

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ORIGINAL ARTICLE

Μεταβολές του εύρους κίνησης παιδιών με εγκεφαλική παράλυση κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης της βάρδισης

ΣΚΟΠΟΣ Διερεύνηση της επίδρασης της έναρξης βάρδισης στο παθητικό και στο δυναμικό εύρος κίνησης των αρθρώσεων σε παιδιά με εγκεφαλική παράλυση (ΕΠ). **ΥΛΙΚΟ-ΜΕΘΟΔΟΣ** Στη μελέτη συμμετείχαν 16 παιδιά με διάγνωση ΕΠ και λειτουργικό επίπεδο I ή II κατά GMFCS, τα οποία μόλις είχαν αρχίσει την ανεξάρτητη βάρδιση. Το παθητικό εύρος κίνησης των αρθρώσεων του γόνατος και της ποδοκνημικής καταγράφηκε με τη χρήση γωνιόμετρου, ενώ το δυναμικό εύρος των ίδιων αρθρώσεων κατά τη βάρδιση με τη βοήθεια συστήματος τρισδιάστατης ανάλυσης βάρδισης. Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στα ίδια παιδιά σε δύο διαφορετικές περιόδους. Η πρώτη μέτρηση έλαβε χώρα τη χρονική στιγμή που το κάθε παιδί είχε μόλις αρχίσει την αυτόνομη βάρδιση και η δεύτερη 8 μήνες αργότερα. **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ** Σ' ό,τι αφορά στο παθητικό εύρος κίνησης, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο μετρήσεων. Εν τούτοις, σημαντική αύξηση ($p < 0,05$) παρατηρήθηκε στη μέγιστη πελματιαία κάμψη της ποδοκνημικής κατά τη φάση στήριξης της βάρδισης. **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ** Το παθητικό εύρος κίνησης των αρθρώσεων του γόνατος και της ποδοκνημικής δεν επηρεάζεται σημαντικά από την έναρξη βάρδισης με ένα «μη τυπικό» βαδιστικό πρότυπο κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης της βάρδισης των παιδιών με ΕΠ. Ωστόσο, οι παρατηρούμενες μεταβολές στο δυναμικό εύρος τροχιάς και τα κινηματικά χαρακτηριστικά της άρθρωσης της ποδοκνημικής φαίνεται να απεικονίζουν την προσπάθεια προσαρμογής του νευρομυϊκού συστήματος, προκειμένου να καλύψει τις αυξημένες ανάγκες για σταθεροποίηση και κίνηση που απαιτούνται κατά την έναρξη της αυτόνομης βάρδισης.

Μια από τις συνηθέστερες παθολογικές καταστάσεις, η οποία εξ ορισμού¹ πλήττει την κίνηση και τη στάση και κατά συνέπεια και τη βάρδιση, είναι η εγκεφαλική παράλυση (ΕΠ). Επί πλέον, η ΕΠ αποτελεί το συχνότερο αίτιο κινητικής αναπηρίας στα παιδιά, με συχνότητα εμφάνισης 2–2,5 ανά 1.000 γεννήσεις.² Μελέτες έχουν καταγράψει^{3,4} ότι στο σύνολο των παιδιών με ΕΠ ένα ποσοστό 30,6% δεν θα είναι ικανό να βαδίσει αυτόνομα (Gross Motor Function Classification System, 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.

Μια παράμετρος η οποία συχνά συνδέεται με την ανάπτυξη της βάρδισης των παιδιών με ΕΠ, ενώ ταυτόχρονα φαίνεται να επηρεάζει σημαντικά και την εξέλιξή της, είναι το παθητικό εύρος κίνησης των αρθρώσεων. Είναι γεγονός

ότι η πλειονότητα των παιδιών με σπαστικές μορφές ΕΠ εμφανίζουν σε κάποιο στάδιο της ανάπτυξής τους ελάττωση του παθητικού εύρους κίνησης των αρθρώσεών τους και μυοσκελετικές παραμορφώσεις,⁵ οι οποίες μάλιστα, στις περισσότερες περιπτώσεις, επιδεινώνονται με την πάροδο των ετών και με την αύξηση της ηλικίας.^{6–8}

Εν τούτοις, η σχέση μεταξύ ενεργητικής κίνησης και παθητικού εύρους κίνησης παραμένει μη επαρκώς μελετημένη, ενώ ταυτόχρονα οι μεταβολές που συντελούνται κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των παιδιών με ΕΠ και συμβάλλουν στην ελάττωση του παθητικού εύρους τροχιάς τους παραμένουν ακόμη υπό διερεύνηση.⁹ Παρά το εν λόγω γεγονός, πολλές θεραπευτικές μέθοδοι, οι οποίες σε πολλές χώρες –περιλαμβανομένης και της Ελλάδας– αποτελούν ακόμη και σήμερα τις επικρατέστερες μορφές θεραπευτικής παρέμβασης, δεν ενθαρρύνουν τη χρήση των «άτυπων» κινητικών προτύπων που αυθόρμητα υιοθετούν τα παιδιά

ΑΡΧΕΙΑ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ 2017, 34(6):805–813
ARCHIVES OF HELLENIC MEDICINE 2017, 34(6):805–813

Ρ. Δημακόπουλος,¹
Σ. Γιουρούκος,²
Γ. Συρογιαννόπουλος,¹
Ζ. Νταϊλιάνια³

¹Παιδιατρική Κλινική, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Ιατρικής, Λάρισα

²Α΄ Παιδιατρική Κλινική, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Νοσοκομείο Παιδών «Αγία Σοφία», Αθήνα

³Ορθοπαιδική Κλινική, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Ιατρικής, Λάρισα

Changes in the range of motion in children with cerebral palsy during the early stages of gait development

