον πρώτο μήνα της ανεξάρτητης βάρδισης των παιδιών αυτών - διάστημα στο οποίο οι διαφορές στη σωματοδομή των παιδιών ήταν αμελητέα - ήταν ιδιαίτερα σημαντικές γεγονός το οποίο ενισχύει την πεποίθηση ότι άλλοι είναι οι παράγοντες

που παίζουν σημαντικό ρόλο στην ωρίμαση των χαρακτηριστικών της βάδισης στα πολύ πρώιμα στάδια και όχι η μυοσκελετική ανάπτυξη (Adolph et al, 2003). Από τη στιγμή μάλιστα που στη παρούσα μελέτη δεν αποτελεί στόχο η σύγκριση μεταξύ των παιδιών με ΕΠ και ΤΑ, όπου λόγω διαφοράς ηλικίας και οι σωματομετρικές διαφορές αναμένεται να είναι μεγαλύτερες, αλλά η μελέτη των μεταβολών των χαρακτηριστικών των ίδιων παιδιών μέσα σε ένα δεδομένο χρονικό διάστημα, εκτιμούμε ότι οι ανθρωπομετρικές διαφορές δεν μπορεί να διαδραματίζουν κάποιον ιδιαίτερο ρόλο στη διαμόρφωση των αποτελεσμάτων μας. Εντούτοις και παρά το γεγονός ότι οι μεταβολές των ανθρωπομετρικών παραμέτρων κάθε παιδιού στο δείγμα μας δεν είναι σημαντικές (πίνακας 4.1) αποτελούν αδιαμφισβήτητα μια αναμενόμενη και δεδομένη κατάσταση η οποία σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να αγνοείται.

Είναι γεγονός ότι η κινηματική μελέτη της βάδισης παιδιών με ΕΠ που μόλις έχουν ξεκινήσει να βαδίζουν βρίσκεται σε πολύ πρώιμο στάδιο ενώ παράλληλα καμία μελέτη που να περιγράφει την εξέλιξη των κινηματικών χαρακτηριστικών των ίδιων παιδιών από την στιγμή που ξεκινούν την αυτόνομη βάδιση έως κάποιο στάδιο της ωρίμασής της δεν έχει πέσει στην αντίληψη μας. Στόχος της παρούσας μελέτης είναι να προσπαθήσει να περιγράψει τις πιο σημαντικές διαφορές στα κινηματικά χαρακτηριστικά παιδιών με ΕΠ από την έναρξη της αυτόνομης βάδισης και 8 μήνες αργότερα και να εντοπίσει τις παραμέτρους που μοιάζει να παίζουν σημαντικό ρόλο στην ωρίμαση και τη σταθεροποίηση του προτύπου βάδισης των παιδιών αυτών.

Μια από τα τις σημαντικότερες μεταβολές που παρατηρήθηκε στο δείγμα μας μετά το πέρας των 8 μηνών ανεξάρτητης βάδισης ήταν η σημαντική αύξηση του εύρους κίνησης στην άρθρωση της ποδοκνημικής, τόσο συνολικά όσο και κατά τη φάση στήριξης. Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματά μας, η μεταβολή αυτή οφείλεται εμφανώς στη σημαντική αύξηση της μέγιστης πελματιαίας κάμψης κατά τη φάση στήριξης, δεδομένου ότι η ραχιαία κάμψη κατά τη φάση αιώρησης μειώθηκε, αν και όχι σημαντικά. Αντιλαμβανόμαστε επομένως ότι τα παιδιά με ΕΠ με το πέρασμα του χρόνου και με την αύξηση της βαδιστικής τους εμπειρίας, υιοθετούν ένα πρότυπο το οποίο περιλαμβάνει μεγαλύτερη πελματιαία κάμψη κατά τη φάση στήριξης, προκειμένου να ανταπεξέλθουν αποτελεσματικότερα στις ανάγκες της βάδισής τους. Με τον τρόπο αυτό φαίνεται πως ενισχύουν μηχανικά την ώθηση που απαιτείται κατά το τελευταίο κομμάτι της φάσης στήριξης (terminal stance), το επονομαζόμενο και στάδιο προς τα άνω ώθησης (heel off), ώστε το πέλμα εξωθώντας το έδαφος να μετακινήσει και το υπόλοιπο σώμα προς τα εμπρός και το βάρος στο αντίπλευρο σκέλος. Η αύξηση αυτή της πελματιαίας κάμψης πιθανότατα συνδυάζεται και με τη μειωμένη ραχιαία κάμψη που εμφανίζεται συχνά στα παιδιά με ΕΠ κατά τη φάση αιώρησης - και η

οποία παρατηρείται και στο δείγμα μας, απλά όχι σε ιδιαίτερα σημαντικά επίπεδα - έτσι ώστε η ποδοκνημική από την έναρξη της φάσης στήριξης, να βρίσκεται σε πελματιαία κάμψη ή ορθότερα να μη βρίσκεται σε ραχιαία κάμψη όπως θα έπρεπε (πτώση πέλματος), λόγω της αδυναμίας των ραχιαίων καμπτήρων να συγκρατήσουν το πέλμα ενάντια στη βαρύτητα. Με αυτόν το παράδοξο τρόπο περιορίζεται μηχανικά η άρθρωση της ποδοκνημικής σε μια θέση μεταξύ της ουδέτερης και της μέγιστης πελματιαίας κάμψης ελαχιστοποιώντας την ανάγκη για ενεργοποίηση πολλών μυών και σε μεγαλύτερο εύρος και ευνοώντας την ενεργοποίηση των μεγάλων διάρθριων μυών, όπως ο γαστροκνήμιος. Αυτό που ουσιαστικά επιτυγχάνεται με αυτή τη διαδικασία είναι η πιο εύκολη διαχείριση των βαθμών ελευθερίας της άρθρωσης με μικρότερη μυϊκή ενεργοποίηση, η μειωμένη ανάγκη για συνεργασία αγωνιστών, ανταγωνιστών και σταθεροποιών μυών και ενεργοποίηση λιγότερων μυών.

Το 2002, η Bell και οι συνεργάτες της, στη μοναδική και πιο αξιόλογη μελέτη που αναλύει την εξέλιξη των κινηματικών χαρακτηριστικών της βάρδισης των ίδιων παιδιών με ΕΠ μέσα σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, αναφέρει ότι το δυναμικό εύρος της ποδοκνημικής μειώθηκε μέσα σε ένα χρονικό διάστημα 4,4 ετών μεταξύ των μετρήσεων. Ταυτόχρονα αναφέρει ότι και το παθητικό εύρος κίνησης της ποδοκνημικής μειώθηκε επίσης γεγονός το οποίο προϋποθέτει κάποιου βαθμού βράχυνση είτε του γαστροκνημίου είτε των παθητικών δομών της άρθρωσης και ως εκ τούτου η μεταβολή του δυναμικού εύρους κατά τη βάρδιση να μην μπορεί, σε καμία περίπτωση να αποδοθεί αποκλειστικά σε ενεργητικές προσαρμοστικές διαδικασίες του νευρομυϊκού συστήματος. Επίσης στη μελέτη αναφέρεται ότι τόσο στα παιδιά με καλύτερο λειτουργικό επίπεδο όσο και στα αντίστοιχα με χαμηλότερο λειτουργικό επίπεδο δεν παρατηρήθηκε ιδιαίτερα σημαντική μεταβολή στη μέγιστη πελματιαία κάμψη μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με το εύρος των ηλικιών των παιδιών που συμμετείχαν στη συγκεκριμένη μελέτη και που κυμαίνεται από 4,8 έως 18,9 έτη, μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ενδεχομένως στα παιδιά με ΕΠ, η πελματιαία κάμψη να αυξάνεται ενεργητικά από τα ίδια τα παιδιά κατά τα πρώτα στάδια της βάρδισής τους, όπως φάνηκε και στα αποτελέσματά μας, και στη συνέχεια της ανάπτυξής τους αυτή να μειώνεται σε συνάρτηση με την εμφάνιση πλέον μυοσκελετικών παραγόντων που περιορίζουν παθητικά την κίνηση και δρουν συνεργικά πλέον στον περιορισμό των βαθμών ελευθερίας της ποδοκνημικής. Η αύξηση της πελματιαίας κάμψης κατά τα πρώιμα στάδια της βάρδισης πιστεύουμε ότι αποτελεί μια πολύ δυναμική και ενεργητική διεργασία, η οποία έχει ως στόχο την προσαρμογή της βάρδισης ενός εξαρχής διαταραγμένου συστήματος στις πραγματικές ανάγκες οι οποίες παραμένουν αδιαφοροποίητες αλλά σαφώς αυξημένες για τα παιδιά με ΕΠ. Η περαιτέρω μείωση

του εύρους κίνησης των αρθρώσεων σε μεγαλύτερες ηλικίες κυρίως με την εμπλοκή περισσότερων και διαφορετικών παραμέτρων, όπως οι μυϊκές βραχύνσεις, ασφαλώς και αποτελεί ένα πολύ σημαντικό και υπαρκτό ζήτημα για τα παιδιά με ΕΠ, το οποίο και έχει εξεταστεί σε προηγούμενο κεφάλαιο της διατριβής.

Αυξημένη πελματιαία κάμψη, κυρίως εξαιτίας της υπερδιέγερσης του σπαστικού γαστροκνήμιου μυός κατά τη φάση στήριξης, σε παιδιά με ΕΠ αναφέρουν και άλλες μελέτες (Van Campenout et al, 2014). Οι εν λόγω μελέτες υποστηρίζουν ότι υπάρχει άμεση σχέση μεταξύ της ταχύτητας της βάδισης και της συμπεριφοράς του γαστροκνημίου του οποίου μεταβάλλεται σημαντικά η ταχύτητα επιμήκυνσης με την αύξηση της ταχύτητας βάδισης με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ροπή πελματιαίας κάμψης και ως συνέπεια η πελματιαία κάμψη αυτή καθαυτή.

Σε αντίθεση με τις παρατηρήσεις μας στα παιδιά με ΕΠ, τα παιδιά ΤΑ, αν και η σημαντικότητα των μεταβολών δε μοιάζει να είναι ιδιαίτερα μεγάλη, φαίνεται ότι με το πέρασμα του χρόνου εμφανίζουν μια αναδυόμενη τάση να ελαττώνουν τόσο το εύρος όσο και τις μέγιστες τιμές της ραχιαίας και πελματιαίας κάμψης σε όλες τις φάσεις της βάδισης. Το γεγονός αυτό έρχεται σε πλήρη αντίθεση με την τάση των παιδιών με ΕΠ να αυξάνουν την πελματιαία κάμψη και μάλιστα κατά τη φάση στήριξης αποτυπώνοντας έτσι τη διαφορά στη στρατηγική που ενδεχομένως να χρησιμοποιεί ένα υγιές σύστημα προκειμένου να μετακινηθεί σε σχέση με ένα σύστημα με δεδομένους περιορισμούς.

Η βάδιση για τα παιδιά με ΕΠ είναι εξ αρχής μια διαδικασία η οποία απαιτεί αυξημένη κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με τη βάδιση των παιδιών ΤΑ λαμβάνοντας πάντα υπόψη μας τη νευρολογική βλάβη και την αδυναμία τους να ενεργοποιήσουν του κατάλληλους μυς την κατάλληλη χρονική στιγμή (Holt et al, 2005). Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι τα παιδιά με ΕΠ καταναλώνουν μέχρι και τρεις φορές μεγαλύτερα ποσά ενέργειας για τη βάδιση και γενικότερα τη μετακίνησή τους από παιδιά ΤΑ αντίστοιχης ηλικίας (Rosen et al, 2006). Φαίνεται συνεπώς, ότι για τα παιδιά με ΕΠ ο τελικός στόχος είναι η διαμόρφωση ενός κινητικού προτύπου το οποίο θα τους επιτρέπει να κινούνται αποτελεσματικά με όσο το δυνατόν μικρότερη προσπάθεια και όσο το δυνατόν χαμηλότερο κόστος σε κατανάλωση ενέργειας. Δεδομένης ασφαλώς της μη αναστρεψιμότητας της βλάβης (Rosembaum et al, 2007) αντιλαμβάνεται κανείς ότι το πρότυπο αυτό θα είναι σαφώς διαφοροποιημένο από το αντίστοιχο των παιδιών ΤΑ και η διαφοροποίηση αυτή θα συνίσταται κυρίως στο γεγονός ότι τα πιο υγιή τμήματα του οργανισμού καλούνται να αντισταθμίσουν τις υπολειπόμενες λειτουργίες. Επομένως, μοιάζει λογικό το ότι η κλινική εικόνα της βάδισης των παιδιών με ΕΠ δεν αντικατοπτρίζει άμεσα το αποτέλεσμα της βλάβης αλλά την

προσπάθεια των υπόλοιπων συστημάτων να αντισταθμίσουν τη βλάβη και να παραμείνουν λειτουργικά.

Με βάση την παραπάνω λογική, είναι πολύ πιθανό, η αυξημένη πελματιαία κάμψη καθώς και ο περιορισμός της κίνησης στην άρθρωση της ποδοκνημικής που συναντάμε στα παιδιά με ΕΠ μετά το πέρασμα των 8 μηνών ανεξάρτητης βάδισης να αποτελεί ένα παράδοξο αλλά αποτελεσματικό τρόπο διατήρησης της ενέργειας ώστε να γίνεται πιο αποδοτική η κίνηση της προς τα εμπρός ώθησης στο τέλος της στήριξης καθώς και η μεταφορά του βάρους στο αντίπλευρο σκέλος. Ο Holt και οι συνεργάτες του (1996) χαρακτηριστικά αναφέρουν ότι η συν-σύσπαση και η αυξημένη ακαμψία που παρατηρείται στα παιδιά με ΕΠ αποτελεί προσαρμοστική ανταπόκριση στην πρωτεύουσα δυσκολία που είναι η αδυναμία ενεργοποίησης των μυών του κάτω άκρου επιτρέποντας στο παιδί να αποθηκεύει και να επιστρέφει την ελαστική ενέργεια στην κίνηση. Πιο συγκεκριμένα (Holt et al, 2007; Fonseca et al, 2004; Holt et al, 1996) προσπάθησαν με τη χρήση του εμβιομηχανικού μοντέλου του αντίστροφου εκκρεμούς να προσομοιάσουν το επηρεασμένο κάτω άκρο των παιδιών με ΕΠ σε ελατήριο, του οποίου η σκληρότητα (ακαμψία) έχει ανάλογη συνάρτηση με την ικανότητα των παιδιών με ΕΠ να μετακινήσουν το κέντρο μάζας τους στο άλλο σκέλος με τέτοιο τρόπο ώστε να αυξηθεί η δυναμική ενέργεια η οποία θα μεταφερθεί εκ νέου στο επηρεασμένο σκέλος και θα μετατραπεί σε ελαστική ενέργεια. Έτσι, θα διαμορφώνεται ο λόγος μεταξύ δυναμικής και ελαστικής ενέργειας, ώστε να καθίσταται εφικτή η προς τα εμπρός μετακίνηση.

Αναλύοντας περισσότερο τις δυναμικές ισορροπίες στην προσομοίωση της βάδισης με το μοντέλο του ελατηρίου και του εκκρεμούς κατανοούμε ότι η σκληρότητα του ελατηρίου (γαστροκνήμιος-υποκνημίδιος) μπορεί να ρυθμιστεί από τον οργανισμό μας με δυο τρόπου, είτε με την αυξημένη συν-σύσπαση των μυών είτε με την αύξηση των βιομηχανικών ιδιοτήτων των μαλακών μορίων. Όπως δείξαμε και σε προηγούμενο κεφάλαιο της διατριβής (κεφάλαιο 2), είθισται τα παιδιά σε αυτές τις ηλικίες να μην εμφανίζονται μεγάλες μεταβολές στις εμβιομηχανικές ιδιότητες των μαλακών μορίων τους. Επομένως ο πιο αποτελεσματικός τρόπος να αυξηθεί η ακαμψία στην ποδοκνημική είναι η ενεργητική συν-σύσπαση και η ελάττωση της ραχιαίας και πελματιαίας κάμψης στη φάση στήριξης, με ταυτόχρονη αύξηση της ραχιαίας κάμψης στο τέλος της φάσης στήριξης και με σημείο εκκίνησης τη μέση θέση, γεγονός το οποίο αναλογικά με τη βλάβη θα κάνει λιγότερο ενεργοβόρα και περισσότερο αποτελεσματική τη βάδιση με ενεργοποίηση λιγότερων μυών.

Με την υπόθεση αυτή συμφωνεί απόλυτα και ο Crosbie με τους συνεργάτες του (2012), ο οποίος σε μια μελέτη που έκανε σε 26 παιδιά με σπαστική ημιπληγία παρατήρησε ιδιαίτερα σημαντικό συσχετισμό μεταξύ του βαθμού δυσκαμψίας των πελματιαίων καμπτήρων και της ταχύτητας βάδισης, του ρυθμού βάδισης καθώς και του μήκους διασκελισμού προτείνοντας ότι η μυϊκή δυσκαμψία, ενεργητική ή παθητική, ενδέχεται να προσφέρει μια πιο σταθερή και «δεμένη» άρθρωση που ευνοεί τη γρηγορότερη βάδιση. Σε αντίστοιχη μελέτη και με μικρότερης ηλικίας παιδιά με ΕΠ η Prosser και οι συνεργάτες της (Prosser et al, 2010) παραθέτει, χωρίς όμως να μπαίνει σε λεπτομερή ανάλυση, ότι η υπέρμετρη πελματιαία κάμψη αποτελεί έναν σημαντικό παράγοντα που συνεισφέρει στη βαδιστική ικανότητα. Στο γεγονός ότι η υπέρμετρη πελματιαία κάμψη ενδέχεται να αποτελεί μια προσαρμογή την οποία επιλέγουν τα παιδιά με ΕΠ προκειμένου να κάνουν τη βάδισή τους πιο αποτελεσματική και ενεργειακά περισσότερο αποδοτική, συνεισφέρει και η παρατήρηση του Yokochi (2001) ότι η ραχιαία κάμψη στην ποδοκνημική δεν παρατηρήθηκε στα παιδιά με σπαστική διπληγία από την έναρξη της βάδισής τους αλλά αναπτύχθηκε αρκετά αργότερα.

Επανερχόμενοι στην τάση που παρατηρήθηκε στην κίνηση των παιδιών ΤΑ να μειώνουν το συνολικό εύρος καθώς και τις μέγιστες τιμές ραχιαίας και πελματιαίας κάμψης σε όλες τις φάσεις της βάδισης, αναλογίζεται κανείς την πιθανότητα η τάση αυτή να εκδηλώνει μια αυθόρμητη προσπάθεια του νευρομυϊκού συστήματος να ελαττώνει τις περιττές κινήσεις κατά τη διάρκεια της βάδισης, συντονίζοντας καλύτερα την κίνηση και κάνοντας την επίσης πιο αποτελεσματική και λιγότερο ενεργοβόρα. Ο Ρώσος φυσιολόγος Bernstein (Bernstein, 1967) ήταν από τους πρώτους ερευνητές που περιέγραψε την έννοια του συντονισμού της κίνησης (ωρίμαση της κίνησης) ως «...τη διαδικασία του περιορισμού των πλεοναζόντων βαθμών ελευθερίας ενός κινούμενου οργάνου, με άλλα λόγια, τη μετατροπή του σε ένα ελεγχόμενο σύστημα». Αναλύοντας ακόμα περισσότερο περιέγραψε δύο διαδοχικές φάσεις ανάπτυξης της συντονισμένης κίνησης όπου, κατά την πρώτη, κύριο μέλημα αποτελεί η οργάνωση των βαθμών ελευθερίας της κίνησης σε αποτελεσματικές λειτουργικές μονάδες, μια διαδικασία η οποία περιλαμβάνει περιορισμό του ακραίου εύρους κίνησης στις αρθρώσεις και τη δημιουργία προσωρινών συνδέσμων μέσα σε ένα πολυαρθρικό σύστημα. Η δεύτερη φάση χαρακτηρίζεται από την οικονομία στην κίνηση καθώς το άτομο μαθαίνει να χρησιμοποιεί τις παθητικές δυνάμεις (τριβή, βαρύτητα). Κατά τη διάρκεια όλης αυτής της διαδικασίας, πραγματοποιείται μια διαδοχική ελευθέρωση από κινητικούς περιορισμούς και οι βαθμοί ελευθερίας της κίνησης οργανώνονται με τέτοιο τρόπο ώστε να παράγουν μια ελεγχόμενη δυναμική κίνηση (Marques-Bruna and Grimshaw, 2000)

Κατά παρόμοιο τρόπο, ο Holt και οι συνάδελφοί του το 2007 κατάφεραν να περιγράψουν δύο στάδια στην εκμάθηση της βάδισης κατά τα πολύ πρώιμα στάδιά της σε παιδιά ΤΑ. Κατά το πρώτο, τα παιδιά που μόλις έχουν ξεκινήσει να βαδίζουν ανακαλύπτουν τον τρόπο «διαφυγής» που μεταφέρει το σώμα τους προς τον στόχο (συνήθως τη μητέρα ή κάποιο παιχνίδι) χρησιμοποιώντας πρότυπα πιο αδρά που να εξασφαλίζουν τη διατήρηση και μεταφορά της ενέργειας κατά τη βάδιση. Το στάδιο αυτό φαίνεται ότι έχει πιο εμφανές αντίκτυπο στα χαρακτηριστικά της βάδισης σε σχέση με τα μετέπειτα στάδια, όπως η αύξηση της ταχύτητας μέσω της αύξησης του μήκους βηματισμού και του ρυθμού βάδισης και της μείωσης του πλάτους διασκελισμού (Samson et al, 2013). Το δεύτερο στάδιο της εκμάθησης της βάδισης κατά Holt (Holt et al, 2007) περιλαμβάνει τον λεπτό συντονισμό της κίνησης της βάδισης που χαρακτηρίζεται από τη μείωση των περιττών κινήσεων και την ακριβέστερη χρονικά ενεργοποίηση των μυών καθώς και την καλύτερη αξιοποίηση των εμβιομηχανικών χαρακτηριστικών των μαλακών μορίων με στόχο τη μείωση του ενεργειακού κόστους. Η δεύτερη περίοδος εμφανίζεται περίπου μεταξύ 18 μηνών και 3 ετών.