Abstract at the end of the article

Λέξεις ευρετηρίου

Ανάλυση βάρδισης
Γωνιομέτρηση
Εγκεφαλική παράλυση
Εύρος κίνησης

Υποβλήθηκε 15.1.2017
Εγκρίθηκε 30.1.2017

με ΕΠ,^{10,11} λόγω του φόβου ότι ενδέχεται να συμβάλλει στην εδραίωση παθολογικών προτύπων κίνησης και στη δημιουργία βραχύνσεων ή μυοσκελετικών παραμορφώσεων.¹² Αντίθετα, οι νεότεροι θεραπευτικοί τρόποι παρέμβασης, οι οποίοι δίνουν έμφαση στην αυτονομία και στη λειτουργικότητα, ενθαρρύνουν τη χρήση των «εναλλακτικών» τρόπων κίνησης, εφόσον αυτή βελτιώνει την ανεξαρτησία και την αποτελεσματικότητα στην κίνηση.¹³

Ακόμη και μελέτες που εστιάζουν στη διαχρονική εξέλιξη των χαρακτηριστικών της βάδισης παιδιών με ΕΠ,^{7,8} οι οποίες θα μπορούσαν να μας δώσουν κάποια στοιχεία για τις μεταβολές που συντελούνται στις αρθρώσεις κατά τη διαδικασία ωρίμανσης της βάδισης, έχουν διεξαχθεί σε παιδιά μεγαλύτερων ηλικιών τα οποία βρίσκονται σε προχωρημένα βαδιστικά στάδια. Ως εκ τούτου, δεν παρέχεται η δυνατότητα να μελετηθούν αμιγώς η δυναμική συμπεριφορά του αναδυόμενου βαδιστικού προτύπου εν τη γενέσει του καθώς και οι παράμετροι που χαρακτηρίζουν την ωρίμανσή του, δεδομένου ότι σε μεγαλύτερης ηλικίας παιδιά υπάρχει ο κίνδυνος της ήδη υφιστάμενης εγκατάστασης αντισταθμιστικών νευρομυϊκών και μυοσκελετικών περιορισμών, οι οποίοι ενδέχεται να επηρεάζουν άμεσα το υπό μελέτη κινητικό πρότυπο.

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η καταγραφή των μεταβολών του δυναμικού (κατά τη βάδιση) και του παθητικού εύρους τροχιάς σε παιδιά μικρών ηλικιών με ΕΠ, επιπέδου I και II κατά GMFCS, τα οποία μόλις είχαν αρχίσει την ανεξάρτητη βάδιση. Μέσω της καταγραφής αυτής θα γίνει μια προσπάθεια διερεύνησης του κατά πόσο η έναρξη βάδισης με ένα «μη φυσιολογικό» πρότυπο βάδισης επηρεάζει το παθητικό εύρος τροχιάς των αρθρώσεων, καθώς και μια προσπάθεια προσδιορισμού των δυναμικών μεταβολών στην κίνηση των αρθρώσεων, οι οποίες συντελούνται κατά τα αρχικά στάδια ανάπτυξης της βάδισης και χαρακτηρίζουν τη διαδικασία ωρίμανσης της βάδισης των παιδιών με ΕΠ.

ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ

Συμμετέχοντες

Στη μελέτη συμμετείχαν 16 παιδιά, ηλικίας 17–44 μηνών (Μ: 28,9/SD: 8,7), 9 αγόρια και 7 κορίτσια, με διάγνωση ΕΠ-σπαστικής διπληγίας με απαραίτητα συνοδά απεικονιστικά ευρήματα στη μαγνητική τομογραφία (magnetic resonance imaging, MRI) που να δικαιολογούν την κλινική εικόνα. Δώδεκα από τα παιδιά είχαν λειτουργικό επίπεδο I και 4 είχαν επίπεδο II, σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση κατά GMFCS, και όλα είχαν αρχίσει την ανεξάρτητη βάδιση μέσα στους προηγούμενους 2 μήνες, όντας πλέον ικανά να διανύσουν βαδίζοντας και χωρίς να πέσουν απόσταση 5 m κατ'ελάχιστον. Αναλυτικά, τα στοιχεία όλων των παιδιών παρουσιάζονται στον πίνακα 1.

Πίνακας 1. Δημογραφικά και ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των παιδιών με εγκεφαλική παράλυση του δείγματος (n=16).

	1η μέτρηση	2η μέτρηση
Αριθμός παιδιών (n)	16	16
Φύλο (Α:Θ)	9:7	9:7
GMFCS	12:I/4:II	12:I/4:II
Ηλικία (μήνες)	28,9 (SD: 8,7)	36,9 (SD: 8,7)
Ύψος (cm)	857 (SD: 44,2)	921 (SD: 40,2)
Βάρος (kg)	11 (SD: 1,2)	12,6 (SD: 1,5)
Φυσικοθεραπεία (συνεδρίες/εβδομάδα)	1,93 (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 βάρος και τη συχνότητα συνεδριών φυσικοθεραπείας και εργοθεραπείας κατά την πρώτη και τη δεύτερη μέτρηση GMFCS: Gross Motor Function Classification System

Από τη μελέτη εξαιρέθηκαν παιδιά που παρουσίαζαν παρεγκεφαλιδική βλάβη η οποία επηρέαζε την ισορροπία τους κατά τη βάδιση, παιδιά που εμφάνιζαν σοβαρού βαθμού νοητική υστέρηση, παιδιά τα οποία είχαν υποβληθεί σε οποιαδήποτε ορθοπαιδική παρέμβαση που μπορεί να είχε επηρεάσει τις κινητικές τους λειτουργίες και το εύρος κίνησης των αρθρώσεων τους ή στα οποία κάποια ορθοπαιδική παρέμβαση είχε προγραμματιστεί για τους επόμενους 8 μήνες, παιδιά που είχαν υποβληθεί σε έγχυση αλλαντικής τοξίνης ή αυτή ήταν προγραμματισμένη να πραγματοποιηθεί μέσα στους επόμενους 8 μήνες, παιδιά τα οποία βρίσκονταν σε αγωγή με μυοχαλαρωτικά φάρμακα οποιασδήποτε μορφής, καθώς και παιδιά των οποίων η οικογένεια παρουσίαζε οποιαδήποτε δυσκολία στη συμπλήρωση συγκεκριμένων ερωτηματολογίων ή διαφώνουσε με τη διαδικασία της μελέτης και τη συμμετοχή σε αυτή.