Είναι πολύ πιθανό, συνεπώς, τα παιδιά ΤΑ να περνούν με ευκολία από το πρώτο στάδιο στο στάδιο του λεπτού συντονισμού μειώνοντας ελαφρώς τα εύρη τους και διαχειριζόμενα τις εμβιομηχανικές ιδιότητες όσο αυτό τους χρειάζεται. Αντίθετα όμως, τα παιδιά με ΕΠ που δεν έχουν την δυνατότητα να ενεργοποιήσουν με τον ίδιο τρόπο το μυϊκό σύστημα αναζητούν άλλους τρόπους για να καταστήσουν πιο αποτελεσματική τη βάδιση. Αναζητούν αφενός πιο αποτελεσματικούς τρόπους για να σταθεροποιήσουν συγκεκριμένα μέλη προκειμένου κάποια άλλα να κινηθούν και αφετέρου εναλλακτικούς τρόπους μετακίνησης των μελών αυτών με μειωμένη μυϊκή ενεργοποίηση ή με την ενεργοποίηση άλλων μυών από αυτούς που αρχικά πραγματοποιούσαν την κίνηση.

Υψηλά επίπεδα σημαντικότητας στα αποτελέσματά μας παρατηρήθηκαν και στη μεταβολή της μέγιστης προσαγωγής του ισχίου των παιδιών με ΕΠ κατά τη φάση στήριξης. Η κίνηση του ισχίου σε μετωπιαίο και εγκάρσιο επίπεδο κατά τη φάση στήριξης (κλειστή κινητική αλυσίδα) έρχεται σε άμεση συνάρτηση με την κίνηση της λεκάνης στα αντίστοιχα επίπεδα. Κατά τη βάδιση λοιπόν, στην αρχή της φάσης στήριξης, η λεκάνη φυσιολογικά είναι ευθυγραμμισμένη στο μετωπιαίο επίπεδο. Όταν το ένα σκέλος ξεκινά να αιωρείται τότε η λεκάνη παρουσιάζει μια ελαφρά πτώση προς τη μεριά του σκέλους που είναι στον αέρα. Η πτώση αυτή συνήθως ελέγχεται από του απαγωγούς μυς του ισχίου του σκέλους που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος στην τιμή περίπου των 5° (Kirkwood et al, 2012) αποφεύγοντας έτσι το επονομαζόμενο φαινόμενο Trendelenburg. Η ανύψωση της λεκάνης από την πλευρά του στηριζόμενου σκέλους έχει ως αποτέλεσμα τη λειτουργική βράχυνση του σκέλους έτσι ώστε να απαιτείται μικρότερη κατακόρυφη μετατόπιση του

κέντρου μάζας του σώματος. Αντίστοιχα από τη μεριά του σκέλους στήριξης η λεκάνη ανυψώνεται κατά τη διάρκεια της μεταφοράς του βάρους και ύστερα σταδιακά πέφτει στη χαμηλότερη θέση της κατά την αρχική φάση αιώρησης. Καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της κίνησης το ισχίο ακολουθεί με αντίστοιχη σταδιακή προσαγωγή κατά τη φάση στήριξης και απαγωγή κατά τη φάση αιώρησης. Επομένως η κίνηση της λεκάνης και του ισχίου σε μετωπιαίο επίπεδο αποτελούν δύο μηχανισμούς που λειτουργούν συγχρόνως και αντισταθμιστικά για να διατηρήσουν τη σταθεροποίηση του σώματος κατά τη βάδιση αλλά και να το προωθήσουν μπροστά.

Με βάση την κινησιολογική ανάλυση της φυσιολογικής βάδισης αλλά και με δεδομένη τη χαρακτηριστική αδυναμία των απαγωγών του ισχίου, η οποία κλινικά παρατηρείται και βιβλιογραφικά περιγράφεται (DeLuca, 1993) πιστεύουμε ότι η αυξημένη προσαγωγή του ισχίου που παρατηρήθηκε στα αποτελέσματά μας κατά τη φάση στήριξης έχει άμεση σχέση με την αδυναμία των προσαγωγών του σκέλους που μεταφέρει το βάρος να ελέγξουν την πτώση της λεκάνης, με αποτέλεσμα η υπέρμετρη πλάγια κλίση της λεκάνης επιφέρει και αυξημένη προσαγωγή στο ισχίο. Το ίδιο γεγονός παρουσιάζει στη μελέτη του και ο Stenwender με τους συνεργάτες του (Steinwender et al, 2001), ο οποίος ισχυρίζεται μάλιστα πως το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται στα παιδιά με διπληγία λόγω της διαταραγμένης σχέσης μεταξύ αγωνιστών και ανταγωνιστών.

Πιστεύουμε ότι η αύξηση της προσαγωγής του ισχίου κατά τη φάση στήριξης η οποία παρατηρήθηκε στα αποτελέσματά μας δεν μπορεί παρά να αποτελεί συνέχεια της αντίπλευρης πτώσης της λεκάνης αναγκάζοντας με τον τρόπο αυτό την άρθρωση του ισχίου να «ξεκουράζεται» σε μια ακραία θέση η οποία δεν απαιτεί μεγάλη μυϊκή ενεργοποίηση· διότι, με τον τρόπο αυτό η σταθεροποίηση μεταξύ ισχίου και λεκάνης σε μετωπιαίο επίπεδο, η οποία απαιτείται κατά τη μεταφορά του βάρους στο εμπλεκόμενο κάτω άκρο προκειμένου να κινηθεί το άλλο προς τα εμπρός, προσφέρεται περισσότερο από τις παθητικές δομές της άρθρωσης του ισχίου (παθητική τάση μυών, σύνδεσμοι, αρθρικός θύλακας) παρά από τους ενεργητικούς μηχανισμούς καθώς έτσι απαιτείται μικρότερη ενεργητική μυϊκή ενεργοποίηση και μικρότερη κατανάλωση ενέργειας.

Με εντελώς διαφορετικό τρόπο μοιάζει να συμπεριφέρονται τα παιδιά ΤΑ σε ό,τι αφορά τις μεταβολές στην κίνηση του ισχίου. Αναφορικά με την κίνηση σε μετωπιαίο επίπεδο, τα αποτελέσματά μας δείχνουν ότι όχι μόνο δεν αυξήθηκε η προσαγωγή στο ισχίο αλλά αντίστροφα εμφανίστηκε μια σημαντική μείωση της απαγωγής του ισχίου κατά τη φάση στήριξης. Κατά παρόμοιο τρόπο με την κίνηση της ποδοκνημικής, θεωρούμε ότι και εδώ το υγιές νευρομυϊκό σύστημα μειώνει σταδιακά τους βαθμούς ελευθερίας συμμετρικά προς όλες τις κατευθύνσεις

παρέχοντας δυναμικά τη σταθεροποίηση που απαιτείται για την εκτέλεση της κίνησης, χωρίς την απαραίτητη συμμετοχή των παθητικών δομών της άρθρωσης.

Αναφορικά με την κίνηση του ισχίου σε οβελιαίο επίπεδο, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η σημαντική μείωση της μέγιστης κάμψης του ισχίου τόσο κατά τη φάση στήριξης όσο και κατά τη φάση αιώρησης στα παιδιά ΤΑ. Χαρακτηριστικό είναι το ότι, παρά τη μείωση της μέγιστης κάμψης κατά τη φάση αιώρησης, γεγονός που θα περίμενε κανείς να συνοδεύεται από μείωση και του μήκους βήματος, το μήκος βήματος παρέμεινε σταθερό. Το φαινόμενο αυτό πιθανότατα αιτιολογείται από την ταυτόχρονη αύξηση της μέγιστης έκτασης του γόνατος κατά το τέλος της φάσης στήριξης η οποία επίσης παρατηρήθηκε στα παιδιά ΤΑ και θα εξεταστεί μεμονωμένα στη συνέχεια. Σε εντελώς αντίθετη κατεύθυνση κινήθηκαν τα παιδιά με ΕΠ, τα οποία όπως έχουμε ήδη αναλύσει, φαίνεται ότι αύξησαν την ταχύτητα βάδισής τους αλλά μέσω της αύξησης του συνολικού εύρους κάμψης – έκτασης στο ισχίο κατά τη φάση στήριξης. Ταυτόχρονα η μέγιστη έκταση του γόνατος κατά το τέλος της φάσης στήριξης όχι μόνο δεν αυξήθηκε όπως στα παιδιά ΤΑ αλλά μειώθηκε ελαφρώς. Οι παραπάνω παρατηρήσεις καταδεικνύουν πιθανότατα τον διαφορετικό τρόπο με τον οποίο τα παιδιά με ΕΠ διαχειρίζονται την ανάγκη τους να κινηθούν με μεγαλύτερη ταχύτητα ώστε να γίνουν πιο λειτουργικά στην κάλυψη των καθημερινών τους αναγκών που περιλαμβάνουν μετακίνηση στην όρθια θέση. Αδυνατώντας να ενεργοποιήσουν πιο εκλεπτυσμένους μηχανισμούς ελέγχου στο σκέλος αιώρησης χρησιμοποιούν την ορμή του σώματος πάνω στο σκέλος στήριξης καθώς και την κίνηση ολόκληρου του κορμού προκειμένου να αυξήσουν την ταχύτητα και να κάνουν περισσότερο αποτελεσματική τη βάδιση.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει και η κινητική συμπεριφορά της άρθρωσης του γόνατος τόσο στα παιδιά με ΕΠ όσο και στα παιδιά ΤΑ. Παρά το γεγονός ότι τα κινηματικά χαρακτηριστικά της άρθρωσης του γόνατος δεν εμφανίζουν ιδιαίτερα σημαντικές μεταβολές μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης στα παιδιά με ΕΠ, οι διαφορές που εμφανίζονται μεταξύ παιδιών ΤΑ και παιδιών με ΕΠ είναι αξιοσημείωτες. Αρχικά, άξια αναφοράς είναι η μεγάλη διαφορά η οποία παρατηρείται στα συνολικά εύρη κίνησης μεταξύ παιδιών με ΕΠ και παιδιών ΤΑ κατά τη δεύτερη μέτρηση όπου το συνολικό εύρος κάμψης – έκτασης σε όλες τις φάσεις της βάδισης είναι σημαντικά μικρότερο στα παιδιά με ΕΠ. Εντύπωση προκαλεί επίσης η στατιστικά σημαντική αύξηση της μέγιστης έκτασης κατά τη φάση αιώρησης στα παιδιά ΤΑ, τα οποία μοιάζει ότι στα πολύ πρώιμα στάδια της βάδισής τους μπαίνουν στη φάση στήριξης με ελαφρώς κεκαμμένο γόνατο, κατάσταση η οποία όμως φαίνεται να βελτιώνεται με το πέρασμα του χρόνου, οπότε καταλήγουν να ξεκινούν τη φάση στήριξης με το γόνατο σε ουδέτερη θέση. Αντίθετα τα παιδιά με ΕΠ εμφανίζουν

εξαρχής μειωμένη μέγιστη έκταση κατά τη φάση αιώρησης γεγονός το οποίο γίνεται ελαφρώς πιο έντονο με το πέρασμα του χρόνου αντικατοπτρίζοντας μια κλινική εικόνα στην οποία τα παιδιά με ΕΠ δεν επιτυγχάνουν πλήρη έκταση γόνατος κατά την τελευταία περίοδο της φάσης αιώρησης. Ως αποτέλεσμα, φαίνεται ότι τα παιδιά με ΕΠ ξεκινούν και τη φάση στήριξης με αρκετά κεκαμμένα γόνατα σε σχέση με το αναμενόμενο.

Η αδυναμία πλήρους έκτασης του γόνατος κατά το τέλος της φάσης αιώρησης αποτελεί ένα πολύ συχνό φαινόμενο για τα παιδιά με ΕΠ και έχει ήδη καταγραφεί σε αρκετές μελέτες (Desloovere et al, 2006; Tuzson et al, 2003; Sutherland and Davis, 1993). Αρκετοί είναι και οι παράγοντες οι οποίοι έχουν ενοχοποιηθεί κατά καιρούς για το φαινόμενο αυτό όπως η σπαστικότητα των οπίσθιων μηριαίων μυών (Baumann et al, 1980), η σπαστικότητα σε συνδυασμό με την αυξημένη ταχύτητα βάδισης (Van Campenhout et al, 2014; van der Krogt et al, 2009; Desloovere et al 2009) η ταυτόχρονη ή και μεμονωμένη βράχυνση των οπίσθιων μηριαίων μυών (Tuzson et al, 2003) και η μειωμένη επιλεκτική εκούσια κινητική ενεργοποίηση (Goldberg et al, 2010). Από την άλλη, αρκετοί είναι οι ερευνητές που αποδίδουν το φαινόμενο της βάδισης με κεκαμμένα γόνατα (crouch gait) καθώς και τη βάδιση με μικρά βήματα στη μειωμένη έκταση του γόνατος (Haumont et al, 2013).

Κατά τη διάρκεια της φυσιολογικής βάδισης σε κανονική ταχύτητα, το γόνατο μπαίνει στο πρώτο στάδιο της φάσης αιώρησης πραγματοποιώντας κάμψη και στη συνέχεια αρχίζει να εκτείνεται, με την έκταση να επιβραδύνεται ακριβώς πριν η πτέρνα έρθει σε επαφή με το έδαφος. Ως εκ τούτου η μέγιστη κάμψη επιτυγχάνεται περίπου στο 25 - 40% του κύκλου της φάσης αιώρησης ενώ το υπόλοιπο του κύκλου περιλαμβάνει μόνο έκταση (Arnold et al, 2007). Εντούτοις, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η κινησιολογική ανάλυση αναφορικά με τους παράγοντες που προκαλούν τη φυσιολογική έκταση του γόνατος κατά τη φάση αιώρησης. Σε αντίθεση με την παραδοσιακή πεποίθηση ότι το γόνατο εκτείνεται κατά τη φάση αιώρησης παθητικά κάτω από την επίδραση της βαρύτητας (Boakes and Rab, 2006; Gage et al, 2004), ο Arnold και οι συνεργάτες του (2007), σε μια σχετικά πρόσφατη μελέτη, αναφέρουν ότι οι δυνάμεις οι παραγόμενες από τους μύες και την ορμή συνεισφέρουν στην κίνηση του γόνατος κατά το τελικό στάδιο της φάσης αιώρησης. Μάλιστα, με τη χρήση ενός μοντέλου δυναμικής προσομοίωσης αποδεικνύουν ότι οι μύες οι οποίοι εμπλέκονται περισσότερο στην παραγωγή της κίνησης του σκέλους που βρίσκεται στη φάση αιώρησης είναι οι απαγωγοί, οι καμπτήρες και οι εκτείνοντες του ισχίου του σκέλους που βρίσκεται στη φάση στήριξης μέσω της επαγόμενης δύναμης αντίδρασης του εδάφους που επιταχύνει την κίνηση της λεκάνης και αυτή με τη σειρά της την κίνηση του αιωρούμενου ισχίου και γόνατος.

Επομένως, ο συγγραφέας προτείνει ότι αδυναμία των μυών του σκέλους στήριξης ενδέχεται να οδηγεί σε ανεπαρκή έκταση γόνατος κατά το τέλος της φάσης αιώρησης.

Σε αντίθεση με τη φυσιολογική βάδιση, μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σε παιδιά με σπαστική ημιπληγία έδειξαν ότι η συνεισφορά του σκέλους στήριξης στην κίνηση του σκέλους σε αιώρηση, παρά τη διαφορά που υφίσταται μεταξύ υγιούς και ημιπληγικού σκέλους, συνεχίζει να είναι σημαντική (Goldberg et al, 2010). Απεναντίας ισχυρός συσχετισμός φαίνεται να υπάρχει μεταξύ της δυνατότητας των παιδιών με ΕΠ για επιλεκτική εκούσια κινητική ενεργοποίηση και της δυνατότητας για επίτευξη της απαραίτητης επιτάχυνσης προκειμένου να πραγματοποιηθεί η μέγιστη έκταση του ισχίου κατά την φάση αιώρησης. Με πιο απλά λόγια, μοιάζει ότι τα παιδιά με φτωχότερο κινητικό έλεγχο έχουν μειωμένη ικανότητα να επιτύχουν τη μέγιστη έκταση του γόνατος λόγω της αδυναμίας τους να επιτύχουν την αναγκαία επιτάχυνση που το καθιστά εφικτό (Goldberg et al, 2010).

Σε καμία περίπτωση ασφαλώς δεν θα πρέπει να αγνοούμε και τη συμβολή των οπίσθιων μηριαίων μυών στην επιβράδυνση της έκτασης του γόνατος προς το τέλος της φάσης αιώρησης. Αν και υπάρχουν μελετητές (Arnold et al, 2007) που δε θεωρούν τη συμμετοχή τους στον περιορισμό της πλήρους έκτασης του γόνατος κατά τη φάση αιώρησης ιδιαίτερα σημαντική, οι παρατηρήσεις της Bar-On και των συναδέλφων της (2014) σχετικά με τον τρόπο ενεργοποίησης των σπαστικών μυών κατά τη φάση αιώρησης έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Στην πιο πρόσφατη μελέτη τους, σχετικά με την ενεργοποίηση των σπαστικών οπίσθιων μηριαίων κατά τη φάση αιώρησης αναφέρουν χαρακτηριστικά, ότι ο μειωμένος ουδός ενεργοποίησης του μυοτατικού αντανακλαστικού μοιάζει να επηρεάζει την ικανότητά τους να επιμηκυνθούν επαρκώς. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο μυς να μην καταφέρνει να αποκτήσει το πλήρες του μήκος κατά την κίνηση, είτε μειομετρικά είτε πλειομετρικά, και ως εκ τούτου η άρθρωση να μην καταλαμβάνει το πλήρες εύρος της. Στην περίπτωση των παιδιών με ΕΠ είτε ο τετρακέφαλος μυς δεν προλαβαίνει να επιτύχει την πλήρη έκταση του γόνατος στο τέλος της φάσης αιώρησης ή, αν λάβουμε υπόψη μας τις αναφορές περί κύριας συμμετοχής των μυών του σκέλους στήριξης στην έκταση του γόνατος αιώρησης, τότε η περιορισμένη ικανότητα των σπαστικών οπίσθιων μηριαίων που συσπώνται πλειομετρικά να καταλάβουν το πλήρες μήκος τους μπορούν να θεωρηθούν υπεύθυνοι για την μειωμένη έκταση του γόνατος κατά τη φάση αιώρησης της βάδισης.

Όσον αφορά στην κίνηση της άρθρωσης του γόνατος, ενδιαφέρουσες είναι και οι μεταβολές που παρατηρήθηκαν στην έκταση του γόνατος κατά τη φάση στήριξης της βάδισης. Παρότι, όπως προαναφέρθηκε στα αποτελέσματα της μελέτης, οι μεταβολές που καταγράφηκαν μεταξύ πρώτης

και δεύτερη μέτρησης δεν είναι στατιστικά σημαντικές, ιδιαίτερο κλινικό ενδιαφέρον προκαλεί η επιλογή των μηχανισμών κίνησης της άρθρωσης του γόνατος που υιοθετούν τα παιδιά με ΕΠ προκειμένου να ανταπεξέλθουν στις ανάγκες της μονοποδικής στήριξης. Φαίνεται λοιπόν ότι κατά τη φάση στήριξης στο σημείο της μέγιστης έκτασης του γόνατος (περίπου στη μέση της φάσης στήριξης οπότε πραγματοποιείται η μεταφορά του κέντρου βάρους πάνω από την ποδοκνημική) τα παιδιά με ΕΠ εμφανίζουν μια μικρή αλλά σταθερή υπερέκταση στο γόνατο η οποία μάλιστα αυξάνεται ελαφρώς με την ωρίμαση της βάδισής τους μετά από το διάστημα των 8 μηνών. Σε εντελώς αντίθετη κατεύθυνση κινούνται τα παιδιά ΤΑ, τα οποία ενώ κατά τα πρώτα στάδια της βάδισής τους μοιάζει να μην επιτυγχάνουν πλήρη έκταση γόνατος κατά τη φάση στήριξης, με το πέρασμα των 8 μηνών καταφέρνουν να διατηρούν μια ουδέτερη θέση της άρθρωσης του γόνατος χωρίς να εμφανίζουν ούτε κάμψη ούτε υπερέκταση.