Πειραματική διαδικασία

Η συνολική πειραματική διαδικασία καθώς και η εγκυρότητα και η ασφάλεια όλων των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν έχει εγκριθεί από την επιστημονική επιτροπή της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, καθώς και από την Ελληνική Επιτροπή Ηθικής και Δεοντολογίας του Πανεπιστημιακού Νοσοκομείου Λάρισας. Κάθε παιδί, συνοδευόμενο από έναν τουλάχιστον γονέα/κηδεμόνα του, επισκέφθηκε το Εργαστήριο Ανάλυσης Βάδισης της Ελληνικής Εταιρείας Προστασίας και Αποκατάστασης Αναπήρων Προσώπων (ΕΛΕΠΑΠ) στην Αθήνα, όπου και έλαβαν χώρα η διαδικασία της ανάλυσης βάδισης και της γωνιομέτρησης, δύο φορές κατά τη διάρκεια της μελέτης. Η πρώτη μέτρηση ήταν προγραμματισμένη να πραγματοποιηθεί κατά τη χρονική στιγμή που το κάθε παιδί είχε αρχίσει την αυτόνομη βάδιση και η δεύτερη μέτρηση 8 μήνες μεταγενέστερα της πρώτης. Η καταγραφή του παθητικού εύρους κίνησης τη χρονική στιγμή της έναρξης της βάδισης εξασφαλίζει την απουσία μυοσκελετικών παραμορφώσεων και μυϊκών βραχύνσεων οφειλόμενων στον άτυπο τρόπο βάδισης των παιδιών με ΕΠ. Αντίστοιχα, η καταγραφή μιας πιθανής ελάττω-

σης του παθητικού εύρους των ίδιων παιδιών μετά από 8 μήνες, διάστημα κατά το οποίο εξασκούσαν καθημερινά την ανεξάρτητη βάδιση, θα μπορούσε να υποδηλώσει την αρχή δημιουργίας μυϊκών βραχύνσεων λόγω έναρξης της βάδισης με παθολογικό πρότυπο, δεδομένης μάλιστα της διατήρησης συναφών παραμέτρων, όπως της συχνότητας και του τύπου θεραπειών, της χρήσης ορθωτικών μέσων και των ιατρικών παρεμβάσεων, σταθερών.

Ανάλυση βάδισης

Η βάδιση και των 16 παιδιών που έλαβαν μέρος στη διαδικασία της μέτρησης καταγράφηκε με τη βοήθεια του τρισδιάστατου συστήματος ανάλυσης βάδισης Vicon Nexus V.1.7 Motion Analysis System (Oxford Metrics, UK), το οποίο περιλαμβάνει έξι υπέρυθρες κάμερες στα 100 Hz και δύο ψηφιακές κάμερες στα 50 Hz. Τοποθετήθηκαν αυτοκόλλητοι σφαιρικοί δείκτες (markers) σε συγκεκριμένα ανατομικά σημεία των κάτω άκρων και της λεκάνης σύμφωνα με το κινηματικό μοντέλο Plug-in-Gait. Οι κινηματικές καμπύλες υπολογίστηκαν με τη χρήση του λογισμικού Vicon Polygon 3.5. Στη συνέχεια, τα κινηματικά δεδομένα αποθηκεύτηκαν με τη 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.

Κάθε παιδί περπάτησε με γυμνό πόδι και σε ταχύτητα της επιλογής του απόσταση 5 m χωρίς να στηρίζεται, χωρίς να πέφτει και προσπαθώντας να μην αλλάξει κατεύθυνση. Προσπάθειες κατά τις οποίες το παιδί δεν κατόρθωνε να ολοκληρώσει τη διαδικασία είτε λόγω πτώσης είτε επειδή διέκοπτε 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 γόνατος και της ποδοκνημικής καταγράφηκαν σε μετωπιαίο, οβελιαίο και εγκάρσιο επίπεδο.

Παθητικό εύρος κίνησης

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

Η γωνιομέτρηση αποτελεί την πιο συχνή κλινική μέθοδο αξιολόγησης και καταγραφής του εύρους τροχιάς των αρθρώσεων σε παιδιά με ΕΠ. Η ακρίβεια και η αξιοπιστία της έχει μελετηθεί ενδελεχώς από πολλούς ερευνητές, αλλά η χρήση διαφορετικών δειγμάτων, μεθόδων και αναλύσεων έχει ως αποτέλεσμα την ύπαρξη δυσκολίας στην εξαγωγή κοινών συμπερασμάτων. Παρ' ότι κάποιες έρευνες αναφέρουν αρκετά υψηλά ποσοστά λάθους, τα οποία αυξάνονται όταν οι μετρήσεις πραγματοποιούνται από διαφορετικούς αξιολογητές και σε διαφορετικές συνεδρίες,^{14,15} σήμερα αποτελεί μια από τις πλέον αξιόπιστες μεθόδους αξιολόγησης του παθητικού εύρους κίνησης με σχετικά υψηλή ενδοβαθμολογική (inter-rater) και διαβαθμολογική (intra-rater) αξιοπιστία.¹⁶

Η επιλογή των αρθρώσεων των οποίων θα καταγραφόταν το εύρος, καθώς και η επιλογή της κίνησης κάθε άρθρωσης που θα αξιολογείτο, έγιναν με βάση τη συχνότητα με την οποία αυτές εμφανίζουν περιορισμό στον γενικό πληθυσμό των παιδιών με ΕΠ που βαδίζουν ανεξάρτητα. Σ' ό,τι αφορά στα κάτω άκρα, η έκταση του γόνατος, η ιγνυακή γωνία και η ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής είναι οι κινήσεις που κλινικά εμφανίζουν συχνότερα μειωμένο εύρος στα παιδιά με ΕΠ και κατ' επέκταση συμβάλλουν σημαντικά στον λειτουργικό περιορισμό της βάδισής τους.¹⁶

Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με το παιδί τοποθετημένο σε ύπτια θέση 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.