Η υπερέκταση του γόνατος κατά τη διάρκεια της μέσης και τελικής φάσης αιώρησης της βάδισης αποτελεί ένα πολύ συχνό φαινόμενο στα παιδιά με ΕΠ (Klotz et al, 2013). Κατά καιρούς, η υπερέκταση του γόνατος έχει ενοχοποιηθεί για μια σειρά άλλων παθολογικών καταστάσεων όπως η ελλιπής ισορροπία, η μειωμένη ταχύτητα βάδισης, παραμορφώσεις οστικών τμημάτων, συνδεσμικές κακώσεις, παραμορφώσεις βλαισότητας και ραιβότητας (Klotz et al, 2013; Sutherland & Davis, 1993; Morris et al, 1992). Κατά παρόμοιο τρόπο αρκετά είναι και τα αίτια τα οποία έχουν κατά καιρούς αναφερθεί ότι συμβάλλουν στην παθογένεση της υπερέκτασης του γόνατος με κυριότερα τη σπαστικότητα ή την αδυναμία του γαστροκνημίου και του υποκνημίδιου μυός, τη σπαστικότητα του τετρακέφαλου μυός, την πρόσθια κλίση του κορμού, την αδυναμία των οπίσθιων μηριαίων, ακόμη και τις οστικές παραμορφώσεις (Svehlik et al, 2010). Ωστόσο, παρά τις διαφορές που εμφανίζονται μεταξύ των διαφόρων μελετών αναφορικά με τα αίτια της υπερέκτασης του γόνατος, αυτό το οποίο επανέρχεται στις περισσότερες από αυτές είναι η άμεση συσχέτισή της με την κίνηση της άρθρωσης της ποδοκνημικής και ιδιαίτερα με την ύπαρξη ιπποποδίας ή την έλλειψη ραχιαίας κάμψης (Leung et al, 2014; Cooper et al, 2012; Svehlik et al, 2010; Higginson et al, 2006; Hullin et al, 1996; Perry et al, 1974).

Ο Svehlik και οι συνεργάτες του (2010) αναλύοντας ακόμα περισσότερο το φαινόμενο της υπερέκτασης του γόνατος κατά τη φάση στήριξης της βάδισης, αναφέρουν ότι η εμφάνιση υπερέκτασης στο γόνατο νωρίς, κατά τα πρώτα στάδια της φάσης στήριξης, μοιάζει να σχετίζεται περισσότερο με την ύπαρξη δυναμικής ιπποποδίας, όπως χαρακτηριστικά την ονομάζει, ενώ αντίθετα η εμφάνιση υπερέκτασης αργότερα, προς το τελικό στάδιο της φάσης στήριξης φαίνεται ότι σχετίζεται περισσότερο με τη σταθερή παραμόρφωση ιπποποδίας. Με πολύ παρόμοιο τρόπο, ο

Zwrick και οι συνεργάτες του (2010) αναφέρουν ότι τη στιγμή ακριβώς που το σκέλος στήριξης εισέρχεται στη φάση αρχικής επαφής, τα παιδιά με ιπποποδία παρουσιάζουν σημαντικά αυξημένο μήκος στους οπίσθιους μηριαίους σε σχέση τόσο με παιδιά ΤΑ όσο και με παιδιά με ΕΠ αλλά χωρίς έντονη ιπποποδία. Το γεγονός αυτό ενδέχεται να συνδέει το αυξημένο μήκος των οπίσθιων μηριαίων με τον μειωμένο έλεγχο και την αυξημένη αστάθεια στο γόνατο και, ως αποτέλεσμα, με την εμφάνιση της υπερέκτασης κατά τη φάση στήριξης κατά την οποία οι ανάγκες για σταθεροποίηση αλλά και για προώθηση του σώματος προς τα εμπρός είναι ιδιαίτερα απαιτητικές για το μυϊκό σύστημα.

Με βάση λοιπόν τα αποτελέσματα της μελέτης μας αλλά και τα δεδομένα που προκύπτουν από τη βιβλιογραφία, θεωρούμε ότι η αύξηση στη υπερέκταση του γόνατος που παρατηρήθηκε κατά τη δεύτερη μέτρηση αντικατοπτρίζει την αδυναμία των παιδιών με ΕΠ για δυναμική σταθεροποίηση της άρθρωσης του γόνατος τη στιγμή που οι ανάγκες για σταθεροποίηση είναι αυξημένες, και την επιλογή αντιστάθμισης αυτής με τη χρήση των παθητικών δομών της άρθρωσης. Πρακτικά φαίνεται ότι, σε αντίθεση με τα παιδιά ΤΑ, τα παιδιά με ΕΠ επιλέγουν να ελαττώσουν τη δυναμική σταθεροποίηση μέσω της ενεργητικής μυϊκής ενεργοποίησης «κλειδώνοντας» το γόνατο σε υπερέκταση και αξιοποιώντας με αυτόν τον τρόπο την παθητική σταθεροποίηση μέσω των μαλακών μορίων του γόνατος. Μοιάζει ότι η υπερέκταση στο γόνατο τους προσφέρει μια τελική παθητική σταθεροποίηση, η οποία είναι ικανοποιητική προκειμένου να κινηθούν, ενώ η επίτευξή της είναι ασφαλώς πιο εύκολη με την ενεργοποίηση λιγότερων μυών και την εντονότερη χρήση των ροπών κίνησης δεδομένου ότι η υπερέκταση επιτυγχάνεται μέσω της μεταφοράς του κέντρου βάρους μπροστά από τον άξονα της ποδοκνημικής μέσω της πρόσθια κλίσης του κορμού και της ιπποποδίας.

Αντίθετα, τα παιδιά ΤΑ, των οποίων το νευρομυϊκό σύστημα μπορεί να αντεπεξέλθει χωρίς καμιά ιδιαίτερη δυσκολία στις απαιτήσεις για σταθεροποίηση και κίνηση επιλέγου κινητικά πρότυπα που βασίζονται στην ομαλή συνεργασία των διαφόρων μυών που κινούν την άρθρωση του γόνατος καθώς και τις γειτονικές αρθρώσεις και που παρέχει την απαραίτητη δυναμική σταθεροποίηση, την απαιτούμενη από την κίνηση χωρίς να χρειάζονται την επιπλέον από τα παθητικά στοιχεία του σώματος. Έτσι, παρατηρούμε πως στα παιδιά με ΕΠ, κατά την πρώτη μέτρηση, όταν η βάδισή τους είναι περισσότερο ανώριμη, εμφανίζεται μια ελαφρά υπερέκταση στο γόνατο, η οποία όμως, γρήγορα αντικαθίσταται από τη ουδέτερη θέση, κατά τη δεύτερη μέτρηση, οπότε και το πρότυπο της βάδισης θεωρούμε ότι έχει αποκτήσει πιο ώριμη μορφή.

Ιδιαίτερη εντύπωση στο σύνολο των αποτελεσμάτων μας προκαλεί το γεγονός ότι οι σημαντικότερες μεταβολές στα κινηματικά χαρακτηριστικά της βάρδισης, τόσο στα παιδιά ΤΑ αλλά κυρίως στα παιδιά με ΕΠ, παρατηρούνται κατά τη φάση στήριξης. Αυτό μας παρέχει μια ένδειξη ότι στα πολύ πρώιμα στάδια της βάρδισης το κύριο μέλημα των παιδιών είναι η εξασφάλιση της απαραίτητης σταθεροποίησης των μελών του σώματος προτού παραχθεί η κίνηση. Η παρατήρηση αυτή μοιάζει να είναι ακόμα πιο σημαντική για τα παιδιά με ΕΠ, δεδομένης της μειωμένης δυνατότητάς τους για μυϊκή ενεργοποίηση και συντονισμό και του αυξημένου κινδύνου της πτώσης.

Είναι κοινώς αποδεκτό ότι για να πραγματοποιηθεί η οποιαδήποτε κίνηση είναι απαραίτητη η σταθεροποίηση ενός πιο κεντρικού μέλους του σώματος προκειμένου ο εκάστοτε μυς να έχει ένα ακίνητο σημείο (*punctum fixum*) στο οποίο στηριζόμενος να μπορεί να μετακινήσει ένα περιφερικότερο (ανοιχτή κινητική αλυσίδα). Αντίστοιχα στην περίπτωση της κίνησης σε κλειστή κινητική αλυσίδα το περιφερικότερο τμήμα είναι σταθεροποιημένο στο έδαφος και οι μύες καλούνται να κινήσουν το κεντρικότερο. Η έλλειψη επαρκούς σταθεροποίησης καθιστά αδύνατη και την πραγματοποίηση της κίνησης. Όπως προκύπτει βιβλιογραφικά (Δημακόπουλος, 2005), η απαραίτητη για κάθε κίνηση σταθεροποίηση επιτυγχάνεται από τον οργανισμό μας μέσω της δράσης πολλών μηχανισμών οι οποίοι δρουν αντισταθμιστικά και συμπληρωματικά ο ένας ως προς τον άλλον. Οι μηχανισμοί αυτοί είναι ο ενεργητικός μηχανισμός (μυϊκό σύστημα), ο παθητικός μηχανισμός, δηλαδή όλες οι μυοσκελετικές δομές που δεν μπορούν να ελεγχθούν ενεργητικά και το σύστημα ελέγχου δηλαδή το νευρικό σύστημα που τους συντονίζει. Συνολικά, στόχος είναι η διατήρηση της αναγκαίας σταθεροποίησης ώστε να καθίσταται δυνατή η κίνηση ενώ το ποσοστό ενεργοποίησης του κάθε μηχανισμού εξαρτάται αφενός από τις απαιτήσεις της δραστηριότητας και αφετέρου από την κατάσταση στην οποία βρίσκεται ο κάθε μηχανισμός. Για παράδειγμα σε μια δραστηριότητα με υψηλές απαιτήσεις σε σταθεροποίηση ενεργοποιούνται και συν-συσπώνται περισσότεροι μύες προκειμένου να επιτευχθεί η κίνηση και αντίστοιχα σε ένα τραυματισμένο μέλος όπου οι παθητικές δομές δεν είναι σε θέση να προσφέρουν την απαραίτητη σταθεροποίηση απαιτείται μεγαλύτερη μυϊκή ενεργοποίηση προκειμένου αυτό να κινηθεί.

Όταν προσπαθήσει κανείς να παρατηρήσει τον τρόπο λειτουργίας του παραπάνω μοντέλου στα παιδιά με ΕΠ όπου ο μηχανισμός ελέγχου και κατ' επέκταση και ο ενεργητικός μηχανισμός είναι επηρεασμένοι από την εγκεφαλική βλάβη και δεν μπορούν να συνεισφέρουν όπως απαιτείται, συνειδητοποιεί την ανάγκη για σταθεροποίηση μέσω μηχανισμών οι οποίοι είτε θα στηρίζονται περισσότερο στον παθητικό μηχανισμό σταθεροποίησης είτε θα τροποποιούν την μηχανική της

κίνησης ώστε να παράγουν το απαραίτητο έργο με μικρότερη μυϊκή ενεργοποίηση ή την ενεργοποίηση άλλων μυών.

Σε μια μελέτη του 2010 (Stebbins et al, 2010) αναφορικά με το ποιές πραγματικά είναι οι αντισταθμιστικές κινήσεις που παρατηρούνται κατά τη διάρκεια τις βάδισης σε παιδιά με σπαστική ημιπληγία, αναφέρεται ότι κινήσεις όπως η πρόσθια κλίση της λεκάνης, η έσω στροφή του ισχίου, η κάμψη του ισχίου κατά τη φάση αιώρησης αλλά ακόμα και η αυξημένη πελματιαία κάμψη του υγιούς σκέλους δεν φαίνεται να αποτελούν πρωτεύουσες παθολογικές κινήσεις αλλά δευτερεύουσες προκειμένου να αντισταθμίσουν κυρίως την αυξημένη πελματιαία κάμψη της επηρεασμένης πλευράς.

Με παρόμοιο τρόπο, οι Goldberg και Neptune το 2007 αναφέρθηκαν στα αποτελέσματα της μελέτης τους σχετικά με την ανεύρεση αντισταθμιστικών μηχανισμών κατά τη βάδιση ισχυριζόμενοι ότι οι πελματιαίοι καμπτήρες είναι σε θέση να αντισταθμίσουν πολλές μυοσκελετικές αδυναμίες στο ισχίο και το γόνατο χωρίς όμως να μπορεί να συμβεί κάτι αντίστοιχο και για το αντίστροφο: δηλαδή αδύναμοι πελματιαίοι καμπτήρες συνδέονται με παθολογικά πρότυπα βάδισης. Επιπροσθέτως, η Eek και οι συνάδελφοί της (Eek et al, 2011) αναφέρει ότι αναγνώρισαν υψηλό δείκτη συσχέτισης μεταξύ της μυϊκής δύναμης πολλών διαφορετικών μυών και της κίνησης της πελματιαίας κάμψης θεωρώντας ότι πιθανή αδυναμία άλλων μυών, εκτός των πελματιαίων καμπτήρων, ενδέχεται να επηρεάσει την κίνηση της ποδοκνημικής. Η παρατήρηση αυτή μας κάνει να αναλογιστούμε τον τρόπο με τον οποίο η ποδοκνημική, που αποτελεί και την άρθρωση με την πιο άμεση επαφή με το έδαφος, προσαρμόζει διαρκώς την κίνησή της, προκειμένου να καλύψει τις αδυναμίες άλλων τμημάτων του σώματος και αντισταθμιστικά να διατηρήσει μια λειτουργική βάδιση χωρίς, όμως, η διαφοροποίηση που παρατηρείται στην κίνησή της να αντικατοπτρίζει αμιγώς τη βλάβη σε επίπεδο μυών άκρου ποδός αλλά τη συνολικότερη παθολογία. Ο Brunner το 2008, με τη βοήθεια ενός εμβιομηχανικού μοντέλου που δημιούργησε (Brunner et al, 2008), κατάφερε να στηρίξει την υπόθεση ότι η υπέρμετρη πελματιαία κάμψη στα παιδιά με ΕΠ ήταν υπεύθυνη και για την κάμψη, έσω στροφή και προσαγωγή του ισχίου καθώς και για την ανύψωση της λεκάνης σε παιδιά με σπαστική ημιπληγία αλλά όχι σε παιδιά με σπαστική διπληγία. Παράγοντες όπως η κάμψη του ισχίου και του γόνατος φαίνεται ότι εμπόδισαν την ανάπτυξη των ίδιων παραμορφώσεων στα παιδιά με διπληγία γεγονός το οποίο μας αναγκάζει να σκεφτούμε κατά πόσο τελικά η όλη κινητική εικόνα του παιδιού με ΕΠ αποτελεί μια στάσιμη αποτύπωση της υπάρχουσας εγκεφαλικής βλάβης ή μια δυναμική διεργασία ενός συστήματος το οποίο προσπαθεί

να προσαρμοστεί στην υπάρχουσα κατάσταση και να παραμείνει λειτουργικό με γνώμονα την αποτελεσματικότητα και την επάρκεια της τελικής κίνησης.

6.3 Αδρή κίνηση

Η αδρή κίνηση και ιδιαίτερα η βάδιση αποτελεί για τα παιδιά με ΕΠ έναν από τους σημαντικότερους σχετιζόμενους με την ανεξαρτησία και τη λειτουργικότητά τους παράγοντες. Με δεδομένο το ότι η ΕΠ, η οποία προκαλεί σημαντικούς περιορισμούς στις καθημερινές δραστηριότητες, συνιστά τη συνηθέστερη μορφή αναπηρίας στα παιδιά, η μελέτη των μεταβολών της αδρής κίνησης καθώς και ο συσχετισμός τους με την έναρξη της ανεξάρτητης βάδισης συνθέτουν μια ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα και σημαντική διαδικασία. Στόχος της παρούσας μελέτης είναι να διερευνήσει τον τρόπο με τον οποίο μεταβάλλεται η αδρή κίνηση σε παιδιά με ΕΠ τα οποία μόλις έχουν ξεκινήσει την ανεξάρτητη βάδιση και να αναγνωρίσει τους τρόπους με τους οποίους η ανεξάρτητη βάδιση συμβάλει στη βελτίωση της αδρής κίνησης, της λειτουργικότητας καθώς και της ανεξαρτησίας στην καθημερινή ζωή των παιδιών με ΕΠ.

Η μεταβολή του GMFM, όπως αυτή καταγράφηκε στα αποτελέσματα μας (πίνακα 5.13), καταδεικνύει μια σημαντική βελτίωση στην αδρή κίνηση σε όλους τους τομείς των παιδιών με ΕΠ σε διάστημα 8 μηνών αφότου αυτά είχαν ξεκινήσει την ανεξάρτητη βάδιση. Η μεταβολή αυτή παρατηρείται τόσο στο GMFM-66 όσο και στο GMFM-88, γεγονός ασφαλώς αναμενόμενο, ενώ επίσης παρατηρούμε σημαντική βελτίωση στις ενότητες B (καθιστή θέση), C (μπουσουύλημα και θέση στα γόνατα), D (όρθια θέση) και E (βάδιση, τρέξιμο, άλμα), αντίθετα με την ενότητα A (οριζόντια θέση και ρολάρισμα) που δεν εμφανίζει σημαντικές αλλαγές. Η παρατήρηση αυτή έρχεται σε απόλυτη συμφωνία με προγενέστερες μελέτες (Bechung et al, 2007; Rosembaum et al, 2002; Ketelaar et al, 2001), οι οποίες περιγράφουν βελτίωση της αδρής κίνησης σε παιδιά με ΕΠ με την αύξηση της ηλικίας τους. Ιδιαίτερη αξία αποδίδεται στη μελέτη του Rosembaum και των συνεργατών του (2002), που σε μία μοναδική μελέτη που πραγματοποίησαν με τη συμμετοχή 938 παιδιών με ΕΠ, ηλικίας 1 έως 13 ετών, κατάφεραν να καταγράψουν με τη χρήση του GMFM τη μεταβολή της αδρής κίνησης και να προσδιορίσουν τόσο τον ρυθμό βελτίωσής της ανάλογα με την ηλικία όσο και την ηλικία στην οποία τα παιδιά με ΕΠ φαίνεται ότι κατακτούν το 90% των δυνατοτήτων τους σε επίπεδο αδρής κίνησης. Στη συγκεκριμένη μελέτη, φαίνεται ότι τα παιδιά με λειτουργικό επίπεδο I κατά GMFCS (Palisano et al, 2010; Rosembaum et al 2008) βελτιώνουν σημαντικά την αδρή τους κίνηση μέχρι την ηλικία των 4,8 ετών ενώ αντίστοιχα τα παιδιά με

λειτουργικό επίπεδο II μέχρι την ηλικία των 4,4 ετών. Με το πέρας αυτής της ηλικίας η βελτίωση της αδρής κίνησης μοιάζει ότι μειώνει αισθητά τον ρυθμό της, χωρίς ασφαλώς να σημαίνει ότι παύει να υφίσταται. Η εξέλιξη αυτή μας οδηγεί στη λογική σκέψη ότι υπάρχει κάποια δεδομένη σχέση μεταξύ ηλικίας και ανάπτυξης της αδρής κίνησης και ότι, όσο νωρίτερα το κάθε παιδί κατακτήσει σημαντικές για την ανεξαρτησία του κινητικές δεξιότητες, τόσο περισσότερο χρόνο και ευκαιρίες θα έχει αφενός να τις εκμεταλλευτεί ώστε να αναπτύξει και άλλες πτυχές της αδρής του κίνησης άμεσα σχετιζόμενες με τις ήδη κερτημένες δεξιότητες και αφετέρου να αναπτύξει ακόμη περισσότερες δεξιότητες μέσα σε ένα ηλικιακό φάσμα κατά το οποίο μοιάζει να ενθαρρύνεται η ανάπτυξη της αδρής κίνησης.

Αξίζει να επισημανθεί ιδιαίτερα ότι, ενώ όλα τα παιδιά που συμμετείχαν στη μελέτη είχαν μόλις ξεκινήσει την ανεξάρτητη βάδιση και θα περίμενε κανείς η βελτίωσή τους να είναι εντονότερη στις δοκιμασίες που σχετίζονται με την όρθια θέση και τη βάδιση, δηλαδή στις ενότητες D και E, παρατηρούμε εξίσου σημαντική βελτίωση και στο επίπεδο C (crawling and kneeling) που εμπεριέχει δοκιμασίες σχετιζόμενες με το μπουσούλημα και τη θέση στα γόνατα. Το γεγονός αυτό μας οδηγεί στη σκέψη ότι η έναρξη της βάδισης λειτούργησε ενδεχομένως ως ένα σημαντικό κίνητρο, προκειμένου τα παιδιά να αναπτύξουν συνολικότερα την αδρή τους κίνηση ακόμα και σε χαμηλότερα κινητικά επίπεδα, ώστε να μπορούν να εκμεταλλευτούν τα πλεονεκτήματα της ικανότητάς τους να βαδίζουν. Επί παραδείγματι, για ένα παιδί που είναι ικανό να βαδίσει ανεξάρτητα αλλά δυσκολεύεται να μπουσουλήσει ή να έρθει στη όρθια θέση στηριζόμενο σε κάποιο έπιπλο, αυτομάτως περιορίζεται σημαντικά και η βαδιστική του ικανότητα δεδομένου του ότι δε διαθέτει κάποιον εύκολο τρόπο να έρθει στην όρθια θέση για να ξεκινήσει τη βάδιση. Λογικό, λοιπόν, φαντάζει ότι αυτό το παιδί αυθόρμητα τείνει να βελτιώσει και το μπουσούλημά του ή τη θέση του στα γόνατα ή το ημιγονάτισμά του προκειμένου να μπορεί να έρθει μέσω αυτών των θέσεων στην όρθια και να ξεκινήσει να μετακινείται βαδίζοντας.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι τιμές που καταγράφηκαν για τα παιδιά λειτουργικού επιπέδου II κατά GMFCS σε σύγκριση με αυτές των παιδιών επιπέδου I. Ο μέσος όρος του GMFM-66 τους κατά την πρώτη μέτρηση ήταν 56.7 (± 0.8) ενώ για τα παιδιά επιπέδου I ήταν 60,9 (± 2.7) και κατά τη δεύτερη μέτρηση ήταν 61,4 ($\pm 1,2$) και 65,75 ($\pm 3,4$) αντίστοιχα. Παρατηρούμε λοιπόν ότι τα παιδιά με λειτουργικό επίπεδο II αν και σε μεγαλύτερη ηλικία εμφανίζουν ελαφρώς χαμηλότερες τιμές και στις 2 μετρήσεις. Εντούτοις, η διαφορά μεταξύ των 2 μετρήσεων καταδεικνύει βελτίωση στην αδρή τους κίνηση παρόμοια με αυτή των παιδιών επιπέδου I. Η παρατήρηση αυτή μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι στα παιδιά με λειτουργικό επίπεδο II, αν και

περισσότερο επιβαρυνμένα ώστε αναμενόμενα εμφανίζουν μεγαλύτερους περιορισμούς στη βάδιση και τη λειτουργικότητά τους και κατακτούν σημαντικές κινητικές δεξιότητες σε μεγαλύτερη ηλικία συγκρινόμενα με παιδιά υψηλότερου λειτουργικού επιπέδου, η έναρξη της βάδισης αποτελεί μια ισχυρή κινητήρια δύναμη που τα κινητοποιεί συνολικότερα και τα ωθεί να αναπτύξουν σημαντικές κινητικές δεξιότητες που δεν έχουν αναπτύξει μέχρι τη στιγμή εκείνη.

Πρέπει να αναφερθεί ότι, σύμφωνα με τις μετρήσεις μας η μεταβολή της αδρής κίνησης δεν είχε καμία σημαντικότητα στην ενότητα A (lying and rolling) και η βελτίωσή της ήταν πολύ μικρή στην ενότητα B (sitting). Η παρατήρηση αυτή δικαιολογείται απόλυτα από το γεγονός ότι η πλειονότητα των παιδιών επιπέδου I και II κατά GMFCS έχουν συνήθως μέχρι την ηλικία των 2 ετών κατακτήσει τις κινητικές δεξιότητες που περιλαμβάνονται στις δοκιμασίες των 2 αυτών επιπέδων, με αποτέλεσμα οποιαδήποτε περαιτέρω βελτίωση στην ποιότητα ή στη διάρκεια να μην είναι εφικτό να καταγραφεί με τη χρήση τη κλίμακας GMFM.

Με βάση τις παρατηρήσεις μας αναφορικά με το ποσοστό βελτίωσης της αδρής κίνησης καθώς και με το είδος της κινητικής δεξιότητας που βελτιώθηκε στα παιδιά με ΕΠ λειτουργικού επιπέδου I και II που μόλις έχουν ξεκινήσει την αυτόνομη βάδιση, φαίνεται ότι η έναρξη της βάδισης, ως ένα από τα πρωτεύοντα κινητικά ορόσημα στη ζωή ενός ανθρώπου, διαδραματίζει έναν ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στην κινητική ανάπτυξη των παιδιών αυτών. Αφενός η ίδια η ανεξάρτητη βάδιση αποτελεί μια άκρως σημαντική κατάκτηση που συνεισφέρει σημαντικά στην ανεξαρτητοποίηση των παιδιών με ΕΠ και αφετέρου, μοιάζει ότι κινητοποιεί τη συνολικότερη κινητική ανάπτυξη του παιδιού σε εκείνη την περίοδο, ενισχύοντας την κατάκτηση και άλλων κινητικών δεξιοτήτων, έμμεσα σχετιζόμενων με τη βάδιση αλλά σε άμεση συνάρτηση με τη λειτουργικότητα και τη συνολική εξέλιξη των παιδιών με ΕΠ. Για τους παραπάνω λόγους, θεωρούμε ότι η ενίσχυση της αυτόνομης βάδισης καθώς και η προσπάθεια κατάκτησής της από τα παιδιά με ΕΠ σε όσο το δυνατόν μικρότερη ηλικία οφείλει πλέον στις μέρες μας να αποτελεί έναν από τους πρωταρχικούς στόχους της κάθε θεραπευτικής παρέμβασης, δεδομένης της συνολικής συνεισφοράς της στην κινητική και αναπτυξιακή ολοκλήρωση κάθε παιδιού. Αναλογιζόμενος κάποιος τις δυνατότητες που προσφέρει η ανεξάρτητη μετακίνηση σε κάθε άνθρωπο τόσο σε επίπεδο αυτοϋπηρέτησης όσο και σε επίπεδο νοητικής και αναπτυξιακής εξέλιξης, σε συνδυασμό με τις νεότερες τάσεις στη θεραπευτική διαχείριση των παιδιών με ΕΠ που στοχεύουν ξεκάθαρα στη αναβάθμιση της λειτουργικότητας και της αυτονομίας, εύκολα αντιλαμβάνεται ότι η έγκαιρη κατάκτηση της αυτόνομης βάδισης στα παιδιά με ΕΠ αποτελεί, πέρα από κάθε παρελθοντικό ενδοιασμό (Darrah & Bartlett 1995), αναγκαία επιδίωξη.

Στο γενικότερο ερευνητικό πλαίσιο γύρω από την ανεξαρτησία και τη λειτουργικότητα των παιδιών με ΕΠ, έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές μελέτες οι οποίες συνδέουν άμεσα τη μεταβολή της αδρής κίνησης με διαφόρους τομείς της λειτουργικότητας ενώ, ακόμα πιο συγκεκριμένα πολλές από αυτές αναφέρουν ιδιαίτερη συσχέτιση μεταξύ της μεταβολής του GMFM και της λειτουργικότητας. Ο Ostensjo και οι συνεργάτες του (2004) αναφέρουν ότι η κλίμακα GMFM-66 αποτέλεσε στη μελέτη τους την ισχυρότερη παράμετρο πρόβλεψης για το 88% της κινητικότητας, το 76% της αυτοϋπηρέτησης και το 57% της κοινωνικής λειτουργικότητας των παιδιών με ΕΠ, σε αντίθεση με άλλους παράγοντες όπως η σπαστικότητα και το εύρος κίνησης των αρθρώσεων, αναδεικνύοντας τη μεγάλη σημασία της αδρής κίνησης σε τομείς της καθημερινής ζωής των παιδιών με ΕΠ. Επιπλέον, σε μια παλαιότερη μελέτη τους (Ostensjo et al, 2003), κατάφεραν με αρκετά παρόμοιο τρόπο να συσχετίσουν την κλίμακα GMFCS (Palisano et al, 2010), η οποία περιγράφει με μοναδικό τρόπο τη αδρή κίνηση των παιδιών με ΕΠ σε 5 επίπεδα και συνδέεται άμεσα και με την GMFM-66, με συγκεκριμένες λειτουργικές δεξιότητες απαραίτητες στην καθημερινή ζωή και ιδιαίτερα σημαντικές για την αυτοϋπηρέτηση.

Παραμένοντας στην ερευνητική προσπάθεια διερεύνησης της σχέσης μεταξύ αδρής κίνησης και λειτουργικότητας, ιδιαίτερη αναφορά οφείλει να γίνει σε μια ελαφρώς παλαιότερη μελέτη των Damiano και Abel (1996) στην οποία αναφέρεται άμεση συσχέτιση του GMFM και συγκεκριμένων παραμέτρων της βάρδισης όπως του ρυθμού και της ταχύτητας βάρδισης. Χαρακτηριστικά, μάλιστα, αναφέρουν ότι τα χωροχρονικά χαρακτηριστικά της βάρδισης εμφανίζουν ιδιαίτερη συσχέτιση με την αδρή κίνηση καθώς εμπεριέχουν περισσότερες πληροφορίες για το σύνολο της βάρδισης, σε σχέση με τα κινηματικά χαρακτηριστικά που αφορούν σε μεμονωμένες αρθρώσεις και η παρατήρηση αυτή αποκτά ιδιαίτερη αξία, αν λάβουμε υπόψη μας ότι, σύμφωνα με αρκετούς ερευνητές (Bleck, 1990, Smidt 1990), η βάρδιση συνιστά την πιο αντιπροσωπευτική δεξιότητα του συνόλου της αδρής κίνησης και ασφαλώς και μια από τις σημαντικότερες δεξιότητες για τα παιδιά με ΕΠ και τις οικογένειές τους.

Ανάλογα αποτελέσματα αναφέρουν και στις μελέτες του ο Eck και οι συνεργάτες του (2009) σε μια προσπάθεια να αξιολογήσουν την κινητική επίδοση (τι μπορούν τα παιδιά να κάνουν σε πραγματικό περιβάλλον και συνθήκες) σε σχέση με την κινητική ικανότητα (τι μπορούν τα παιδιά να κάνουν σε προστατευμένες συνθήκες), όπως οι τελευταίες μετρήθηκαν με τη χρήση της GMFM. Ιδιαίτερα σημαντική συσχέτιση βρέθηκε μεταξύ κινητικής επίδοσης και κινητικής ικανότητας με τους συγγραφείς να προτείνουν ότι η βελτίωση της αδρής κίνησης σε επίπεδο κινητικής ικανότητας αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση της βελτίωσης και της κινητικής επίδοσης, η οποία πρακτικά

αντιπροσωπεύει το σύνολο των κινητικών δεξιοτήτων που είναι ικανά να πραγματοποιούν τα παιδιά με ΕΠ σε πραγματικές συνθήκες, δηλαδή στην καθημερινή τους ζωή. Αντίστοιχα, ο Kwon και η ομάδα του (2013), προσπάθησαν να αξιολογήσουν ακριβώς τις ίδιες παραμέτρους, ικανότητα και επίδοση, με τη χρήση της GMFM και της κλίμακας PEDI (Pediatric Evaluation of Disability Inventory) (Haley et al, 1992) και αναγνώρισαν ότι το 67,4% της αυτοϋπηρετήσης, το 49,7% της καθημερινής κινητικότητας και το 26,1% της κοινωνικής λειτουργικότητας σχετίζεται με στοιχεία της αδρής κίνησης όπως αυτή καταγράφεται από το GMFM. Αναγνωρίζεται επομένως, ακόμα μια φορά, η αναγκαιότητα της μεγιστοποίησης των δεξιοτήτων του παιδιού με ΕΠ σε επίπεδο αδρής κίνησης προκειμένου να μεγιστοποιηθεί και η λειτουργικότητά του.

Ο συσχετισμός της αδρής κίνησης με τη λειτουργικότητα στα παιδιά με ΕΠ καθώς και η αναγνώριση της αναγκαιότητας βελτίωσης της αδρής κίνησης προκειμένου να αναβαθμίσουν την ποιότητα της καθημερινής τους ζωής έχει ιδιαίτερη αξία για τη ανάγνωση των αποτελεσμάτων της μελέτης μας, καθότι συνδέει έμμεσα τη βελτίωση στις τιμές της GMFM που παρατηρήθηκε στο τέλος των 8 μηνών, διάστημα κατά το οποίο τα παιδιά βάδιζαν ανεξάρτητα, με τη βελτίωση στη λειτουργικότητα της καθημερινής τους ζωής. Η λειτουργική επίδοση των παιδιών με ΕΠ μπορεί να μη μετρήθηκε απευθείας στην μελέτη μας αλλά επιβεβαιώνεται εμμέσως από την βελτίωση της αδρής κινητικότητας και μέσα από την τελευταία τονίζεται και η θετική επιρροή της έναρξης βάδισης στη λειτουργικότητα. Τέλος, υπάρχουν και κάποιες μελέτες που αναφέρουν μια τάση επιδείνωσης της αδρής κίνησης στα παιδιά με ΕΠ, ιδιαίτερα σε ηλικίες κοντά στην εφηβεία, και οι οποίες καταγράφουν προοδευτικά φθίνουσες τιμές στην κλίμακα GMFM (Bartlett et al, 2010; Day et al, 2007). Οι μελέτες αυτές μάλιστα μοιάζει να έχουν καταφέρει να συσχετίσουν τη φθίνουσα αυτή πορεία με τη μείωση του εύρους κίνησης των αρθρώσεων, την επιδείνωση της σπονδυλικής ευθυγράμμισης αλλά και την αύξηση του πόνου (Bartlett et al, 2010). Μια τέτοια πιθανότητα αποτελεί ένα ιδιαίτερα ενδιαφέρον στοιχείο αν λάβει κανείς υπόψη του ότι εν αντιθέσει με μεγαλύτερες ηλικίες, τα παιδιά με ΕΠ σε μικρές ηλικίες εμφανίζουν σημαντική βελτίωση στην αδρή τους κίνηση και δε φαίνεται να έχουν σημαντικά μειωμένο εύρος κίνησης στις αρθρώσεις τους (κεφάλαιο 2), ενώ φαίνεται να ξεκινούν να προσαρμόζουν τον τρόπο κίνησής τους έτσι, ώστε να εκμεταλλεύονται οποιοδήποτε μηχανικό πλεονέκτημα μπορούν, προκειμένου να παραμένουν λειτουργικά (κεφάλαιο 3).

6.4 Περιορισμοί

Η καταγραφή των δυναμικών χαρακτηριστικών της βάδισης κατά τα πρώτα στάδια της έναρξής της σε παιδιά με ΕΠ και επίπεδο λειτουργικότητας I και II κατά GMFCS, συνεπάγεται ότι τα παιδιά θα είναι αρκετά μικρά σε ηλικία. Είναι γνωστό ότι τα παιδιά με επίπεδο λειτουργικότητας I επιτυγχάνουν την ανεξάρτητη βάδιση κοντά στην ηλικία των 2 ετών και τα παιδιά με επίπεδο II μεταξύ 3 και 4 ετών (Palisano et al, 2010). Η μικρή ηλικία των παιδιών αδιαμφισβήτητα αποτελεί έναν περιοριστικό παράγοντα για το διαδικαστικό κομμάτι της μελέτης δεδομένης της αδυναμίας για ικανοποιητική συνεννόηση και συνεργασία με τα μικρά παιδιά. Τα πεδία στα οποία κυρίως προέκυψαν δυσκολίες αφορούν στη ανάλυση βάδισης και ιδιαίτερα στη διατήρηση των markers στην αρχική τους θέση, στη διατήρηση μιας συνεχούς και ευθύγραμμης πορείας προς ένα σταθερό στόχο (συνήθως τη μητέρα ή κάποιο παιχνίδι) καθώς και τη διατήρηση μιας σταθερής ταχύτητας (περισσότερο στα παιδιά ΤΑ παρά στα παιδιά με ΕΠ) και μιας συνεχιζόμενης βάδισης χωρίς διακοπές. Επιπλέον, κάποια παιδιά, τουλάχιστον στη αρχή της διαδικασίας, δεν ήταν ιδιαίτερα πρόθυμα να απομακρυνθούν από την αγκαλιά της μητέρας τους γεγονός που ξεπερνιόταν συνήθως με την πάροδο του χρόνου όπου και το παιδί εξοικειωνόταν με το περιβάλλον, τα καινούργια άτομα και τα παιχνίδια.

Το γεγονός ότι οι μετρήσεις ήταν μόνο 2 και όχι περισσότερες περιορίζει σημαντικά τη δυνατότητά μας να εντοπίσουμε περισσότερες και μεγαλύτερου εύρους διαφορές που θα μας βοηθούσαν στην καλύτερη κατανόηση του τρόπου μεταβολής των υπό μελέτη παραμέτρων σε σχέση με τη βάδιση. Εντούτοις το γεγονός ότι στη Ελλάδα τα παιδιά με ΕΠ και με επίπεδο I και II κατά GMFCS υπόκεινται, σε σχετικά μικρή ηλικία, σε ιατρικές παρεμβάσεις όπως η έγχυση αλλαντικής τοξίνης αποτέλεσε ένα περιοριστικό παράγοντα σχετικά με την επιλογή του χρονικού διαστήματος που θα έπρεπε να μεσολαβήσει μεταξύ των μετρήσεων προκειμένου τα παιδιά να μην υποστούν καμία μεταβολή στο προγραμματισμένο θεραπευτικό τους πρόγραμμα.

Αναγνωρίζουμε ότι το δείγμα των παιδιών ΤΑ που έλαβαν μέρος στην ανάλυση βάδισης ενδεχομένως να είναι αρκετά μικρό για να είναι εφικτά σημαντικά αποτελέσματα σχετικά με τον τρόπο μεταβολής και ωρίμασης των βαδιστικών τους χαρακτηριστικών. Για τον λόγο αυτό η προσοχή μας επικεντρώνεται κυρίως στις μεταβολές που παρατηρήθηκαν στα παιδιά με ΕΠ και η αναφορά ή η σύγκριση με τις αντίστοιχες μεταβολές των παιδιών ΤΑ γίνεται με μεγαλύτερη επιφύλαξη. Άλλωστε, η μελέτη των πρώιμων χαρακτηριστικών της βάδισης σε παιδιά ΤΑ είναι ερευνητικά σε σαφώς πιο προχωρημένο στάδιο, καθώς έχουν πραγματοποιηθεί πολύ περισσότερες μελέτες.

Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στην επίτευξη μεγαλύτερης δυνατής ομοιογένειας του δείγματος των παιδιών με ΕΠ, ιδιαίτερα στο ζήτημα της διάγνωσης, του χρόνου έναρξης της αυτόνομης βάδισης και της βαδιστικής εμπειρίας, των θεραπευτικών παρεμβάσεων, του λειτουργικού αλλά και νοητικού επιπέδου των παιδιών. Το γεγονός ότι στη μελέτη συμμετείχαν και 4 παιδιά με λειτουργικό επίπεδο II κατά GMFCS, φαίνεται ότι μπορεί να έπαιξε κάποιο ρόλο στη συνοχή των αποτελεσμάτων. Μοιάζει ότι τα παιδιά με επίπεδο II, ακόμα και όταν έχουν χρονικά την ίδια βαδιστική εμπειρία με τα παιδιά με επίπεδο I, διαφέρουν αρκετά τόσο στο ρυθμό μεταβολής των κινηματικών τους χαρακτηριστικών όσο και στον τρόπο βάδισης. Πιστεύουμε ότι σε μελλοντικές μελέτες θα ήταν πιο επαρκές και σκόπιμο να μελετηθεί ξεχωριστά η βάδιση των παιδιών με διαφορετικά λειτουργικά επίπεδα.

Τέλος, οφείλουμε να τονίσουμε ότι όλα τα αποτελέσματά μας βασίστηκαν αποκλειστικά στην αξιολόγηση παιδιών με ΕΠ λειτουργικού επιπέδου I και II κατά GMFCS τα οποία βαδίζουν ανεξάρτητα, οπότε οι παρατηρήσεις μας, σε καμία περίπτωση, δεν μπορούν να γενικευτούν σε παιδιά άλλου λειτουργικού επιπέδου, που είτε δε βαδίζουν ανεξάρτητα είτε βαδίζουν με κάποιο βοήθημα. Πιστεύουμε ότι σε μελλοντικές μελέτες θα ήταν επωφελές να μελετηθεί η σχέση εύρους κίνησης και κίνησης και άλλων κινητικών προτύπων πέραν της βάδισης καθώς και σε παιδιά άλλων λειτουργικών επιπέδων.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός της μελέτης ήταν να διερευνήσει κατά πόσο η έναρξη βάρδισης σε παιδιά με ΕΠ επιπέδου I και II κατά GMFCS, επηρεάζει α) την ελάττωση του παθητικού εύρους κίνησης των αρθρώσεων των κάτω άκρων β) τη δυναμική ισορροπία κατά τη βάρδιση καθώς και την αποτελεσματικότητα της γ) την εξέλιξη της αδρής τους κίνησης και της λειτουργικότητας και δ) τον τρόπο μεταβολής των κινηματικών χαρακτηριστικών της βάρδισης και ως εκ τούτου την πορεία ωρίμασής της.

Σε ότι αφορά τη μεταβολή του παθητικού εύρους της απαγωγής και της έξω στροφής του ισχίου, της υπερέκτασης του γόνατος, της ιγνυακής γωνίας και της ραχιαίας κάμψης της ποδοκνημικής, όπως αυτή καταγράφηκε στα παιδιά με ΕΠ που συμμετείχαν στη μελέτη μετά από 8 μήνες ανεξάρτητης βάρδισης το συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι δεν ήταν στατιστικά σημαντική. Παρόμοιες ήταν και οι παρατηρήσεις που αφορούν στη μεταβολή του παθητικού εύρους κίνησης και στα παιδιά ΤΑ. Το γεγονός αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι τα εναλλακτικά κινητικά πρότυπα βάρδισης που χρησιμοποιούν τα παιδιά με ΕΠ δεν επηρεάζουν σημαντικά το εύρος κίνησης ούτε συμμετέχουν ιδιαίτερα στη δημιουργία μυοσκελετικών παραμορφώσεων, τουλάχιστον κατά τα πρώτα στάδια της ανάπτυξης της βάρδισης. Μια τέτοια παρατήρηση θεωρούμε ότι ενδέχεται να συμβάλει θετικά στην απαγκίστρωση των θεραπευτικών μεθόδων από παλαιότερες τακτικές, κατά τις οποίες αποφευγόταν η χρήση αντισταθμιστικών τρόπων κίνησης υπό τον φόβο δημιουργίας μυοσκελετικών παραμορφώσεων, και στην ενίσχυση των σύγχρονων μεθόδων αποκατάστασης, οι οποίες δίνουν μεγάλη έμφαση στη λειτουργικότητα και τη συμμετοχή.