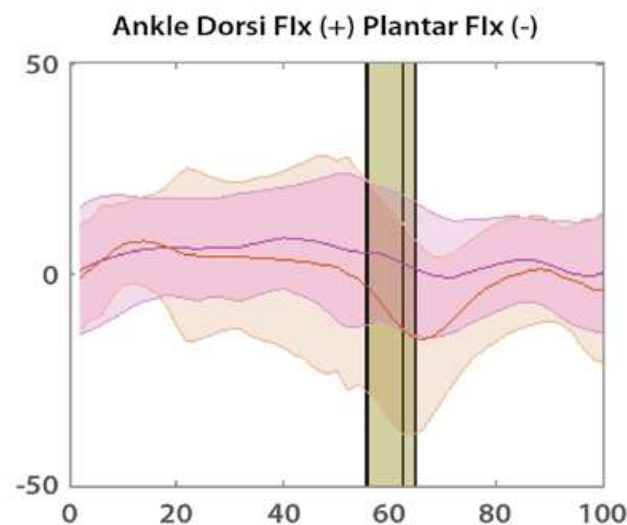
Η ίδια διαδικασία κάτω από τις ίδιες ακριβώς συνθήκες και στα ίδια παιδιά πραγματοποιήθηκε μετά την πάροδο 8 μηνών από την πρώτη μέτρηση για κάθε παιδί. Στις δεύτερες μετρήσεις καταγράφηκαν τα παθητικά εύρη κίνησης των ίδιων αρθρώσεων. Όλες οι μετρήσεις έγιναν από δύο παιδιατρικούς φυσικοθεραπευτές με επαγγελματική εμπειρία >10 ετών και υπολογίστηκε ο μέσος όρος. Ο κύριος ερευνητής της μελέτης ήταν υπεύθυνος για τον συντονισμό της όλης πειραματικής διαδικασίας και τη συνοχή της τεχνικής μέτρησης.

Στατιστική ανάλυση

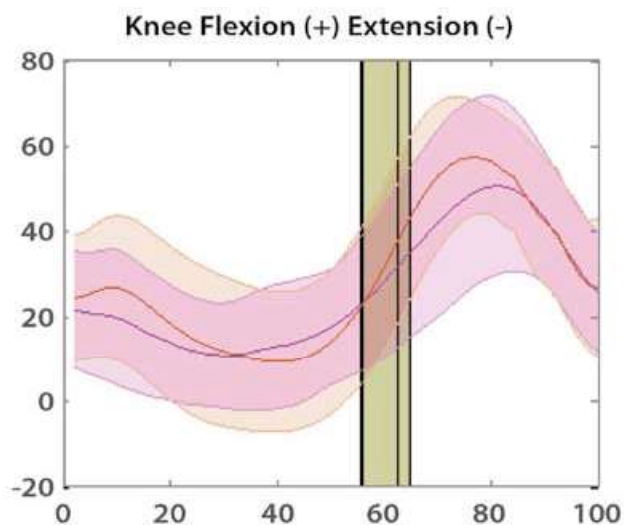
Για τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων και τον προσδιορισμό της στατιστικής σημαντικότητας των διαφορών μεταξύ των πρώτων και των δεύτερων μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό πρόγραμμα Statistical Package for Social Sciences (SPSS Statistics), έκδοση 19. Πιο συγκεκριμένα, για τον έλεγχο κανονικότητας του δείγματος εφαρμόστηκε το κριτήριο Kolmogorov-Smirnov (K-S). Για τη σύγκριση μεταξύ των δύο μετρήσεων (ίδιος πληθυσμός/ δύο μετρήσεις) χρησιμοποιήθηκε το κριτήριο t για εξαρτημένα δείγματα. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο $\alpha=0,05$.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα κινηματικά χαρακτηριστικά των αρθρώσεων του γόνατος και της ποδοκνημικής σε οβελιαίο επίπεδο παρουσιάζονται στις εικόνες 1 και 2. Στον πίνακα 2 αναγράφονται οι μέσες τιμές της μέγιστης ραχιαίας και πελματιαίας κάμψης και του συνολικού εύρους ραχιαίας-πελματιαίας κάμψης για την άρθρωση της ποδοκνημικής, καθώς και της μέγιστης κάμψης και έκτασης και του συνολικού εύρους κάμψης-έκτασης για την άρθρωση του γόνατος. Οι παραπάνω παράμετροι παρουσιάζονται για τις φάσεις στήριξης (ST) και αιώρησης (SW) ξεχωριστά. Οι μέσες τιμές αναγράφονται ξεχωριστά για την περίοδο που τα παιδιά μόλις είχαν αρχίσει την ανεξάρτητη βάδιση (μέτρηση 1) και για την περίοδο κατά την οποία ήδη βάδιζαν 8 μήνες (μέτρηση 2), ενώ παρουσιάζεται και η διαφορά μεταξύ δεύτερης και πρώτης μέτρησης των ανωτέρω παραμέτρων, που υποδηλώνει και



Εικόνα 1. Κινηματική αναπαράσταση της ραχιαίας/πελματιαίας κάμψης της ποδοκνημικής κατά τις φάσεις στήριξης και αιώρησης της βάρδισης των παιδιών με εγκεφαλική παράλυση. Με μωβ χρώμα η κίνηση κατά την πρώτη μέτρηση και με πορτοκαλί η κίνηση κατά τη δεύτερη μέτρηση.



Εικόνα 2. Κινηματική αναπαράσταση της κάμψης/έκτασης του γόνατος κατά τις φάσεις στήριξης και αιώρησης της βάρδισης των παιδιών με εγκεφαλική παράλυση. Με μωβ χρώμα η κίνηση κατά την πρώτη μέτρηση και με πορτοκαλί η κίνηση κατά τη δεύτερη μέτρηση.

Πίνακας 2. Ομαδοποιημένοι οι μέσοι όροι των μέγιστων τιμών και του δυναμικού εύρους κίνησης που παρατηρούνταν στην άρθρωση της ποδοκνημικής και του γόνατος κατά τη βάρδιση στα παιδιά με εγκεφαλική παράλυση (ΕΠ) και η λογιστική διαφορά μεταξύ τους, που υποδεικνύει την τάση της μεταβολής.