Εντούτοις, σημαντική διαφορά παρατηρήθηκε στο παθητικό εύρος κίνησης μεταξύ παιδιών με ΕΠ και παιδιών με ΤΑ και τις δύο μετρήσεις γεγονός το οποίο θεωρούμε ότι καταδεικνύει άλλους παράγοντες ως υπεύθυνους για την προοδευτική ελάττωση του παθητικού εύρους κίνησης στα παιδιά με ΕΠ όπως είναι η μειωμένη κίνηση στις συγκεκριμένες αρθρώσεις, η βαρύτητα της βλάβης αλλά και η ηλικία.

Αναφορικά με τη μεταβολή των χωροχρονικών χαρακτηριστικών της βάρδισης, τα παιδιά με ΕΠ, 8 μήνες μετά την έναρξη της αυτόνομης βάρδισης, εμφανίζουν αύξηση της ταχύτητας βάρδισης τους, της διάρκειας της μονοποδικής τους στήριξης, του μήκους βηματισμού και του μήκους διασκελισμού τους σε σχέση με τη στιγμή έναρξής της. Το γεγονός αυτό θεωρούμε ότι καταδεικνύει τη θετική επίδραση της εξάσκησης της βάρδισης σε παραμέτρους που σχετίζονται

άμεσα με την ισορροπία και την αποτελεσματικότητα της βάρδισης στην κάλυψη των καθημερινών λειτουργικών αναγκών των παιδιών με ΕΠ που βαδίζουν.

Επιπλέον, όλα τα παιδιά με ΕΠ παρουσίασαν βελτίωση στην αδρή τους κίνηση, όπως αυτή καταγράφηκε από τη αξιολογητική κλίμακα GMFM-88 και GMFM-66, μέσα σε ένα διάστημα 8 μηνών μετά την έναρξη της αυτόνομης βάρδισης. Το γεγονός αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η έναρξη της βάρδισης, μαζί ασφαλώς και με την αναμενόμενη κινητική ανάπτυξη, επιδρούν θετικά στην εξέλιξη της αδρής κίνησης. Επιπλέον, το γεγονός ότι τα παιδιά με ΕΠ εμφάνισαν σημαντική βελτίωση της αδρής κίνησης και σε επίπεδα (Dimension B: καθιστή θέση, Dimension C: μπουσούλημα και θέση στα γόνατα, Dimension D: όρθια θέση) που δε σχετίζονται παρά έμμεσα με τη βάρδιση ενισχύει την πεποίθηση ότι η έναρξη της βάρδισης έχει θετική επιρροή στη συνολικότερη βελτίωση της αδρής κίνησης των παιδιών με ΕΠ.

Ιδιαίτερα έντονος εμφανίζεται ο συσχετισμός μεταξύ αδρής κίνησης και συνολικής λειτουργικότητας των παιδιών με ΕΠ, με πολλούς ερευνητές να τονίζουν τη σημασία της βελτίωσης της αδρής κίνησης προκειμένου να αναβαθμιστεί και η ποιότητα της καθημερινής τους ζωής. Παρά το γεγονός πως η λειτουργικότητα και η συμμετοχή των παιδιών με ΕΠ δε μετρήθηκε στην παρούσα μελέτη, θεωρούμε ότι η βελτίωση της αδρής κίνησης, η οποία παρατηρήθηκε σε πολλαπλά επίπεδα στη μελέτη, αποτελεί μια έμμεση επιβεβαίωση της συμβολής της έγκαιρης έναρξης της αυτόνομης βάρδισης στη ενίσχυση της συνολική λειτουργικότητας των παιδιών με ΕΠ.

Όσον αφορά στις δυναμικές μεταβολές των κινηματικών χαρακτηριστικών της βάρδισης, τα παιδιά με ΕΠ 8 μήνες μετά την έναρξη της αυτόνομης βάρδισης, παρουσιάζουν σημαντική αύξηση της μέγιστης πελματιαίας κάμψης κατά τη φάση στήριξης, αύξηση της μέγιστης προσαγωγής του ισχίου κατά τη φάση στήριξης και αύξηση του συνολικού εύρους κάμψης – έκτασης του ισχίου κατά τη φάση στήριξης. Οι μεταβολές αυτές θεωρούμε ότι σχετίζονται με τη προσπάθεια του νευρομυϊκού συστήματος να καλύψει τις αυξημένες ανάγκες για σταθεροποίηση και κίνηση τροποποιώντας το πρότυπο της βάρδισης έτσι ώστε να αντισταθμίσει την ελλιπή μυϊκή ενεργοποίηση είτε περιορίζοντας τους βαθμούς ελευθερίας της κίνησης και κάνοντας την ενεργειακά περισσότερο αποδοτική είτε εκμεταλλευόμενο τα παθητικά στοιχεία των αρθρώσεων για σταθεροποίηση. Η διαδικασία αυτή μοιάζει να είναι δυναμική με άμεσο στόχο τον αποδοτικότερο και λιγότερο ενεργοβόρο τρόπο κίνησης, αναλογικά πάντα με τη βλάβη.

Αντίστοιχες μεταβολές στα κινηματικά χαρακτηριστικά των παιδιών ΤΑ εντοπίζονται στην αύξηση της μέγιστης έκτασης του γόνατος κατά τη φάση αιώρησης, στη μείωση της μέγιστης κάμψης ισχίου καθώς και στη μείωση της μέγιστης απαγωγής του ισχίου τόσο κατά τη φάση

στήριξης όσο και κατά τη φάση αιώρησης. Η τάση που παρατηρήθηκε στα παιδιά ΤΑ να μειώνουν το εύρος κίνησης των αρθρώσεων με την ωρίμαση της βάρδισης θεωρούμε ότι υποδεικνύει τον τρόπο με τον οποίο το υγιές νευρομυϊκό σύστημα ελέγχει σταδιακά με μεγαλύτερη επάρκεια τους βαθμούς ελευθερίας των αρθρώσεων προσφέροντας με αυτό τον τρόπο μεγαλύτερη ακρίβεια και σταθερότητα στην κίνηση.

Τέλος, στο σύνολο των μετρήσεων φάνηκε ότι οι σημαντικότερες μεταβολές στα κινηματικά χαρακτηριστικά της βάρδισης κυρίως των παιδιών με ΕΠ παρουσιάζονται κατά τη φάση στήριξης. Το γεγονός αυτό θεωρούμε ότι υποδεικνύει την προτεραιότητα που μοιάζει να αποδίδεται στο κομμάτι της σταθεροποίησης κατά τα πρώιμα στάδια της βάρδισης σε σχέση με το κομμάτι της κίνησης. Φαίνεται ότι τα παιδιά με ΕΠ πρώτα μεριμνούν για επαρκή σταθεροποίηση σε κάθε βήμα και μετά για τη μετακίνηση αυτή καθαυτή.

8. ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΠΑΙΔΙΑΤΡΙΚΗ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑ

Είναι γεγονός πως τα παιδιά με ΕΠ εμφανίζουν σε κάποια χρονική στιγμή της ζωής τους μυοσκελετικές παραμορφώσεις οι οποίες χαρακτηρίζονται από μειωμένο εύρος κίνησης συγκεκριμένων αρθρώσεων και μειωμένη ελαστικότητα συγκεκριμένων μυών. Κλινικά και βιβλιογραφικά, οι αρθρώσεις οι οποίες εμφανίζουν μειωμένο εύρος κίνησης συχνότερα από τις υπόλοιπες είναι η άρθρωση της ποδοκνημικής, με περιορισμό κυρίως της ραχιαίας κάμψης, η άρθρωση του γόνατος, με περιορισμό της πλήρους έκτασης και η άρθρωση του ισχίου, που εμφανίζει εντονότερο περιορισμό στην απαγωγή και την έξω στροφή. Εντούτοις, οι παράγοντες που ενοχοποιούνται για τη μείωση του παθητικού και κατ' επέκταση και του ενεργητικού εύρους κίνησης δεν είναι επαρκώς προσδιορισμένοι με αποτέλεσμα σε αρκετές περιπτώσεις να θεωρείται ότι η «μη φυσιολογική» κίνηση και τα εναλλακτικά κινητικά πρότυπα που υιοθετούνται από τα παιδιά με ΕΠ ευθύνονται αποκλειστικά για τις παρατηρούμενες παραμορφώσεις. Ως συνέπεια αυτού, αρκετές είναι και οι θεραπευτικές μέθοδοι που παραδοσιακά δεν ενθαρρύνουν την εξάσκηση της εκούσιας κίνησης στα παιδιά με ΕΠ, γεγονός το οποίο έρχεται σε πλήρη αντίθεση με τον πρωταρχικό στόχο κάθε είδους σύγχρονης θεραπευτικής παρέμβασης, την ανεξαρτησία, δηλαδή, στην κίνηση και την αυτονομία στην καθημερινή ζωή.

Για τους παραπάνω λόγους ένας από τους πρωταρχικούς στόχους της παρούσας μελέτης είναι η διερεύνηση της επίδρασης που ενδέχεται να έχει η «μη φυσιολογική» κίνηση των παιδιών με ΕΠ και, πιο συγκεκριμένα, η ανεξάρτητη βάδιση, στη μεταβολή του παθητικού και ενεργητικού εύρους κίνησης και, ως εκ τούτου, στη δημιουργία μυοσκελετικών παραμορφώσεων στις αρθρώσεις των κάτω άκρων. Η αξιολόγηση του παθητικού εύρους κίνησης πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της γωνιομέτρησης για τη ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής, την έκταση του γόνατος, την ιγνυακή γωνία και την έξω στροφή και απαγωγή του ισχίου ενώ το δυναμικό εύρος κίνησης κατά τη βάδιση αξιολογήθηκε με τη μέθοδο της τρισδιάστατης ανάλυσης βάδισης και την καταγραφή των κινηματικών χαρακτηριστικών των αρθρώσεων του ισχίου του γόνατος και της ποδοκνημικής. Η απουσία μυοσκελετικών παραμορφώσεων οφειλόμενων στην υιοθέτηση εναλλακτικών προτύπων βάδισης από τα παιδιά με ΕΠ διασφαλίστηκε με την πραγματοποίηση των αρχικών μας μετρήσεων κατά τη χρονική στιγμή της έναρξης της ανεξάρτητης βάδισης. Αντίστοιχα, η πραγματοποίηση των ίδιων μετρήσεων στα ίδια παιδιά 8 μήνες αργότερα, διάστημα κατά το οποίο τα παιδιά εξασκούσαν ελεύθερα την ανεξάρτητη βάδιση, μας έδωσε χρήσιμες

πληροφορίες για τη μεταβολή του παθητικού εύρους κίνησης και κατά συνέπεια για τη συμπεριφορά των μυοσκελετικών παραμορφώσεων. Η μεταβολή του ενεργητικού - δυναμικού εύρους κίνησης των επιλεγμένων αρθρώσεων κατά τη βάδιση μας έδωσε στοιχεία για την ωρίμαση των χαρακτηριστικών της βάδισης με το πέρασμα του χρόνου.

Για τα παιδιά του συμμετείχαν στη μελέτη, η έναρξη της αυτόνομης βάδισης αποτέλεσε τη σημαντικότερη μεταβολή που συντελέστηκε εντός του χρονικού διαστήματος των 8 μηνών και συνδέεται άμεσα με την κινητική τους ανάπτυξη, δεδομένου του ότι ούτε τα σωματομετρικά τους χαρακτηριστικά μεταβλήθηκαν σημαντικά ούτε κάποια αλλαγή πραγματοποιήθηκε στη συχνότητα και στο είδος των θεραπειών τους ή στη χρήση ορθωτικών μέσων και βοηθημάτων ενώ παράλληλα δεν υποβλήθηκαν σε κάποια ιατρική παρέμβαση (έγχυση αλλαντικής τοξίνης, ορθοπεδικό χειρουργείο). Ωστόσο, από την ερμηνεία των αποτελεσμάτων φαίνεται ότι η έναρξη της βάδισης δεν έχει κάποια σημαντική επίδραση στη διαφοροποίηση και κυρίως στη μείωση του παθητικού εύρους κίνησης των αρθρώσεων, τουλάχιστον κατά τους πρώτους 8 μήνες της ανεξάρτητης βάδισης, καθώς οι μέσοι όροι των τιμών που καταγράφηκαν στις 2 μετρήσεις δε φαίνεται να διαφέρουν σημαντικά. Το γεγονός αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η βάδιση με τη χρήση μη φυσιολογικών προτύπων δεν επηρεάζει άμεσα την ελάττωση του παθητικού εύρους κίνησης κατά τα πρώτα στάδια της ανεξάρτητης βάδισης ή ότι, σε κάθε περίπτωση, για τη δημιουργία παραμορφώσεων απαιτείται σημαντικά μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

Στα αποτελέσματά μας να φάνηκε ότι το παθητικό εύρος κίνησης δεν επηρεάστηκε σημαντικά από την έναρξη και εξάσκηση της ανεξάρτητης βάδισης. Εντούτοις, οι τιμές του παθητικού εύρους που καταγράφηκαν για τα παιδιά με ΕΠ ήταν σημαντικά μικρότερες συγκριτικά με τις αντίστοιχες των παιδιών ΤΑ και στις 2 μετρήσεις. Η παρατήρηση αυτή μας ωθεί να αναζητήσουμε άλλους παράγοντες ως πιθανά αίτια για τη διαφοροποίηση του παθητικού εύρους κίνησης, τη μείωση της μυϊκής ελαστικότητας και τη μελλοντική δημιουργία μυοσκελετικών παραμορφώσεων, αρκετά πριν την έναρξη της βάδισης, ίσως και από τη στιγμή έναρξης της κίνησης. Καθότι η ανάπτυξη της κίνησης για κάθε παιδί ξεκινά από πολύ νωρίς, ακόμη και πριν τη γέννησή του, γίνεται αντιληπτό ότι η διαφορετική εξέλιξή της θα έχει και το αντίστοιχο αποτέλεσμα στις δομές που επηρεάζει. Κανείς λοιπόν δεν αμφισβητεί πως τα παιδιά με ΕΠ κινούνται υιοθετώντας διαφορετικά κινητικά πρότυπα από τα παιδιά ΤΑ και πως το γεγονός αυτό έχει σημαντικό αντίκτυπο και στη διαμόρφωση των μυοσκελετικών τους δομών, διαπίστωση η οποία καταγράφηκε και στις μετρήσεις μας. Ωστόσο, η αξία των παρατηρήσεών μας έγκειται στο ότι, δεδομένης της μη αναστρεψιμότητας της βλάβης, για τα παιδιά με ΕΠ δεν υφίσταται η εναλλακτική

επιλογή της υιοθέτησης ενός φυσιολογικού προτύπου βάδισης. Επομένως, το ερώτημα που εύλογα προκύπτει, σε επίπεδο παρέμβασης πλέον, είναι κατά πόσο η χρήση και η εξάσκηση ενός μη φυσιολογικού προτύπου μπορεί να έχει χειρότερα αποτελέσματα και να συμβάλλει στην ελάττωση του παθητικού εύρους συγκριτικά με την απουσία της κίνησης και όχι συγκριτικά με την ύπαρξη τυπικής κίνησης.

Εξάλλου, φαίνεται κλινικά πως εντονότερες μυοσκελετικές παραμορφώσεις και μεγαλύτερους περιορισμούς στο παθητικό εύρος κίνησης συναντάμε, ως επί το πλείστον, σε παιδιά χαμηλότερων λειτουργικών επιπέδων, τα οποία, κατά κανόνα, είναι κινητικά περισσότερο επιβαρυνμένα και, ως εκ τούτου, η πραγματοποιούμενη ενεργητική κίνηση στις αρθρώσεις τους εμφανίζεται κατά πολύ μειωμένη. Η παρατήρηση αυτή, σε συνάρτηση με τις ενδείξεις που διαθέτουμε περί μη αρνητικής συσχέτισης της κίνησης με τη μείωση του παθητικού εύρους κίνησης κατά τα πρώτα στάδια της βάδισης, μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι, συγκρινόμενη με την απουσία κίνησης, κάθε είδους εφικτή κίνηση, έστω και ελλιπής ή «μη φυσιολογική», έχει ευεργετικά αποτελέσματα στη διατήρηση του παθητικού εύρους κίνησης και της μυϊκής ελαστικότητας ενώ είναι πιθανότερο να συμβάλλει στην αποφυγή των μυοσκελετικών παραμορφώσεων παρά να τις δημιουργεί ή να τις επιδεινώνει.

Επιπροσθέτως, ένα από τα σημαντικότερα ευρήματα της μελέτης συνοψίζεται στο γεγονός ότι, παρότι δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές στο παθητικό εύρος κίνησης των αρθρώσεων κατά το διάστημα των 8 μηνών, οι μεταβολές που καταγράφηκαν στο δυναμικό εύρος κίνησης κάποιων εκ των αντιστοίχων αρθρώσεων για το ίδιο διάστημα ήταν σημαντικές. Η παρατήρηση αυτή έχει ιδιαίτερα μεγάλη αξία διότι αποκλείει ουσιαστικά την πιθανότητα οι παρατηρούμενες μεταβολές στη δυναμική διαμόρφωση του βαδιστικού προτύπου να οφείλονται στην διαφοροποίηση του παθητικού εύρους κίνησης, τουλάχιστον σε ότι αφορά τα πρώτα στάδια της ανάπτυξης της ανεξάρτητης βάδισης. Μπορεί σε μεγαλύτερα παιδιά και σε διαφορετικές φάσεις της βάδισης οι μυοσκελετικές παραμορφώσεις και οι εγκατεστημένες μυϊκές βραχύνσεις να επηρεάζουν άμεσα τον τρόπο με τον οποίο κινούνται τα παιδιά με ΕΠ και ως εκ τούτου να αποτελούν σημαντικές παραμέτρους προς αντιμετώπιση και θεραπεία. Εντούτοις, στις ηλικίες κατά τις οποίες ξεκινάει η διαμόρφωση του προτύπου της βάδισης φαίνεται ότι η μεταβολή του εύρους κίνησης δεν ακολουθεί παρόμοια πορεία με αυτή της μεταβολής του ενεργητικού – δυναμικού εύρους κατά τη βάδιση. Πιθανολογούμε ότι, κατά τα στάδια δημιουργίας του προτύπου της βάδισης η χρήση εναλλακτικών προτύπων κίνησης σχετίζεται περισσότερο με την προσπάθεια του νευρομυϊκού συστήματος να οργανώσει την κίνηση με τον καλύτερο δυνατό τρόπο διατηρώντας

ένα κινητικό σύνολο που θα παραμένει λειτουργικό παρά τη βλάβη, και όχι τόσο με τη μείωση του παθητικού εύρους ή τη σπαστικότητα αυτή καθαυτή. Κανείς, ωστόσο δεν αποκλείει την πιθανότητα ο περιορισμός στο παθητικό εύρος κίνησης, όπως περιγράφεται βιβλιογραφικά και παρατηρείται κλινικά σε παιδιά μεγαλύτερης ηλικίας, αφενός να προκαλείται προοδευτικά λόγω της αδυναμίας των μυών να κινήσουν συγκεκριμένες αρθρώσεις στο πλήρες εύρος τους και αφετέρου να αξιοποιείται από το νευρομυϊκό σύστημα σταθεροποιητικά και ενισχυτικά προκειμένου να ελαφρυνθούν άλλοι μυς από τη λειτουργία τους.

Η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο τα παιδιά με ΕΠ οργανώνουν την κίνηση της βιάδισής τους, και κατ' επέκταση την κίνησή τους συνολικότερα, καθώς και του τρόπου με τον οποίο διαχειρίζονται κινητικά τις δυσκολίες τους αποτελεί μια ιδιαίτερα ωφέλιμη και απαιτητική διαδικασία η οποία συνεισφέρει σημαντικά στην αναβάθμιση της θεραπευτικής παρέμβασής μας. Επιπλέον, η προσπάθεια για μια αποτελεσματικότερη οργάνωση της κίνησης με το πέρασμα του χρόνου, όπως αυτή αποτυπώνεται στις μεταβολές των κινηματικών χαρακτηριστικών της βιάδισης, δηλαδή στις δυναμικές μεταβολές της εκούσιας κίνησης μέσα στο διάστημα των 8 μηνών από την έναρξη της βιάδισης, περιγράφει την κινητική ωρίμαση του προτύπου της βιάδισης των παιδιών με ΕΠ. Καταγράφοντας, λοιπόν, τις δυναμικές μεταβολές των κινηματικών χαρακτηριστικών που συντελούνται κατά τα πρώτα στάδια της ανεξάρτητης βιάδισης, παρατηρούμε στην άρθρωση της ποδοκνημικής ότι, όσο ωριμάζει η βιάδιση μέσα στο διάστημα των 8 μηνών, τα παιδιά με ΕΠ τείνουν να αυξάνουν σημαντικά τη μέγιστη πελματιαία κάμψη κατά τη φάση στήριξης της βιάδισης. Η αύξηση αυτή, ωστόσο, δε συνοδεύεται από μείωση της ραχιαίας κάμψης ούτε δυναμικά - κατά τη διάρκεια της βιάδισης - ούτε και παθητικά - κατά την κλινική αξιολόγηση του παθητικού εύρους κίνησης. Εύλογα, λοιπόν, οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι η μεταβολή αυτή δεν οφείλεται σε κάποια παθητική μεταβολή στο εύρος κίνησης αλλά σε μια άκρως εκούσια και δυναμική προσαρμογή του νευρομυϊκού συστήματος προκειμένου αφενός να βελτιώσει τη μηχανική ώθηση που απαιτείται κατά το τελευταίο κομμάτι της φάσης στήριξης ώστε να προωθηθεί το σώμα προς τα εμπρός και αφετέρου να διαχειριστεί αποτελεσματικότερα τους βαθμούς ελευθερίας της άρθρωσης επιτυγχάνοντας καλύτερη σταθεροποίηση με μικρότερη μυϊκή ενεργοποίηση. Παρόμοιες μεταβολές δεν παρατηρήθηκαν στα παιδιά ΤΑ, στα οποία και το παθητικό εύρος της ραχιαίας κάμψης παρέμεινε σταθερό και η πελματιαία κάμψη δεν αυξήθηκε, υποδεικνύοντας τις σημαντικές διαφορές στον τρόπο διαχείρισης και διαμόρφωσης του κινητικού προτύπου της βιάδισης με γνώμονα τις εν γένει δυνατότητες του κάθε παιδιού.