			Γωνία (°)		Διαφορά	Τάση	SD	p
	Παιδιά με ΕΠ		Μέτρηση 1	Μέτρηση 2				
ST	ΠΔΚ	max PFL	12,034	18,819	6,785	↑	11,852	0,037*
ST	ΠΔΚ	max DFL	15,685	16,988	1,302	↑	8,776	0,561
ST	ΠΔΚ	Εύρος (PFL-DFL)	27,720	35,808	8,088	↑	11,472	0,013*
SW	ΠΔΚ	max PFL	16,552	21,852	5,299	↑	12,989	0,124
SW	ΠΔΚ	max DFL	10,224	8,8358	-1,388	↓	9,808	0,58
SW	ΠΔΚ	Εύρος (PFL-DFL)	26,777	30,687	3,910	↑	13,715	0,272
ST	Γόνατο	max Ext	3,9575	5,6290	1,671	↑	9,697	0,501
ST	Γόνατο	max FL	44,547	45,141	0,594	↑	10,102	0,817
ST	Γόνατο	Εύρος (Ext-FL)	40,589	39,512	-1,077	↓	14,609	0,772
SW	Γόνατο	max Ext	-20,118	-22,367	2,249	↑	11,099	0,430
SW	Γόνατο	max FL	70,133	68,111	-2,022	↓	12,161	0,516
SW	Γόνατο	Εύρος (Ext-FL)	50,015	45,743	-4,271	↓	11,919	0,172

Παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των τιμών και η τυπική απόκλιση (SD)

p<0,05

ST: Φάση στήριξης, SW: Φάση αιώρησης, max: Μέγιστη, DFL: Ραχιαία κάμψη, PFL: Πελματιαία κάμψη, Ext: Έκταση, FL: Κάμψη, ΠΔΚ: Ποδοκνημική

την τάση της μεταβολής τους. Παράλληλα, παρουσιάζεται η στατιστική σημαντικότητα των μεταβολών αυτών, ενώ με αστερίσκο εμφανίζονται οι μεταβολές των παραμέτρων με στατιστικά υψηλό βαθμό σημαντικότητας (p<0,05).

Όπως φαίνεται στα αποτελέσματα, οι σημαντικότερες διαφορές μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης στα παιδιά

με ΕΠ παρατηρήθηκαν κυρίως 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 (πίν. 2, εικ. 1). Αντίστοιχα σημαντική αύξηση παρουσίασε το εύρος ραχιαίας-πελματιαίας κάμψης κατά τη φάση στήριξης, κυρίως ως αποτέλεσμα της αύξησης της μέγιστης πελματιαίας κάμψης κατά τη φάση

στήριξης. Σ' ό,τι αφορά στην άρθρωση του γόνατος, παρ' ό,τι καταγράφηκαν κάποιες μικρές μεταβολές που θα μπορούσαν κλινικά να έχουν κάποια σημασία, όπως η αύξηση της υπερέκτασης κατά τη φάση στήριξης (θετικό πρόσημο της γωνίας της έκτασης υποδηλώνει κλινικά υπερέκταση του γόνατος), εν τούτοις η μικρή στατιστική σημαντικότητα των μεταβολών τους δεν μας επιτρέπει να δεχθούμε ότι σχετίζονται με την έναρξη βάδισης.

Κατά παρόμοιο τρόπο, στον πίνακα 3 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι του παθητικού εύρους κίνησης για τις αρθρώσεις της ποδοκνημικής και του γόνατος μαζί με τη διαφορά μεταξύ δεύτερης και πρώτης μέτρησης, καθώς και την τυπική απόκλιση και το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας για τα παιδιά με ΕΠ. Από την ανάγνωση των αποτελεσμάτων της γωνιομέτρησης προκύπτει ότι παρά το γεγονός πως τα παιδιά με ΕΠ εμφανίζουν μια μικρή τάση ελάττωσης του παθητικού εύρους τροχιάς της υπερέκτασης του γόνατος, της ιγνυακής γωνίας και της ραχιαίας κάμψης της ποδοκνημικής, η στατιστική τους σημαντικότητα δεν μας επιτρέπει να δεχθούμε ότι οι παρατηρούμενες διαφορές οφείλονται στην ανεξάρτητη παράμετρο της μελέτης, που είναι η εξάσκηση της βάδισης για το χρονικό διάστημα των 8 μηνών.

Πρέπει να τονιστεί ότι όλα τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης βασίστηκαν αποκλειστικά στην αξιολόγηση παιδιών με ΕΠ λειτουργικού επιπέδου I και II κατά GMFCS, τα οποία βαδίζουν ανεξάρτητα και αποκλειστικά για τις αρθρώσεις της ποδοκνημικής και του γόνατος. Περαιτέρω μελέτη είναι αναγκαία για την αξιολόγηση της επίδρασης της κίνησης στο παθητικό εύρος τροχιάς επί πλέον αρθρώσεων, καθώς και παιδιών άλλων λειτουργικών επιπέδων, τα οποία είτε δεν βαδίζουν ανεξάρτητα είτε βαδίζουν με κάποιο βοήθημα.

Επιπρόσθετα, η πραγματοποίηση περισσότερων μετρήσεων στα ίδια παιδιά και για διάστημα >8 μηνών θα δώσει τη δυνατότητα να εντοπιστούν περισσότερες και μεγαλύτερου εύρους διαφορές που θα συνεισφέρουν στην

καλύτερη κατανόηση του τρόπου μεταβολής του παθητικού εύρους τροχιάς, αλλά και των δυναμικών μεταβολών οι οποίες συντελούνται κατά τη διάρκεια ωρίμανσης της βάδισης στα παιδιά με ΕΠ.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η μελέτη ενός κινητικού προτύπου αρκετό καιρό μετά την έναρξή του ενδέχεται να περιορίζει τις δυνατότητές μας για εν τω βάθει κατανόηση του τρόπου δημιουργίας του, δεδομένων των πολλών και μακροχρόνιων παραμέτρων που έχουν εμπλακεί στη διαμόρφωση και στην εγκατάστασή του. Όταν δε γίνεται αναφορά σε παιδιά με ΕΠ, στα οποία η διαδικασία ανάπτυξης ενός εξ αρχής πολύπλοκου κινητικού προτύπου, όπως αυτό της βάδισης, είναι ακόμη πιο σύνθετη, τότε καθίσταται αντιληπτό ότι οι δυνατότητες περιορίζονται ακόμη περισσότερο. Η επίδραση παραγόντων όπως οι μυϊκές βραχύνσεις, οι οστικές παραμορφώσεις, οι μεταβολές του μυϊκού τόνου με την ηλικία, η αδυναμία μυϊκής ενεργοποίησης και η μεταβολή των σωματομετρικών παραμέτρων ενδέχεται να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στη διαφοροποίηση του προτύπου βάδισης ενός παιδιού μεγαλύτερης ηλικίας, χωρίς όμως να αντανακλούν πλέον αποκλειστικά την αρχική αιτιολογία διαμόρφωσης ενός παθολογικού προτύπου κίνησης.