Ακόμα μια σημαντική ένδειξη που ενισχύει την πεποίθησή μας σχετικά με τον διαφορετικό τρόπο διαχείρισης της κίνησης από τα παιδιά με ΕΠ αποτελεί η παρατήρηση ότι τα παιδιά ΤΑ, στο σύνολο τους, έχουν την τάση να μειώνουν το εύρος κίνησης των αρθρώσεων με την ωρίμαση της βάδισης σε αντίθεση με τα παιδιά με ΕΠ που τείνουν να το αυξάνουν. Η διαφορά αυτή πιστεύουμε ότι υποδεικνύει τον τρόπο με τον οποίο το υγιές νευρομυϊκό σύστημα ελέγχει σταδιακά με μεγαλύτερη επάρκεια τους βαθμούς ελευθερίας των αρθρώσεων, ώστε να προσφέρει μεγαλύτερη ακρίβεια και σταθερότητα στην κίνηση, σε αντίθεση με τα παιδιά με ΕΠ τα οποία, αδυνατώντας να ελέγξουν με μεγάλη ακρίβεια τη συνδυασμένη κίνηση στις αρθρώσεις εμφανίζουν αυξημένο δυναμικό εύρος σε συγκεκριμένες αρθρώσεις και προς συγκεκριμένες κατευθύνσεις, όπως η υπερέκταση στο γόνατο και η προσαγωγή στο ισχίο στη φάση στήριξης. Αντ' αυτού επιλέγουν τις ακραίες θέσεις μιας άρθρωσης (αύξηση μέγιστης πελματιαίας κάμψης, αύξηση μέγιστης προσαγωγής ισχίου), στην προσπάθειά τους να εκμεταλλευτούν τα παθητικά στοιχεία των αρθρώσεων για σταθεροποίηση και να περιορίσουν με παράδοξο τρόπο τους βαθμούς ελευθερίας της άρθρωσης καθιστώντας αποδοτικότερη την κίνηση.

Διαφορές στα ευρήματα που προκύπτουν από τον συνδυασμό των μεταβολών παθητικού και δυναμικού εύρους κίνησης παρατηρούμε και σε άλλες αρθρώσεις των κάτω άκρων. Η δυναμική αύξηση της μέγιστης προσαγωγής του ισχίου κατά τη φάση στήριξης χωρίς ιδιαίτερη μεταβολή του παθητικού εύρους της απαγωγής στα παιδιά με ΕΠ ή η σημαντική αύξηση της μέγιστης έκτασης του γόνατος κατά τη φάση αιώρησης στα παιδιά ΤΑ χωρίς καμία μεταβολή στην ιγνυακή γωνία αποτελούν σημαντικά στοιχεία που αποδεικνύουν τη διαφορά που υφίσταται μεταξύ κλινικής αξιολόγησης του παθητικού εύρους και δυναμικής συμπεριφοράς των αρθρώσεων κατά τη βάδιση. Τίθεται, συνεπώς, ένα σημαντικό ζήτημα σχετικά με το κατά πόσο η αξιολόγηση του παθητικού εύρους στα παιδιά με ΕΠ, σε μικρές ηλικίες και κατά τα πρώτα στάδια της ανεξάρτητης βάδισής τους, είναι αντιπροσωπευτική της κλινικής εικόνας των παιδιών αυτών κατά τη βάδιση και ως εκ τούτου σε τι βαθμό νομιμοποιούμαστε να λαμβάνουμε θεραπευτικές αποφάσεις αποκλειστικά με βάση την κλινική εξέταση και την αξιολόγηση του παθητικού εύρους κίνησης. Μήπως τελικά η ανάλυση της δυναμικής συμπεριφοράς των αρθρώσεων κατά τη βάδιση αποτελούν πιο αξιόπιστους δείκτες λήψης αποφάσεων, εφόσον μάλιστα τελικό στόχο της παρέμβασης αποτελεί η βελτίωση της εκούσιας κίνησης και της λειτουργικότητας των παιδιών με ΕΠ και όχι η μεμονωμένη αύξηση ή διατήρηση του παθητικού εύρους κίνησης;

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον προκαλεί ο τρόπος με τον οποίο φαίνεται ότι επηρεάζεται το κινητικό πρότυπο της βάδισης στα παιδιά με ΕΠ από την ταχύτητα την οποία το κάθε παιδί επιλέγει να

βαδίζει. Τα παιδιά που συμμετείχαν στην ανάλυση βάρδισης μπορούσαν να επιλέγουν ελεύθερα την ταχύτητα στην οποία επιθυμούσαν να βαδίσουν. Φαίνεται, λοιπόν, ότι όσο πιο μεγάλη ταχύτητα επιλέγουν τόσο αυξάνεται και το δυναμικό εύρος κάμψης-έκτασης του ισχίου κατά τη βάρδιση και ιδιαίτερα κατά τη φάση αιώρησης. Με τον τρόπο αυτό προσπαθούν να αυξήσουν την ταχύτητα βάρδισής τους ώστε να γίνουν πιο αποτελεσματικά στη μετακίνηση μέσω της συνολικής αύξησης στην κίνηση του ισχίου πραγματοποιώντας μάλιστα και μεγαλύτερο βήμα. Ωστόσο, κατά τη δεύτερη μέτρηση φαίνεται ότι ο συσχετισμός αυτός μειώνεται γεγονός το οποίο - σε συνάρτηση βέβαια με το ότι η ταχύτητα των παιδιών με ΕΠ αυξήθηκε κατά τη δεύτερη μέτρηση - υποδεικνύει ότι, με την ωρίμαση της βάρδισης, η ταχύτητα, πιθανότατα, δεν επηρεάζει τόσο άμεσα την κίνηση του ισχίου. Αντιλαμβανόμαστε, λοιπόν, ότι η ταχύτητα βάρδισης αποτελεί έναν σημαντικό παράγοντα ο οποίος καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τη διαμόρφωση του προτύπου της βάρδισης, ιδιαίτερα σε ό,τι αφορά την κίνηση της άρθρωσης του ισχίου. Ωστόσο, το στοιχείο της ωρίμασης της βάρδισης που σταδιακά επέρχεται με την επαναλαμβανόμενη εξάσκησή της μοιάζει να μειώνει την εξάρτηση της κίνησης από την ταχύτητα.

Ένας από τους κυριότερους στόχους της μελέτης είναι η καταγραφή του λειτουργικού οφέλους που πιθανότατα αποκομίζουν τα παιδιά με ΕΠ από την έναρξη της ανεξάρτητης βάρδισης. Παράμετροι όπως η ταχύτητα βάρδισης, η διάρκεια μονοποδικής στήριξης, το μήκος βήματος και το μήκος διασκελισμού αποτελούν ενδεικτικά μετρήσιμα στοιχεία που σχετίζονται άμεσα με τη σταθερότητα και τη δυναμική ισορροπία κατά τη βάρδιση ενώ η αδρή κίνηση αποτελεί το πιο αντιπροσωπευτικό χαρακτηριστικό των κινητικών ικανοτήτων του κάθε παιδιού με ΕΠ. Οι μεταβολές των ανωτέρω παραμέτρων προς συγκεκριμένη κατεύθυνση μέσα στο χρονικό διάστημα των 8 μηνών που μεσολάβησε από την έναρξη της αυτόνομης βάρδισης θεωρούμε πως είναι αντιπροσωπευτικές του οφέλους και της γενικότερης βελτίωσης της βάρδισης κατά τα αρχικά στάδια διαμόρφωσής της.

Είναι αξιοσημείωτο πως όλες οι παράμετροι που μετρήθηκαν και σχετίζονται με το λειτουργικό όφελος των παιδιών με ΕΠ αυξήθηκαν σημαντικά υποδεικνύοντας φανερά βελτίωση στην αδρή κίνηση, στην ισορροπία και τη βάρδιση. Τα παιδιά με ΕΠ, 8 μήνες μετά την έναρξη της βάρδισής τους, βαδίζουν με μεγαλύτερη ταχύτητα, έχουν μεγαλύτερη διάρκεια στη μονοποδική τους στήριξη ενώ πραγματοποιούν και μεγαλύτερα βήματα. Επίσης, παρουσιάζουν σημαντική βελτίωση στην αδρή τους κίνηση, όπως αυτή μετρήθηκε με την κλίμακα GMFM, τόσο σε τομείς άμεσα σχετιζόμενους με τη βάρδιση όσο και σε τομείς οι οποίοι συνδέονται έμμεσα με αυτή.

Η ταχύτητα της βάρδισης αποτελεί μια πολύ σημαντική παράμετρο που καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την αποτελεσματικότητα της βάρδισης. Η μετακίνηση με μια ικανοποιητική και όχι πολύ αργή ταχύτητα προσφέρει στα παιδιά με ΕΠ τη δυνατότητα για συμμετοχή σε πολλές δραστηριότητες της καθημερινής τους ζωής, όπως στο παιχνίδι, στην αυτουπηρέτηση, στη μεταφορά και τη συναναστροφή με άλλα παιδιά ενώ τους επιτρέπει να εξερευνούν με μεγαλύτερη ευκολία το περιβάλλον, γεγονός ιδιαίτερα σημαντικό για την ανάπτυξη των παιδιών σε αυτές τις ηλικίες. Αντίστοιχα, η βελτίωση της ισορροπίας κατά τη βάρδιση, όπως αυτή εκδηλώνεται μέσα από την αύξηση της μονοποδικής στήριξης και του μήκους βηματισμού, ουσιαστικά διασφαλίζει σε πολύ μεγάλο βαθμό τη σταθερότητα και την ασφάλεια κατά τη μετακίνηση καθώς όσο καλύτερη ισορροπία διαθέτει ένα παιδί τόσο λιγότερο πέφτει όταν περπατάει.

Η αδρή κίνηση είναι ο τομέας ο οποίος πλήττεται σε πολύ μεγάλο βαθμό από την εγκεφαλική βλάβη και η βελτίωσή της στα παιδιά με ΕΠ αποτελεί διαχρονικά τον σημαντικότερο ίσως στόχο κάθε θεραπευτικής παρέμβασης. Επιπλέον ο περιορισμός της αδρής κίνησης αντικατοπτρίζει την αδυναμία των παιδιών με ΕΠ να ενεργοποιήσουν κατάλληλα το νευρομυϊκό τους σύστημα προκειμένου να κινηθούν επαρκώς και συνιστά το μεγαλύτερο εμπόδιο στην ανεξαρτησία τους. Η βελτίωση της αδρής κίνησης, όπως καταγράφηκε στα αποτελέσματά μας, φανερώνει τη συμβολή της έναρξης της ανεξάρτητης βάρδισης στη βελτίωση της συνολικότερης αδρής κινητικότητας των παιδιών με ΕΠ και τονίζει την αξία της έναρξής της σε όσο το δυνατόν μικρότερη ηλικία προκειμένου τα παιδιά αυτά να μεγιστοποιήσουν τις πιθανότητές τους για κινητική ανεξαρτησία μέσα στο χρονικό διάστημα των 5 πρώτων ετών της ανάπτυξής τους, που φαίνεται να αποτελεί και το διάστημα που κατεξοχήν αναπτύσσεται η αδρή κίνηση στα παιδιά επιπέδου I και II.

Σε ό,τι αφορά την πρακτική εφαρμογή των ερευνητικών αποτελεσμάτων σε επίπεδο φυσικοθεραπευτικής παρέμβασης, τα ευρήματα της μελέτης μπορούν να αποβούν πολλαπλώς χρήσιμα. Αρχικά, η διατήρηση ενός σταθερού παθητικού εύρους κίνησης στις αρθρώσεις των κάτω άκρων, παρά την έναρξη της βάρδισης με ένα μη φυσιολογικό πρότυπο, απαλλάσσει του θεραπευτές από πιθανούς φόβους περί συμβολής της χρήσης εναλλακτικών προτύπων κίνησης στη δημιουργία ή στην επιδείνωση των μυοσκελετικών παραμορφώσεων. Αντιθέτως, η θετική επίδραση της κίνησης στη διατήρηση του εύρους κίνησης ενθαρρύνει την ενίσχυση κάθε είδους εκούσιας κίνησης και την ενεργητική εκμάθηση κινητικών δεξιοτήτων που κρίνεται πως συμβάλλουν στη βελτίωση της λειτουργικότητας και της αυτονομίας των παιδιών με ΕΠ.

Επιπλέον, το γεγονός πως τα παιδιά με ΕΠ φαίνεται ότι επιλέγουν, κατά την κάθε χρονική στιγμή, τον πιο αποτελεσματικό τρόπο να κινούνται αναλογικά με τη βλάβη διαμορφώνοντας έτσι τα κινητικά τους πρότυπα με βάση τόσο τις ανάγκες όσο και τις δυνατότητές τους, ενισχύει την πεποίθηση πως απώτερος στόχος της φυσικοθεραπευτικής παρέμβασης είναι η βελτίωση των κινητικών τους ικανοτήτων και όχι η αναχαίτιση των παθολογικών συμπεριφορών και προτύπων και η επιδίωξη μιας φυσιολογικής κίνησης. Οι θεραπευτικές αυτές πρακτικές είναι ενσωματωμένες, ως επί το πλείστον, σε νεότερες μορφές θεραπείας όπως οι task-specific, functional, context-specific και action-based θεραπείες, που βασίζονται κατά κύριο λόγο στις αρχές της Θεωρίας των Δυναμικών Συστημάτων και λιγότερο σε αυτές του νευροαναπτυξιακού μοντέλου, δίνοντας μεγάλη έμφαση στη βελτίωση των κινητικών δεξιοτήτων και της λειτουργίας μέσα από την κινητική εκμάθηση και την ενεργητική προσπάθεια των παιδιών με ΕΠ.

Κατά τα πρώτα στάδια της ανάπτυξης της βάδισης, το νευρικό σύστημα αναζητεί τον καλύτερο τρόπο προκειμένου να εκτελέσει με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια και αποτελεσματικότητα την κάθε κίνηση που συνθέτει το πρότυπο της βάδισης. Στην προσπάθειά του αυτή, φαίνεται ότι επιχειρεί να αντισταθμίσει το κινητικό έλλειμμα που προκύπτει εξαιτίας τη βλάβης χρησιμοποιώντας αντισταθμιστικούς μηχανισμούς, όπως η χρήση των παθητικών δομών για επιπλέον σταθεροποίηση και η διαφοροποιημένη χρήση μυών προκειμένου να αποκτήσει μηχανικό πλεονέκτημα. Το χρονικό διάστημα αυτό θεωρούμε ότι αποτελεί μια από τις καταλληλότερες περιόδους για θεραπευτική παρέμβαση, δεδομένου του ότι δεν έχει επέλθει ακόμα πλήρης διαμόρφωση και σταθεροποίηση του κινητικού προτύπου της βάδισης. Προσφέροντας τα κατάλληλα ερεθίσματα και την κατάλληλη υποστήριξη στην υπό διαμόρφωση κίνηση και λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη τα βαδιστικά χαρακτηριστικά που τείνει να αναπτύσσει ένα παιδί με ΕΠ κατά τα πρώτα στάδια της ανεξάρτητης βάδισης, θεωρούμε ότι είναι δυνατό να μεγιστοποιηθεί η αποτελεσματικότητα της φυσικοθεραπευτικής και εργοθεραπευτικής παρέμβασης κατά τη διάρκεια μιας τέτοιας μεταβατικής περιόδου στη διαμόρφωση ενός πιο σταθερού και λειτουργικού προτύπου βάδισης ή στη βελτίωση της αδρής κίνησης και της ανεξαρτησίας. Θεωρούμε, ακόμη, ότι η χρήση κνημοποδικών κηδεμόνων μπορεί να έχει μεγαλύτερη επιρροή στον αποτελεσματικότερο έλεγχο της πελματιαίας κάμψης της ποδοκνημικής ή στην κάμψη του γόνατος κατά τη φάση στήριξης και οι ιατρικές παρεμβάσεις, όπως η έγχυση αλλαντικής τοξίνης, μπορεί να αποδειχθούν πιο δραστικές σε μια περίοδο που το νευρομυϊκό σύστημα ακόμα αναζητά τους καταλληλότερους τρόπους κίνησης και δεν υφίστανται μυϊκές βραχύνσεις.

Επιπρόσθετα, το λειτουργικό όφελος που μοιάζει να αποκομίζουν τα παιδιά με ΕΠ από την έναρξη βάδισης τόσο σε επίπεδο αδρής κίνησης όσο και σε επίπεδο ισορροπίας και σταθερότητας κατά τη βάδιση, σε συνδυασμό με τις ερευνητικές ενδείξεις περί ύπαρξης συγκεκριμένων χρονικών περιορισμών στην απόκτηση των μέγιστων κινητικών δεξιοτήτων, καθιστά αναγκαία την επιδίωξη κάθε θεραπευτικής μεθόδου για επίτευξη της έναρξης βάδισης, και κατ' επέκταση κάθε κινητικής δεξιότητας, σε όσο το δυνατόν μικρότερη ηλικία. Τα οφέλη από την έγκαιρη έναρξη της βάδισης φαίνεται πως είναι πολλαπλά - συμπεριλαμβανομένης της δυνατότητας για εξερεύνηση του περιβάλλοντος και συμμετοχή σε δραστηριότητες της καθημερινής ζωής - και άκρως σημαντικά για την ολόπλευρη ανάπτυξη του κάθε παιδιού.

Συγκεκριαλιώνοντας, θα λέγαμε ότι η έναρξη της ανεξάρτητης βάδισης σε παιδιά με ΕΠ επιπέδου I και II κατά GMFCS δε μοιάζει να έχει αρνητική επίδραση στη μεταβολή του παθητικού εύρους κίνησης των αρθρώσεων και στη δημιουργία μυοσκελετικών παραμορφώσεων κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης της ανεξάρτητης βάδισης. Αντιθέτως υπάρχουν ενδείξεις ότι κάθε είδους κίνηση στις αρθρώσεις, έστω και μη φυσιολογική, ωφελεί σημαντικά στη διατήρηση ή και στη βελτίωση του παθητικού εύρους κίνησης σε σύγκριση με την απουσία κίνησης. Επιπλέον, σημαντικά αυξημένο παρουσιάζεται το λειτουργικό όφελος των παιδιών αυτών από την έναρξη της βάδισης τόσο σε επίπεδο βελτίωσης της αδρής κίνησης όσο και σε επίπεδο ισορροπίας και σταθερότητας κατά τη βάδιση. Τέλος, οι μεταβολές των παραμέτρων που χαρακτηρίζουν την ωρίμαση της βάδισης κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξής της φανερώνουν την προσπάθεια του νευρομυϊκού συστήματος να οργανώσει την κίνηση με γνώμονα την καλύτερη αξιοποίηση των δυνατοτήτων ενός εξαρχής επιβαρυσμένου συστήματος που έχει ως στόχο να παραμείνει λειτουργικό.

Οι παραπάνω διαπιστώσεις συμβάλλουν σημαντικά στη διαφοροποίηση και στην προσαρμογή του θεραπευτικού τρόπου παρέμβασής μας σε αρκετούς τομείς. Αρχικά, επέρχεται πλέον μια απαγκίστρωση των θεραπευτικών πρακτικών από παλαιότερες πεποιθήσεις, σύμφωνα με τις οποίες τα παιδιά με ΕΠ δεν πρέπει να ενθαρρύνονται να κινούνται με τα εναλλακτικά κινητικά πρότυπα, παρά την ανεξαρτησία που τους προσφέρουν, ενώ ιδιαίτερη έμφαση δίνεται πλέον στην ενίσχυση των δυνατοτήτων και της αυτονομίας του κάθε παιδιού μέσα από τις αρχές της κινητικής εκμάθησης και της κατάκτησης λειτουργικών δεξιοτήτων σε όσο το δυνατόν μικρότερη ηλικία.

Τέλος, είναι σαφές ότι τα παιδιά με ΕΠ υπολείπονται κινητικά σε σχέση με τα παιδιά ΤΑ σε πολλές παραμέτρους που αφορούν στο παθητικό εύρος κίνησης, στην ισορροπία κατά τη βάδιση, στην αποτελεσματικότητα της βάδισης, στην αδρή κίνηση και τη λειτουργικότητα. Ωστόσο, η

συνεχής αναβάθμιση των θεραπευτικών υπηρεσιών που παρέχονται στα παιδιά αυτά, σε συνδυασμό με την ενίσχυση της ερευνητικής προσπάθειας, προσφέρει μεγάλες ελπίδες για μεγιστοποίηση των θεραπευτικών αποτελεσμάτων και βελτιστοποίηση της ποιότητας ζωής ενός τόσο επιβαρυσμένου όσο και αξιοθαύμαστου πληθυσμού παιδιών.

Βιβλιογραφία

Adams M, Chandler L, Schumann K. Gait changes in children with cerebral palsy following an eurodevelopmental course. *Pediatr Phys Ther* 2000;12:114-120

Adolph KE, Berger SE. Learning and development in infant locomotion. *Progress in Brain Research* 2007;164:237-255

Adolph KE, Vereijken B, Shrout PE. What changes in infant walking and why. *Child Dev* 2003 Mar-Apr;74(2):475-97.

Allington NJ, Leroy N, Doneux C. Ankle joint range of motion measurements in spastic cerebral palsy children: intraobserver and interobserver reliability and reproducibility of goniometry and visual estimation. *J Pediatr Orthop B* 2002 Jul;11(3):236-9.

Andersen GL, Irgens LM, Haagaas I, Skranes JS, Meberg AE, Vik T. Cerebral palsy in Norway: prevalence, subtypes and severity. *Eur J Paediatr Neurol* 2008 Jan;12(1):4-13.

Arnold AS, Schwartz MH, Thelen DG, Delp SL. Contributions of muscles to terminal-swing knee motions vary with walking speed. *J Biomech* 2007;40(16):3660-71.

Arnold AS, Thelen DG, Schwartz MH, Anderson FC, Delp SL. Muscular coordination of knee motion during the terminal-swing phase of normal gait. *J Biomech* 2007;40(15):3314-24.

Avery LM, Russe DJ, Raina PS, Walter SD, Rosebaum PL. Rasch analysis of the Gross Motor Function Measure: Validating the assumption of the Rasch model to create an interval level measure. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2003;84(5):697-705

Aviram R, Belokopytov M, Ben-Chaim S, Rotstein A. Evaluation of energy expenditure in children with cerebral palsy using a multi-sensor accelerometer. *J Sports Med Phys Fitness* 2011 Sep;51(3):506-14.

Baker R. The history of gait analysis before the advent of modern computers. *Gait Posture* 2007 Sep;26(3):331-42.

Bar-On L, Molenaers G, Aertbeliën E, Monari D, Feys H, Desloovere K. The relation between spasticity and muscle behavior during the swing phase of gait in children with cerebral palsy. *Res Dev Disabil* 2014 Dec;35(12):3354-64.

Barber L, Barrett R, Lichtwark G. Medial gastrocnemius muscle fascicle active torque-length and Achilles tendon properties in young adults with spastic cerebral palsy. *J Biomech* 2012 Oct;45(15):2526-30.

Barber L, Hastings-Ison T, Baker R, Barrett R, Lichtwark G. Medial gastrocnemius muscle volume and fascicle length in children aged 2 to 5 years with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2011 Jun;53(6):543-8.

Barrett RS, Lichtwark GA. Gross muscle morphology and structure in spastic cerebral palsy: a systematic review. *Dev Med Child Neurol* 2010 Sep;52(9):794-804.

Bartlett DJ, Hanna SE, Anery L, Stevenson RD, Galuppi B. Correlates of decline in gross motor capacity in adolescents with cerebral palsy in Gross Motor Function System levels II to V: an exploratory study. *Dev Med Child Neurol* 2010;52:e155-e160

Baumann JU, Ruetsch H, Schürmann K. Distal hamstring lengthening in cerebral palsy. An evaluation by gait analysis. *Int Orthop* 1980;3(4):305-9.

Bax MCO. Terminology and classification of cerebral palsy *Dev Med Child Neurol* 1964;6:295-307

Becher JC, Bell JE, Keeling JW, McIntosh N, Wyatt B. The Scottish perinatal neuropathology study: clinicopathological correlation in early neonatal deaths. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed.* 2004 Sep;89(5):F399-407.

Bechung E, Carlsson G, Carlsdotter S, Uvebrant P. The natural history of gross motor development in children with cerebral palsy aged 1 to 15 years. *Dev Med Child Neurol* 2007;49:751-756

Bell KJ, Ounpuu S, DeLuca PA, Romness MJ. Natural progression of gait in children with cerebral palsy. *J Pediatr Orthop* 2002 Sep-Oct;22(5):677-82.

Benard MR, Harlaar J, Becher JG, Huijing PA, Jaspers RT. Effects of growth on geometry of gastrocnemius muscle in children: a three-dimensional ultrasound analysis. *J Anat* 2011 Sep;219(3):388-402.

Bernstein N. *The Coordination and Regulation of Movements*. Oxford: Pergamon Press;1967

Bleck EE. Management of the lower extremities in children who have cerebral palsy *Journal of Bone and Joint surgery* 1990;72A:140-4

Boakes JL, Rab GT. Muscle activity during walking. In: Rose J, Gamble JG, editors. *Human Walking*. Lippincott Williams and Wilkins, Baltimore: 2006.

Bobath K. *The motor deficit in patients with Cerebral Palsy*. Philadelphia, Pa: JB Lippincott Co;1966

Booth CM, Cortina-Borja MJ, Theologis TN. Collagen accumulation in muscles of children with cerebral palsy and correlation with severity of spasticity. *Dev Med Child Neurol* 2001 May;43(5):314-20.

Bottos M, Feliciangeli A, Sciuto L, Gericke C, Vianello A. Functional status of adults with cerebral palsy and implication for treatment of children. *Dev Med Child Neurol* 2001;42:516-528

Breniere Y, Bril B, Fontaine R. Analysis of the transition from upright stance to steady state locomotion in children with under 200 days of autonomous walking. *J Mot Behav* 1989 Mar;21(1):20-37.

Brunner R, Dreher T, Romkes J, Frigo C. Effects of plantarflexion on pelvis and lower limb kinematics. *Gait Posture* 2008 Jul;28(1)

Brunton LK, Bartlett DJ. Validity and reliability of two abbreviated versions of the Gross Motor Function Measure. *Phys Ther* 2011 Apr;91(4):577-88.

Bruin M, Smeulders MJ, Kreulen M. Why is joint range of motion limited in patients with cerebral palsy? *J Hand Surg Eur Vol* 2013 Jan;38(1):8-13.

Butler C, Darrach J. Effects of neurodevelopmental treatment (NDT) for cerebral palsy: an AACPD evidence report. *Dev Med Child Neurol* 2001;43:778-790

Campbell SK. Framework for the Measurement of Neurologic Impairment and Disability. In Lister MJ ed *Contemporary Management of Motor Control Problems: Proceedings of the II STEP conference*. Alexandria, Va: Foundation for Physical Therapy; 1991:143-153

Campbell SK, Londen DWV, Palisano RJ. *Physical Therapy for Children*. St. Louis:Saunders Elsevier;2006

Cans C. Surveillance of cerebral palsy in Europe: a collaboration of cerebral palsy surveys and registers. *Dev Med Child Neurol* 2000; 42:816-824

Carriero A, Zavatsky A, Stebbins J, Theologis T, Shefelbine SJ. Determination of gait patterns in children with spastic diplegic cerebral palsy using principal components. *Gait Posture* 2009 Jan;29(1):71-5.

Chester VL, Wrigley AT. The identification of age-related differences in kinetic gait parameters using principal component analysis. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2008 Feb;23(2):212-20.

Chester VL, Tingley M, Biden EN. A comparison of kinetic gait parameters for 3-13 year olds. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2006 Aug;21(7):726-32.

Chiarello LA, Palisano RJ, McCoy SW, Bartlett DJ, Wood A, Chang HJ, Kang LJ, Avery L. Child Engagement in Daily Life: a measure of participation for young children with cerebral palsy. *Disabil Rehabil* 2014;36(21):1804-16.

Christensen D, Braun K, Doernberg N, Maenner M, Larneson C, Durkin M, Benedict R, Kirby R, Wingate M, Fitzgerald R, Yeargin-Allsopp M. Prevalence of cerebral palsy, co-occurring autism

spectrum disorders, and motor functioning - Autism and Developmental Disabilities Monitoring Network, USA, 2008. *Dev Med Child Neurol* 2014;56(1):59–65

Cioni G, Duchini F, Milianti B, Paolicelli PB, Sicola E, Boldrini A, Ferrari A. Differences and variations in the patterns of early independent walking. *Early Hum Dev* 1993 Dec 31;35(3):193-205.

Clark, J. E., Whitall, J., & Phillips, S. J. Human interlimb coordination: The first 6 months of independent walking. *Developmental Psychobiology* 1988;21:445–456

Cooper, A., Alghamdi, G.A., Alghamdi, M.A., Altowaijri, A., Richardson, S.. The relationship of lower limb muscle strength and knee joint hyperextension during the stance phase of gait in hemiparetic stroke patients. *Physiother Res* 2012;17:150–156.

Crosbie J, Alhusaini AA, Dean CM, Shepherd RB. Plantarflexor muscle and spatiotemporal gait characteristics of children with hemiplegic cerebral palsy: an observational study. *Dev Neurorehabil* 2012;15(2):114-8

Cupp T, Oeffinger D, Tylkowski C, Augsburg S. Age-related kinetic changes in normal pediatrics. *J Pediatr Orthop* 1999 Jul-Aug;19(4):475-8.

Δημακόπουλος P. Μηχανισμοί σταθεροποίησης της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης – η συμμετοχή τους στη φυσιολογική κίνηση και στην παθοφυσιολογία της οσφυαλγίας. *Φυσικοθεραπεία* 2005;8(3):164-172

Damiano DL. Activity, Activity, Activity: Rethinking Our Physical Therapy Approach to Cerebral Palsy. *Phys Ther* 2006; 86(11):1534-1540

Damiano DL, Abel MF. Functional outcomes of strength training in spastic cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil* 1998 Feb;79(2):119-25.

Damiano DL, Abel MF. Relation of gait analysis to gross motor function in cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1996;38:389-396

Darrah J, Bartlett D. Dynamic systems theory and management of children with cerebral palsy: Unresolved issues. *Infant Young Children* 1995;8(1);52-59

Darrah J, Wiart L, Gorter JW, Law M. Stability of Serial Range-of-Motion Measurements of the Lower Extremities in Children with Cerebral Palsy: Can We Do Better? *Phys Ther* 2014;94(7):987-995

Day SM, Wu YW, Strauss D, Shavelle RM, Reynolds RJ. Changes in ambulatory ability of adolescences and young adults with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 2007;49:647-653

De Luca CJ, Roy AM, and Erim Z. Synchronization of motor unit firings in human muscles. *Journal of Neurophysiology*. 1993;70: 2010-2023.

- DeLuca PA, Davis RB 3rd, Ounpuu S, Rose S, Sirkin R. Alterations in surgical decision making in patients with cerebral palsy based on three-dimensional gait analysis. *J Pediatr Orthop* 1997 Sep-Oct;17(5):608-14.
- Desloovere K, Molenaers G, Feys H, Huenaerts C, Callewaert B, Van de Walle P. Do dynamic and static clinical measurements correlate with gait analysis parameters in children with cerebral palsy? *Gait Posture* 2006 Nov;24(3):302-13.
- Dietz V, Quintern J, Boos G, Berger W. Obstruction of the swing phase during gait: phase-dependent bilateral leg muscle coordination. *Brain Res* 1986 Oct 1;384(1):166-9.
- Dobson F, Morris M, Baker R, Graham K. Gait classification in children with cerebral palsy: A systematic review. *Gait & Posture* 2007;25(1):140-152
- Downing AL, Ganley KJ, Fay DR, Abbas JJ. Temporal characteristics of lower extremity moment generation in children with cerebral palsy. *Muscle Nerve* 2009 Jun;39(6):800-9.
- Dusing SC, Thorpe DE, Mercer VS, Rosenberg AE, Poe MD, Escolar ML. Temporal and spatial gait characteristics of children with Hurler syndrome after umbilical cord blood transplantation. *Phys Ther* 2007 Aug;87(8):978-85.
- Eck M, Dallmeijer AJ, Voorman JM, Becher JG. Longitudinal study of motor performance and its relationship to motor capacity in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2009;51:303-310
- Eek MN, Tranberg R, Beckung E. Muscle strength and kinetic gait pattern in children with bilateral spastic CP. *Gait Posture* 2011 Mar;33(3):333-7.
- Effgen S, McEwen I. Review of selected physical therapy interventions for school age children with disabilities. *Phys Ther Rev* 2008; 13: 297–312.
- Eliasson AC, Krumlind-Sundholm L, Rösblad B, Beckung E, Arner M, Ohrvall AM, Rosenbaum P. The Manual Ability Classification System (MACS) for children with cerebral palsy: scale development and evidence of validity and reliability. *Dev Med Child Neurol* 2006 Jul;48(7):549-54.
- Eunson P. Aetiology and epidemiology of cerebral palsy. *Paediatrics and Child Health* 2016;26(9): 367-372
- Fettters L. Cerebral Palsy: Contemporary Treatment Concepts. In Lister MJ ed *Contemporary Management of Motor Control Problems: Proceedings of the II STEP conference*. Alexandria, Va: Foundation for Physical Therapy; 1991:219-224
- Figueiredo PR, Silva PL, Avelar BS, Chagas PS, Oliveira LC, Mancini MC. Assessment of gait in toddlers with normal motor development and in hemiplegic children with mild motor impairment: a validity study. *Braz J Phys Ther* 2013;17(4):359-66.

Fonseca ST, Holt KG, Fetters L, Saltzman E. Dynamic resources used in ambulation by children with spastic hemiplegic cerebral palsy: relationship to kinematics, energetics, and asymmetries. *Phys Ther* 2004 Apr;84(4):344-54

Foran JR, Steinman S, Barash I, Chambers HG, Lieber RL. Structural and mechanical alterations in spastic skeletal muscle. *Dev Med Child Neurol* 2005 Oct;47(10):713-7.

Freud S. Les diplegies cerebrales infantiles. *Rev Neurol* 1893;1:178-83

Gage WH, Winter DA, Frank JS, Adkin AL. Kinematic and kinetic validity of the inverted pendulum model in quiet standing. *Gait Posture* 2004 Apr;19(2):124-32.

Gao F, Grant TH, Roth EJ, Zhang LQ. Changes in passive mechanical properties of the gastrocnemius muscle at the muscle fascicle and joint levels in stroke survivors. *Archive of Physical Medicine and Rehabilitation* 2009;90:819-826

Gessel A. The ontogenesis of infant behavior. In Carmichael L, ed. *Manual of child psychology*. 2nd ed. New York, NY:Jonh Wiley & Sons Inc; 1954;335-373

Gillette JC, Stevermer CA, Miller RH, Meardon SA, Schwab CV. The effects of age and type of carrying task on lower extremity kinematics. *Ergonomics* 2010 Mar;53(3):355-64.

Glanzman AM(1), Swenson AE, Kim H. Intrarater range of motion reliability in cerebral palsy: a comparison of assessment methods. *Pediatr Phys Ther* 2008;20(4):369-72.

Goldberg EJ, Neptune RR. Compensatory strategies during normal walking in response to muscle weakness and increased hip joint stiffness. *Gait Posture* 2007 Mar;25(3):360-7.

Goldberg EJ, Requejo PS, Fowler EG. Joint moment contributions to swing knee extension acceleration during gait in children with spastic hemiplegic cerebral palsy. *J Biomech* 2010 Mar 22;43(5):893-9.

Gorter JW, Rosenbaum PL, Hanna SE, Palisano RJ, Bartlett DJ, Russell DJ, Walter SD, Raina P, Galuppi BE, Wood E. Limb distribution, motor impairment, and functional classification of cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2004 Jul;46(7):461-7.

Green LB, Hurvitz EA. Cerebral palsy. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 2007 Nov;18(4):859-82

Grieve DW, Gear RJ. The relationships between length of stride, step frequency, time of swing and speed of walking for children and adults. *Ergonomics* 1966 Sep;9(5):379-99.

Grimshaw PN, Marques-Bruna P, Salo A, Messenger N. The 3-dimensional kinematics of the walking gait cycle of children aged between 10 and 24 months: cross sectional and repeated measures. *Gait Posture* 1998 Jan 1;7(1):7-15.

Hagglund G, Wagner P. Spasticity of the gastrosoleus muscle is related to the development of reduced passive dorsiflexion of the ankle in children with cerebral palsy. *Acta Orthopaedica* 2011;82(6):744-748

Hagglund G, Wagner P. Development of spasticity with age in a total population of children with cerebral palsy. *BMC Musculoskelet Disord* 2008 Nov 6;9:150.

Haley SM, Coster WJ, Ludlow LH, Haltiwanger JT, Andrellos PJ, Pediatric Evaluation of Disability Inventory (PEDI): development, standardization and administration manual. Boston, MA:PEDI Research Group, New England Medical Center Hospital;1992

Hallems A, De Clercq D, Otten B, Aerts P. 3D joint dynamics of walking in toddlers A cross-sectional study spanning the first rapid development phase of walking. *Gait Posture* 2005 Oct;22(2):107-18.

Haumont T, Church C, Hager S, Cornes MJ, Poljak D, Lennon N, Henley J, Taylor D, Niiler , Miller F. Flexed-knee gait in children with cerebral palsy: a 10-year follow-up study. *J Child Orthop* 2013 Nov;7(5):435-43.

Hein A, Held R. Dissociation of the visual placing response into elicited and guided components. *Science* 1967;158:390-392

Heriza CB. Motor development: traditional and contemporary theories. In Lister MJ ed *Contemporary Management of Motor Control Problems: Proceedings of the II STEP conference*. Alexandria, Va: Foundation for Physical Therapy; 1991:99-126

Heriza CB. Implications of a Dynamical Systems Approach to Understanding Infant Kicking Behavior. *Physical Therapy* 1991;71(3):222-235

Heyrman L, Feys H, Molenaers G, Jaspers E, Monari D, Nieuwenhuys A, Desloovere K. Altered trunk movements during gait in children with spastic diplegia: compensatory or underlying trunk control deficit? *Res Dev Disabil* 2014 Sep;35(9):2044-52.

Higginson JS, Zajac FE, Neptune RR, Kautz SA, Burgar CG, Delp SL. Effect of equinus foot placement and intrinsic muscle response on knee extension during stance. *Gait Posture* 2006 Jan;23(1):32-6.

Holt KG. Biomechanical Models, Motor Control Theory and Development. *Inf Child Dev* 2005; 14: 523–527

- Holt KG, Obusek JP, Fonseca ST. Constraints on disordered locomotion: A dynamical systems perspective on spastic cerebral palsy. *Human Movement Science* 1996;15:177-202
- Holt KG, Saltzman E, Ho CL, Kubo M, Ulrich BD. Discovery of the pendulum and spring dynamics in the early stages of walking. *J Mot Behav* 2006 May;38(3):206-18.
- Holt KG, Saltzman E, Ho CL, Ulrich BD. Scaling of dynamics in the earliest stages of walking. *Phys Ther* 2007 Nov;87(11):1458-67.
- Holt KG, Wagenaar RO, Saltzman E. A dynamic systems/constraints approach to rehabilitation. *Rev Bras Fisioter* 2010 Nov-Dec;14(6):446-63.
- Horak FB. Assumptions underlying motor control for neurologic rehabilitation. In *Contemporary Management of Motor Control Problems. Proceedings of the II STEP conference*. Fredericksburg, Va: Bookcrafters;1991
- Hsue BJ, Miller F, Su FC. The dynamic balance of the children with cerebral palsy and typical developing during gait. Part I: Spatial relationship between COM and COP trajectories. *Gait Posture* 2009 Apr;29(3):465-70.
- Hullin MG, Robb JE, Loudon IR. Gait patterns in children with hemiplegic spastic cerebral palsy. *J Pediatr Orthop B* 1996 Fall;5(4):247-51.
- Hur JJ. Review of research on therapeutic interventions for children with cerebral palsy. *Acta Neurol Scand* 1995;91:423-432
- Ito J, Araki A, Tanaka H, Tasaki T, Cho K, Yamazaki R. Muscle histopathology in spastic cerebral palsy. *Brain Dev* 1996 Jul-Aug;18(4):299-303.
- Jackson JH. *Selected writings of John B Hughlings, I and II*. London, England: Hodder & Stoughton;1932
- Johnson DC, Damiano DL, Abel MF. The evolution of gait in childhood and adolescent cerebral palsy. *J Pediatr Orthop* 1997;17:392-6.

Kamm K, Thelen E, Jensen JL. A dynamical approach to motor development. *Physical Therapy* 1990;70(12):763-775

Kamp FA, Lennon N, Holmes L, Dallmeijer AJ, Henley J, Miller F. Energy cost of walking in children with spastic cerebral palsy: relationship with age, body composition and mobility capacity. *Gait Posture* 2014;40(1):209-14.

Kawamura CM, de Moraes Filho MC, Barreto MM, de Paula Asa SK, Juliano Y, Novo NF. Comparison between visual and three-dimensional gait analysis in patients with spastic diplegic cerebral palsy. *Gait Posture* 2007 Jan;25(1):18-24.

Ketelaar M, Vermeer A, Hart H, Beek E, Helders PJM. Effects of a Functional Therapy Program on Motor Abilities of Children with Cerebral Palsy. *Physical Therapy* 2001;81(9):1534-1545

Keslo JA, Thelen E, Skala KD. The dynamic nature of early coordination: Evidence from bilateral leg movement in young infants. *Developmental Psychology* 1987;23(2):179-186

Kilgour GM, McNair PJ, Stott NS. Range of motion in children with spastic diplegia, GMFCS I-II compared to age and gender matched controls. *Phys Occup Ther Pediatr* 2005;25(3):61-79.

Kilgour G, McNair P, Stott NS. Intrarater reliability of lower limb sagittal range-of-motion measures in children with spastic diplegia. *Dev Med Child Neurol* 2003 Jun;45(6):391-9.

Kim CJ, Son SM. Comparison of Spatiotemporal Gait Parameters between Children with Normal Development and Children with Diplegic Cerebral Palsy. *J Phys Ther Sci* 2014 Sep;26(9):1317-9.