Σύμφωνα με τις μέχρι σήμερα γνώσεις μας, η παρούσα μελέτη αποτέλεσε την πρώτη έρευνα η οποία εξέτασε τις μεταβολές των κινηματικών χαρακτηριστικών της βάδισης σε συνδυασμό με τις μεταβολές στο παθητικό εύρος τροχιάς στα ίδια παιδιά με ΕΠ, σε ηλικία <4 ετών και κατά τα αρχικά στάδια ανάπτυξης της αυτόνομης βάδισης. Σκοπός μας ήταν η καταγραφή των δυναμικών και των παθητικών μεταβολών που συντελούνταν στις αρθρώσεις της ποδοκνημικής και του γόνατος κατά τους πρώτους 8 μήνες διαμόρφωσης του προτύπου της βάδισης, με στόχο τη διερεύνηση του κατά πόσο η έναρξη και η εξάσκηση της ανεξάρτητης βάδισης από τα παιδιά με ΕΠ έχει κάποια επίδραση στο παθητικό τους εύρος κίνησης, καθώς και τον εντοπισμό των παραμέτρων εκείνων που μπορεί να θεωρηθούν αντιπροσωπευτικές της ωρίμανσης του προτύπου της βάδισης.

Για τα παιδιά που συμμετείχαν στη μελέτη, η έναρξη της αυτόνομης βάδισης αποτέλεσε τη σημαντικότερη μεταβολή η οποία συντελέστηκε εντός του χρονικού διαστήματος των 8 μηνών και συνδέεται άμεσα με την κινητική τους ανάπτυξη, λόγω του ότι ούτε τα σωματομετρικά τους χαρακτηριστικά μεταβλήθηκαν σημαντικά ούτε κάποια αλλαγή επιτεύχθηκε στη συχνότητα και στο είδος των θεραπειών τους (πίν. 1) ή στη χρήση ορθωτικών μέσων, ενώ, παράλληλα, δεν υποβλήθηκαν σε κάποια ιατρική

Πίνακας 3. Μέσοι όροι των τιμών του παθητικού εύρους της έκτασης του γόνατος, της ιγνυακής γωνίας και της ραχιαίας κάμψης της ποδοκνημικής των παιδιών με εγκεφαλική παράλυση κατά την πρώτη και τη δεύτερη μέτρηση, η τυπική απόκλιση (SD) και η διαφορά μεταξύ τους.

	Γωνία (°)		Διαφορά	SD	p
	Μέτρηση 1	Μέτρηση 2			
	1,75	1,56	-0,19	0,403	0,083
Ιγνυακή γωνία	171,56	170,19	-1,38	4,319	0,222
Ραχιαία κάμψη	30,50	29,38	-1,13	3,364	0,201

p<0,05

παρέμβαση. Εν τούτοις, παρατηρήθηκε ότι το παθητικό εύρος τροχιάς της ποδοκνημικής και του γόνατος δεν είχε μεταβληθεί σημαντικά κατά το αντίστοιχο χρονικό διάστημα. Το γεγονός αυτό μας οδήγησε στο συμπέρασμα ότι η έναρξη της βάδισης δεν είχε κάποια άμεση επίδραση στη μεταβολή του παθητικού εύρους τροχιάς των αξιολογούμενων αρθρώσεων και κυρίως δεν φάνηκε να συμβάλλει στην ελάττωσή του, τουλάχιστον κατά τα πρώτα στάδια διαμόρφωσης του βαδιστικού προτύπου.

Σημαντικοί περιορισμοί στο παθητικό εύρος τροχιάς αναφέρονται από αρκετές μελέτες σε παιδιά με ΕΠ τα οποία δεν βαδίζουν ανεξάρτητα. Αρκετές από αυτές, μάλιστα, παρέχουν και ενδείξεις ότι οι εν λόγω περιορισμοί ενδέχεται να είναι και εντονότεροι σε παιδιά που εμφανίζονται κινητικά περισσότερο επιβαρυνμένα και με χαμηλότερο λειτουργικό επίπεδο και ως εκ τούτου η πραγματοποιούμενη κίνηση στις αρθρώσεις τους είναι μειωμένη.^{6,7,17,18} Οι παρατηρήσεις αυτές παρέχουν κάποιες ενδείξεις ότι κάθε είδους κίνηση, έστω και ελλιπής ή «μη φυσιολογική», έχει ενδεχομένως θετικά αποτελέσματα στη διατήρηση του παθητικού εύρους κίνησης και της μυϊκής ελαστικότητας συγκρινόμενη με την «απουσία» κίνησης, ενώ είναι πιθανότερο να συμβάλλει στην αποφυγή των μυοσκελετικών παραμορφώσεων παρά να τις δημιουργεί ή να τις επιδεινώνει. Αν επί πλέον ληφθούν υπ' όψη και οι δικές μας παρατηρήσεις περί μη αρνητικής συσχέτισης της βάδισης με τη μείωση του παθητικού εύρους τροχιάς κατά τα πρώτα στάδια διαμόρφωσής της, τότε πρέπει να αναζητηθούν άλλοι παράγοντες ως πιθανά αίτια για τη διαφοροποίηση του παθητικού εύρους τροχιάς και τη μείωση της μυϊκής ελαστικότητας που παρατηρείται στα παιδιά με ΕΠ, ανεξάρτητα από την έναρξη της βάδισης.

Σε κλινικό επίπεδο, οι συγκεκριμένες παρατηρήσεις θα μπορούσαν να συνεισφέρουν στην απαλλαγή των θεραπειών από πιθανούς φόβους περί συμβολής της χρήσης εναλλακτικών προτύπων βάδισης στη δημιουργία ή στην επιδείνωση των μυοσκελετικών παραμορφώσεων κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης της αυτόνομης βάδισης σε παιδιά με ΕΠ, έτσι ώστε να δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στη βελτίωση της λειτουργικότητας και της αυτονομίας μέσω της ποικιλομορφίας και της διαφορετικότητας στην κίνηση, όπως άλλωστε προτείνουν και οι νεότερες μορφές θεραπευτικών παρεμβάσεων.^{13,19,20} Άλλωστε, κανένας πλέον δεν αμφισβητεί ότι τα παιδιά με ΕΠ κινούνται υιοθετώντας διαφορετικά κινητικά πρότυπα από τα παιδιά με τυπική ανάπτυξη και ότι το γεγονός αυτό πιθανότατα έχει αντίκτυπο και στη διαμόρφωση των μυοσκελετικών τους δομών σε κάποιο στάδιο της ανάπτυξής τους. Ωστόσο, η αξία των παρατηρήσεών μας έγκειται στο ότι, δεδομένης της μη αναστρεψιμότητας της εγκεφαλικής βλάβης,¹ για τα παιδιά με ΕΠ δεν υφίσταται η εναλλακτική επιλογή της υιοθέτη-

σης ενός «φυσιολογικού» προτύπου βάδισης. Επομένως, το δίλημμα που θα μπορούσε να προκύπτει κλινικά είναι κατά πόσο η χρήση και η εξάσκηση ενός μη φυσιολογικού προτύπου μπορεί να συμβάλλει εντονότερα στην ελάττωση του παθητικού εύρους τροχιάς στα παιδιά με ΕΠ, συγκρινόμενη όμως όχι με τη χρήση ενός τυπικού προτύπου αλλά με την απουσία κίνησης, όπως αυτή προκύπτει από την αποφυγή της αυθόρμητης κίνησης, κάτι που προτείνεται από αρκετές θεραπευτικές μεθόδους.

Ένα από τα σημαντικότερα ευρήματα της μελέτης εμπεριέχεται στην παρατήρηση πως, παρ' ότι δεν καταγράφηκε σημαντική μεταβολή στο παθητικό εύρος της ραχιαίας κάμψης της ποδοκνημικής κατά το διάστημα των 8 μηνών, η μεταβολή που διαπιστώθηκε στο δυναμικό εύρος της πελματιαίας κάμψης για το ίδιο διάστημα ήταν σημαντική. Η παρατήρηση αυτή φάνηκε να έχει ιδιαίτερη αξία, επειδή ουσιαστικά αποκλείει την πιθανότητα η δυναμική αύξηση της πελματιαίας κάμψης μέσα στο διάστημα των 8 μηνών, κατά το οποίο τα παιδιά με ΕΠ είχαν αρχίσει τη βάδιση, να οφείλεται στην ελάττωση του παθητικού εύρους τροχιάς. Σε παιδιά μεγαλύτερων ηλικιών και σε μεταγενέστερες φάσεις της βάδισης, οι μυοσκελετικές παραμορφώσεις και οι εγκατεστημένες μυϊκές βραχύνσεις της ποδοκνημικής μπορεί να επηρεάζουν άμεσα τον τρόπο με τον οποίο βαδίζουν τα παιδιά με ΕΠ^{7,8} και ως εκ τούτου να αποτελούν σημαντικές παραμέτρους προς αντιμετώπιση και θεραπεία. Εν τούτοις, στις ηλικίες κατά τις οποίες αρχίζει η διαμόρφωση του προτύπου της βάδισης φαίνεται ότι η μεταβολή του παθητικού εύρους τροχιάς δεν ακολουθεί παρόμοια πορεία με εκείνη της μεταβολής του δυναμικού εύρους κατά τη βάδιση. Πιθανολογείται λοιπόν ότι, κατά τα αρχικά στάδια ανάπτυξης της βάδισης, η υιοθέτηση ενός βαδιστικού προτύπου που θα περιλαμβάνει μεγαλύτερη πελματιαία κάμψη σχετίζεται περισσότερο με την ενεργητική προσπάθεια του νευρομυϊκού συστήματος να οργανώσει την κίνηση κατά τέτοιο τρόπο ώστε να είναι αποτελεσματικότερη και να διατηρεί τη λειτουργικότητά της, παρά με τη μείωση του παθητικού εύρους. Φαίνεται ότι με τον παράδοξο αυτόν τρόπο ενισχύεται μηχανικά η ώθηση που απαιτείται κατά το τελευταίο τμήμα 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.

Αυξημένη πελματιαία κάμψη της ποδοκνημικής κατά τη διάρκεια της βάδισης σε παιδιά με ΕΠ αναφέρεται σε αρκετές μελέτες.^{7,21-23} Μάλιστα, σε μία από τις ελάχιστες μελέτες οι οποίες έχουν διεξαχθεί σε παιδιά με ΕΠ που βρίσκονται στα πρώτα στάδια ανάπτυξης της βάδισής τους αναφέρεται, χωρίς να υπεισέρχεται σε λεπτομερή ανάλυση, ότι η υπέρμετρη