Kim PJ, Peace R, Mieras J, Thoms T, Freeman D, Page J. Interrater and intrarater reliability in the measurement of ankle joint dorsiflexion is independent of examiner experience and technique used. *J Am Podiatr Med Assoc* 2011 Sep-Oct;101(5):407-14.

Kirkwood RN, Franco Rde L, Furtado SC, Barela AM, Deluzio KJ, Mancini MC. Frontal Plane Motion of the Pelvis and Hip during Gait Stance Discriminates Children with Diplegia Levels I and II of the GMFCS. *ISRN Pediatr* 2012;2012:163039.

Klotz MC, Wolf SI, Heitzmann D, Krautwurst B, Braatz F, Dreher T. Reduction in primary genu recurvatum gait after aponeurotic calf muscle lengthening during multilevel surgery. *Res Dev Disabil* 2013 Nov;34(11):3773-80

Ko J, Kim M. Reliability and responsiveness of the gross motor function measure-88 in children with cerebral palsy. *Phys Ther* 2013 Mar;93(3):393-400.

Krasovsky T, Lamontagne A, Feldman AG, Levin MF. Effects of walking speed on gait stability and interlimb coordination in younger and older adults. *Gait Posture* 2014;39(1):378-85.

Kwon TG, Yi SH, Kim TW, Chang HJ, Kwon J. Relationship between Gross Motor Function and Daily Functional Skill in Children with Cerebral Palsy. *Ann Rehabil Med* 2013;37(1):41-49

Lance JW. What is spasticity? *Lancet* 1990 Mar 10;335(8689):606.

Latash ML, Anson JG. What re “normal movements” in atypical populations? *Behav Brain Sci* 1996;19:55-106

Law M, Darrah J, Pollock N, Rosenbaum P, Russell D, Walter SD, Petrenchik T, Wilson B, Wright V. Focus on function – a randomized controlled trial comparing two rehabilitation interventions for young children with cerebral palsy. *BMC Pediatrics* 2007;7:31

Law MC, Darrah J, Pollock N, Wilson B, Russell DJ, Walter SD, Rosenbaum P, Galuppi B. Focus on function: a cluster, randomized controlled trial comparing child- versus context-focused intervention for young children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2011 Jul;53(7):621-9.

Leung J, Smith R, Harvey LA, Moseley AM, Chapparo J. The impact of simulated ankle plantarflexion contracture on the knee joint during stance phase of gait: a within-subject study. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2014 Apr;29(4):423-8.

Little WJ. Lectures on the deformities of the human frame. *Lancet* 1843;1:318-20

Lowing K, Bexelius A, Brogren Carlberg E. Activity focused and goal directed therapy for children with cerebral palsy--do goals make a difference? *Disabil Rehabil* 2009;31(22):1808-16.

Mac Keith RC, Polani PE. Definition of Cerebral Palsy. *Dev Med Child Neurol* 1959;1(5):23

Mahoney G, Robinson C, Perales F. Early motor intervention: The need for new treatment paradigms. *Infant Young Child* 2004;17:291-300

Malaiya R, McNee AE, Fry NR, Eve LC, Gough M, Shortland AP The morphology of the medial gastrocnemius in typically developing children and children with spastic hemiplegic cerebral palsy. *J Electromyogr Kinesiol* 2007 Dec;17(6):657-63.

Marbini A, Ferrari A, Cioni G, Bellanova MF, Fusco C, Gemignani F. Immunohistochemical study of muscle biopsy in children with cerebral palsy. *Brain Dev* 2002 Mar;24(2):63-6.

Marois P, Marois M, Pouliot Laforte A, Vanasse M, Lambert J, Ballaz L. Gross Motor Function Measure Evolution Ratio: Use as a control for natural progression in cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil* 2016;97(5):807-814.

Marques-Bruna P, Grimshaw P. Changes in coordination during the first 8 months of independent walking. *Percept Mot Skills* 2000 Dec;91(3 Pt 1):855-69.

Martin L, Baker R, Harvey A. A systematic review of common physiotherapy interventions in school-aged children with cerebral palsy. *Phys Occup Ther Pediatr* 2010; 30: 294–312.

Martin RL, McPoil TG. Reliability of ankle goniometric measurements: a literature review. *J Am Podiatr Med Assoc* 2005 Nov-Dec;95(6):564-72.

Massaad A, Assi A, Skalli W, Ghanem I. Repeatability and validation of gait deviation index in children: typically developing and cerebral palsy. *Gait Posture* 2014;39(1):354-8.

Mayston MJ. People with cerebral palsy: Effects of and Perspectives for Therapy. *Neural Plasticity* 2001;8(1-2):51-68

McGraw MB. The Neuromuscular maturation of the Human infant. New York, NY:Hafner press;1945

McDowell BC, Salazar-Torres JJ, Kerr C, Cosgrove AP. Passive range of motion in a population-based sample of children with spastic cerebral palsy who walk. *Phys Occup Ther Pediatr* 2012 May;32(2):139-50.

McDowell BC, Hewitt V, Nurse A, Weston T, Baker R. The variability of goniometric measurements in ambulatory children with spastic cerebral palsy. *Gait Posture* 2000 Oct;12(2):114-21.

Mohagheghi AA, Khan T, Meadows TH, Giannikas K, Baltzopoulos V, Maganaris CN. In vivo gastrocnemius muscle fascicle length in children with and without diplegic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2008 Jan;50(1):44-50.

Moreau NG, Teefey SA, Damiano DL. In vivo muscle architecture and size of the rectus femoris and vastus lateralis in children and adolescents with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2009 Oct;51(10):800-6.

Morris ME, Matyas TA, Bach TM, Goldie PA. Electrogoniometric feedback: its effect on genu recurvatum in stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 1992 Dec;73(12):1147-54.

Mutch L, Alberman E, Hagberg B, Kodama K, Perat MV. Cerebral palsy epidemiology: where are we now and where are we going? *Dev Med Child Neurol* 1992 Jun;34(6):547-51

Mutch L, Alberman E, Hagberg B, Kodama K, Perat MV. Cerebral palsy epidemiology: where are we now and where are we going? *Dev Med Child Neurol* 1992 Jun;34(6):547-51

Mutlu A, Livanelioglu A, Gunel MK. Reliability of goniometric measurements in children with spastic cerebral palsy. *Med Sci Monit* 2007 Jul;13(7):CR323-9.

Narayanan UG. Management of children with ambulatory cerebral palsy: an evidence-based review. *J Pediatr Orthop* 2012 Sep;32 Suppl 2:S172-81.

Nelson KB. The epidemiology of cerebral palsy in term infant. Mental retardation and Developmental Disabilities. *Research Reviews* 2002;8:146-150

Newell KM, Valvano J. Therapeutic Intervention as a Constraint in Learning and Relearning Movement Skills. *Scand J of Occup Ther* 1998;5:51-57

Nordmark E, Hagglund G, Lauge-Pedersen H, Wagner P, Westbom L. Development of lower limb range of motion from early childhood to adolescence in cerebral palsy: a population-based study. *BMC Medicine* 2009;7:65

- Norlin R, Odenrick P. Development of gait in spastic children with cerebral palsy. *J Pediatr Orthop* 1986 Nov-Dec;6(6):674-80.
- Novak I, McIntyre S, Morgan C, Campbell L, Dark L, Morton N, Stumbles E, Wilson SA, Goldsmith S. A systematic review of interventions for children with cerebral palsy: state of the evidence. *Dev Med Child Neurol* 2013 Oct;55(10):885-910.
- Odding E, Roebroek ME, Stam HJ. The epidemiology of cerebral palsy: incidence, impairments and risk factors. *Disabil Rehabil* 2006 Feb 28;28(4):183-91.
- Oeffinger, D.J., Augsburg, M.S., Cupp, T. Pediatric kinetics: age related changes in able-bodied populations. *Gait and Posture* 1997;5(2), 155–156.
- Ohney SJ, Costigan PA, Hedden PM. Mechanical energy patterns in gait of cerebral palsied children with hemiplegia. *Physical Therapy* 1989;67:1348-1354
- Opheim A, McGinley JL, Olsson E, Stanghelle JK, Jahnsen R. Walking deterioration and gait analysis in adults with spastic bilateral cerebral palsy. *Gait Posture* 2013 Feb;37(2):165-71.
- Osler W. *The cerebral palsies of childhood*. London: HK Lewis; 1889
- Ostensjo S, Carlberg E, Vollestad N. Everyday functioning in young children with cerebral palsy: functional skills, caregiver assistance and modifications of the environment. *Dev Med Child Neurol* 2003;45:603-612
- Ostenjo S, Calberg E, Vollestad N. Motor impairments in young children with cerebral palsy: relationship to gross motor function and everyday activities. *Dev Med Child Neurol* 2004;46:580-589
- Ounpuu S, Solomito M, Bell K, DeLuca P, Pierz K. Long-term outcomes after multilevel surgery including rectus femoris, hamstring and gastrocnemius procedures in children with cerebral palsy. *Gait Posture* 2015 Sep;42(3):365-72.
- Ounpuu S, Gage JR, Davis RB. Three-dimensional lower extremity joint kinetics in normal pediatric gait. *J Pediatr Orthop* 1991 May-Jun;11(3):341-9.

Pakula AT, Van Naarden Braun K, Yeargin-Allsopp M. Cerebral palsy: classification and epidemiology. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 2009 Aug;20(3):425-52.

Palisano RJ, Hanna SE, Rosenbaum PL, Tieman B. Probability of walking, wheeled mobility, and assisted mobility in children and adolescents with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2010 Jan;52(1):66-71.

Palisano R, Rosenbaum P, Walter S, Russell D, Wood E, Galuppi B. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1997 Apr;39(4):214-23.

Perry J, Hoffer MM, Giovan P, Antonelli D, Greenberg R. Gait analysis of the triceps surae in cerebral palsy. A preoperative and postoperative clinical and electromyographic study. *J Bone Joint Surg Am* 1974 Apr;56(3):511-20

Pierce RP, Prosser LA, Lauer RT. Relationship between age and spasticity in children with diplegic Cerebral Palsy. *Arch Phys Med Rehabil* 2010 Mar;91; 448-451

Piper M, Darrah J. *Motor Assessment of the Developing Infant*. Philadelphia: Saunders;1994

Prosser L, Lauer R, VanSant A, Barbe M, Lee S. Variability and symmetry of gait in early walkers with and without bilateral cerebral palsy. *Gait & Posture* 2010; 31(4):522-526

Rang M, Silver R, de la Garza. Cerebral Palsy. In: *Orthopaedics 2nd edition* (eds Lovell W W, Winter R B). Philadelphia: J B Lippincott:1986;345-96

Reddihough D. Cerebral palsy in childhood. *Australian family physician* 2011. 40(4):192-196

Rodda J, Graham HK. Classification of gait patterns in spastic hemiplegia and spastic diplegia: a basis for a management algorithm. *Eur J Neurol* 2001 Nov;8 Suppl 5:98-108.

Romei M, Galli M, Motta F, Schwartz M, Crivellini M. Use of the normalcy index for the evaluation of gait pathology. *Gait Posture* 2004 Feb;19(1):85-90.

Rose J, Haskell WL, Gamble JG, Hamilton RL, Brown DA, Rinsky L. Muscle pathology and clinical measures of disability in children with cerebral palsy. *J Orthop Res* 1994 Nov;12(6):758-68.

Rosen S, Tucker CA, Lee SC. Gait energy efficiency in children with cerebral palsy. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2006;1:1220-3.

Rosenbaum P, Eliasson A, Hidecker M, Palisano R. Classification in Childhood Disability: Focusing on Function in the 21st Century. *J Child Neurol* 2014 Aug;29(8):1036-45.

Rosenbaum P, Paneth N, Leviton A, Goldstein M, Bax M, Damiano D, Dan B, Jacobsson B. A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006. *Dev Med Child Neurol Suppl* 2007 Feb;109:8-14.

Rosenbaum PL, Palisano RJ, Bartlett DJ, Galuppi BE, Russell DJ. Development of the Gross Motor Function Classification System for cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2008 Apr;50(4):249-53.

Rosenbaum P, Paneth N, Leviton A, et al. A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006. *Dev Med Child Neurol* 2007; 109:8–14.

Rosenbaum PL, Walter SD, Hanna SE, Palisano RJ, Russell DJ, Raina P, Wood E, Bartlett DJ, Galuppi BE. Prognosis for gross motor function in cerebral palsy: creation of motor development curves. *JAMA* 2002 Sep 18;288(11):1357-63.

Ross SA, Engsberg JR. Relationships between spasticity, strength, gait, and the GMFM-66 in persons with spastic diplegia cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil* 2007 Sep;88(9):1114-20.

Russell DJ, Avery LM, Rosenbaum PL, Raina PS, Walter SD, Palisano RJ. Improved scaling of the gross motor function measure for children with cerebral palsy: evidence of reliability and validity. *Phys Ther* 2000 Sep;80(9):873-85.

Russel DJ, Rosebaum PL, Avery LM, Lane M. Gross Motor Function Measure (GMFM-66 & GMFM-88) User's Manual. London:Mac Keith Press;2002

Russell S, Bennett BC, Kerrigan DC, Abel MF. Determinants of gait as applied to children with cerebral palsy. *Gait Posture* 2007 Jul;26(2):295-300.

Sagawa Y, Watelain E, De Coulon G, Kaelin A, Gorce P, Armand S. Are clinical measurements linked to the Gait Deviation Index in cerebral palsy patients? *Gait & Posture* 2013;38(2):276-280

Samson W, Van Hamme A, Desroches G, Dohin B, Dumas R, Chèze L. Biomechanical maturation of joint dynamics during early childhood: updated conclusions. *J Biomech* 2013 Sep 3;46(13):2258-63.

Sanger TD. Towards a definition of childhood dystonia. *Curr Opin Pediatr* 2004; 16(6):623-627

Sanger TD, Delgado MR, Gaebrel-Sira D, Hallet M, Mink JW. Task force on childhood motor disorders: Classification and definition of disorders causing hypertonia in childhood. *Pediatrics* 2003;111(1):e80-97

Schwartz MH, Rozumalski A. The Gait Deviation Index: a new comprehensive index of gait pathology. *Gait Posture* 2008 Oct;28(3):351-7.

Schwartz MH, Rozumalski A, Trost JP. The effect of walking speed on the gait of typically developing children. *J Biomech* 2008;41(8):1639-50.

SCPE. Surveillance of cerebral palsy in Europe: a collaboration of cerebral palsy surveys and registers. *Surveillance of Cerebral Palsy in Europe (SCPE)*. *Dev Med Child Neurol* 2000;42:816–824.

Serdaroglu A, Cansu A, Ozkan S, Tezcan S. Prevalence of cerebral palsy in Turkish children between the ages of 2 and 16 years. *Dev Med Child Neurol* 2006 Jun;48(6):413-6.

Sherrington CS. *The integrative action of the nervous system*. New Haven, Conn: Yale University Press;1906:7

Shortland AP, Harris CA, Gough M, Robinson RO. Architecture of the medial gastrocnemius in children with spastic diplegia. *Dev Med Child Neurol* 2002 Mar;44(3):158-63.

Shumway – Cook A, Woollacott M. *Motor Control: Theory and Practical application*. Williams & Wilkins;1995

Smidt GL. *Gait in rehabilitation*. New York:Churchill Livingstone;1990

Smith LB, Thelen E. Development as a dynamic system. *Trends Cogn Sci* 2003;7(8):343-348

Stansfield BW, Hillman SJ, Hazlewood ME, Lawson AA, Mann AM, Loudon IR, Robb JE. Sagittal joint kinematics, moments, and powers are predominantly characterized by speed of progression, not age, in normal children. *J Pediatr Orthop* 2001 May-Jun;21(3):403-11.

Stebbins J, Harrington M, Thompson N, Zavatsky A, Theologis T. Gait compensations caused by foot deformity in cerebral palsy. *Gait Posture* 2010 Jun;32(2):226-30.

Steinwender G, Saraph V, Zwick EB, Steinwender C, Linhart W. Hip locomotion mechanisms in cerebral palsy crouch gait. *Gait Posture* 2001 Apr;13(2):78-85.

Super C. Environmental effects on motor development: the case of African precocity. *Dev Med Child Neurol* 1976;18:561-567

Sutherland D, Davids J. Gait abnormalities of knee in CP. *Clinical orthopaedics and related research*. 1993; 288:139-147

Sutherland DH, Olshen R, Cooper L, Woo SL. The development of mature gait. *J Bone Joint Surg Am* 1980 Apr;62(3):336-53.

Svehlik M, Leistriz L, Kraus T, Zwick EB, Steinwender G, Linhart WE. The growth and the development of gastro-soleus contracture in cerebral palsy. *ESMAC 2012 abstract/Gait & Posture* 2013;38:S1-S116

Svehlik M, Zwick EB, Steinwender G, Saraph V, Linhart WE. Genu recurvatum in cerebral palsy - part A: influence of dynamic and fixed equinus deformity on the timing of knee recurvatum in children with cerebral palsy. *J Pediatr Orthop B* 2010 Jul;19(4):366-72.

Tabary JC, Tardieu C, Tardieu G, Tabary C, Gagnard L. Functional adaptation of sarcomere number of normal cat muscle. *J Physiol (Paris)* 1976 Jun;72(3):277-91.

Tedroff K, Lowing K, Jacobson DN, Astrom E. Does loss of spasticity matters? A 10-year follow-up after selective dorsal rhizotomy in cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2011;53:724-9

Thelen E. Motor development: a new synthesis. *Am Psychol* 1995;50:79-95

Thelen E. The (re)discovery of motor development: learning new things from an old fiels. *Dev Psychol* 1989;25(6):946-949

Thelen E, Fisher DM. Newborn stepping: an explanation for a “disappearing reflex”. *Developmental psychology* 1982;18:760-775

Thelen E, Fisher DM, Ridley-Johnson R. The relationship between physical growth and new born reflex. *Infant behavior and Development* 1984;7:479-493

Thelen E, Keslo JAS, Fogel A. Self-organizing systems and infant motor development. *Developmental Review* 1987;7:39-65

Thomas SS, Buckon CE, Russman BS, Sussman MD, Aiona MD. A comparison of the changes in the energy cost of walking between children with cerebral palsy and able-bodied peers over one year. *J Pediatr Rehabil Med* 2011;4(3):225-33.

Tuzson AE, Granata KP, Abel MF. Spastic velocity threshold constrains functional performance in cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil* 2003 Sep;84(9):1363-8.

Valvano J, Rapport MJ. Activity-focused Motor Intervention for Infants and Young Children with Neurological Conditions. *Infants & Young Children* 2006;19:292-307

Van Campenhout A, Bar-On L, Aertbeliën E, Huenaerts C, Molenaers G, Desloovere K. Can we unmask features of spasticity during gait in children with cerebral palsy by increasing their walking velocity? *Gait Posture* 2014 Mar;39(3):953-7

Van der Krogt MM, Doorenbosch CA, Becher JG, Harlaar J. Walking speed modifies spasticity effects in gastrocnemius and soleus in cerebral palsy gait. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2009 Jun;24(5):422-8.

Van der Krogt MM, Doorenbosch CA, Harlaar J. The effect of walking speed on hamstrings length and lengthening velocity in children with spastic cerebral palsy. *Gait Posture* 2009 Jun;29(4):640-4.

Van der Linden ML, Hazlewood ME, Hillman SJ, Robb JE. Passive and dynamic rotation of the lower limbs in children with diplegic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2006 Mar;48(3):176-80.

Van Hamme A, El Habachi A, Samson W, Dumas R, Chèze L, Dohin B. Gait parameters database for young children: The influences of age and walking speed. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2015 Jul;30(6):572-7.

Van Sant AF Neurodevelopmental treatment and pediatric physical therapy : A commentary. *Pediatr Phys Ther* 1991;3:137-141

Vojta V. Cerebral moving disorders in infantile age [Mozkove Hybne Poruchy v Kojemeckem veku] Praha: Grada;1993

Voss E, Ionta MK, Myers BJ. Proprioceptive Neuromuscular Facilitation. 3rd edition: Lippincot Williams and Wilkins; 1985

Wall J. C., Crosbie J. Accuracy and reliability of temporal gait measurement. *Gait Posture* 1996;4:293–296

Wang X, Wang Y. Gait analysis of children with spastic hemiplegic cerebral palsy. *Neural Regen Res* 2012 Jul 15;7(20):1578-84.

Watson L, Blaire E, Stanley F. Report of the western Australia cerebral palsy register to birth year 1999 in Perth. In: TVW Telephon Institute of Child Health Research. Perth, Australia:2009

Wright M, Bartlett DJ. Distribution of contractures and spinal malalignments in adolescents with cerebral palsy: observations and influences of function, gender and age. *Dev Neurorehabil* 2010 Feb;13(1):46-52.

World Health Organization. The International Classification of Functioning, Disability and Health: ICF. Geneva: WHO;2001

Yeargin-Allsopp M The prevalence and characteristics of autism spectrum disorders in the ALSPAC cohort. *Dev Med Child Neurol* 2008 Sep;50(9):646.

Yokochi K. Joint deformity patterns in severely physically disabled patients. *Brain Dev* 2001 Oct;23(6):371-4.

Zelaro PR, Zelaro NA, Kolb S. Walking with the newborn. *Science* 1972;176:314-315

Zwick EB, Svehlík M, Steinwender G, Saraph V, Linhart WE. Genu recurvatum in cerebral palsy--part B: hamstrings are abnormally long in children with cerebral palsy showing knee recurvatum. *J Pediatr Orthop B* 2010 Jul;19(4):373-8.