πελματιαία κάμψη αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες που συνεισφέρουν στη βαδιστική ικανότητα. Επιπρόσθετα, οι μοναδικές έρευνες που περιγράφουν τις διαχρονικές μεταβολές της πελματιαίας κάμψης κατά τη βάδιση στα ίδια παιδιά με ΕΠ^{7,8} αναφέρουν κυρίως μείωση της ενεργητικής ραχιαίας κάμψης της ποδοκνημικής κατά τη βάδιση με ταυτόχρονη ελάττωση του παθητικού εύρους κίνησης της ποδοκνημικής, χωρίς ωστόσο να αναφέρουν αν αυξήθηκε και η πελματιαία κάμψη. Εν τούτοις, και οι δύο μελέτες περιγράφουν μεταβολές στο δυναμικό και στο παθητικό εύρος της ποδοκνημικής παιδιών με ηλικία >4 ετών και σε προχωρημένα βαδιστικά στάδια. Οι παραπάνω παρατηρήσεις σε συνδυασμό με το γεγονός ότι στα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης –σε παιδιά μικρότερων ηλικιών– η αύξηση της πελματιαίας κάμψης κατά τη βάδιση δεν συνοδεύτηκε από μείωση της ραχιαίας κάμψης, ούτε παθητικά αλλά ούτε και κατά τη βάδιση, θα μπορούσαν να ερμηνευτούν ως αντιπροσωπευτικές μιας διεργασίας, η οποία κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης της βάδισης είναι απόλυτα δυναμική και ενεργητική και έχει ως στόχο την προσαρμογή της βάδισης ενός εξ αρχής διαταραγμένου συστήματος στις αυξημένες ανάγκες των παιδιών με ΕΠ, ενώ κατά την πορεία ωρίμανσης της βάδισης επί πλέον παράγοντες, όπως οι μυϊκές βραχύνσεις, δρουν συνεργικά πλέον στον περιορισμό των βαθμών ελευθερίας της ποδοκνημικής.

Άλλωστε, είναι πλέον ευρέως αποδεκτό ότι 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 με τυπική ανάπτυξη. 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 με τυπική ανάπτυξη αντίστοιχης ηλικίας.²⁴ Φαίνεται, συνεπώς, ότι για τα παιδιά με ΕΠ ο τελικός στόχος θα πρέπει να είναι η διαμόρφωση ενός κινητικού προτύπου που θα τους επιτρέψει να κινούνται αποτελεσματικά με όσο το δυνατόν μικρότερη προσπάθεια και χαμηλότερο κόστος σε κατανάλωση ενέργειας, το οποίο σε καμιά περίπτωση δεν θα μπορεί να ταυτίζεται με το πρότυπο ενός υγιούς συστήματος.

Χαρακτηριστικές είναι οι παρατηρήσεις οι οποίες αναφέρουν ότι τα παιδιά με ΕΠ, στην προσπάθειά τους να ανταποκριθούν αποτελεσματικά στην πρωτεύουσα δυσκολία κατά τη βάδιση, που είναι η αδυναμία ενεργοποίησης των μυών του κάτω άκρου, αυξάνουν τη μυϊκή συν-σύσπαση και την αρθρική ακαμψία, επιτυγχάνοντας με αυτόν τον τρόπο να αποθηκεύουν και να επιστρέφουν την ελαστική ενέργεια στην κίνηση.²⁵ Πιο συγκεκριμένα,²⁵⁻²⁷ με τη χρήση του εμβιομηχανικού μοντέλου του αντίστροφου εκκρεμούς δείχθηκε ότι η ακαμψία της ποδοκνημικής, που

προσομοιάζεται με την ακαμψία του ελατηρίου, μπορεί να ρυθμιστεί από τον οργανισμό μας με δύο τρόπους, είτε με την αυξημένη συν-σύσπαση των μυών είτε με την αύξηση των βιομηχανικών ιδιοτήτων των μαλακών μορίων. Ωστόσο, όπως φάνηκε από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, η μεταβολή των εμβιομηχανικών ιδιοτήτων της άρθρωσης (μυϊκή ελαστικότητα, παθητικό εύρος τροχιάς) κατά τα αρχικά στάδια ανάπτυξης της βάδισης δεν είναι σημαντική. Επομένως, ο πλέον αποτελεσματικός τρόπος αύξησης της ακαμψίας στην ποδοκνημική κατά τη φάση στήριξης είναι η ενεργητική συν-σύσπαση των μυών ώστε να διατηρήσουν την άρθρωση σε μια μέση θέση. Σε παρόμοια συμπεράσματα έχουν καταλήξει και άλλοι ερευνητές, που περιγράφουν 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 την ταχύτερη βάδιση.²¹

Πραγματικά, αν κάποιος παρατηρήσει τα κινηματικά χαρακτηριστικά που περιγράφουν την κίνηση της ποδοκνημικής σε οβελιαίο επίπεδο (εικ. 1) θα διαπιστώσει ότι, τόσο κατά την πρώτη όσο και κατά τη δεύτερη μέτρηση, στη μεγαλύτερη διάρκεια του κύκλου βάδισης η άρθρωση της ποδοκνημικής διατηρεί μια σχετικά σταθερή θέση χωρίς μεγάλες μεταβολές γύρω από τη μέση θέση, η οποία θα μπορούσε να οφείλεται στην αυξημένη συν-σύσπαση των ανταγωνιστών μυών της ποδοκνημικής στην προσπάθειά τους να ελέγξουν με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα τους βαθμούς ελευθερίας της άρθρωσης. Αντίθετα, όσο ο κύκλος της βάδισης πλησιάζει προς το τέλος της φάσης στήριξης, όπου η ανάγκη για προώθηση του σώματος καθίσταται επιβεβλημένη, η αύξηση της πελματιαίας κάμψης με την ποδοκνημική σε μέση θέση φαντάζει ακόμη πιο αναγκαία προκειμένου να υπάρξει η απαραίτητη προώθηση και ως εκ τούτου ικανοποιητική μετακίνηση. Κατά τη δεύτερη μέτρηση, μάλιστα, όπου τα παιδιά βαδίζουν πλέον περισσότερο καιρό και η βάδισή τους είναι πιο ώριμη, η πελματιαία κάμψη είναι ακόμη εντονότερη, γεγονός το οποίο δεικνύει ότι η αύξηση της πελματιαίας κάμψης κατά το τέλος της φάσης στήριξης πιθανότατα αποτελεί μια δυναμική προσαρμογή του τρόπου βάδισης των παιδιών αυτών, που καθιστά τη μετακίνησή τους περισσότερο αποτελεσματική και χαρακτηρίζει την ωρίμανση του βαδιστικού προτύπου.

Σε κλινικό επίπεδο, η παραδοχή ότι η αύξηση της πελματιαίας κάμψης και της δυσκαμψίας της ποδοκνημικής αντικατοπτρίζουν την προσπάθεια ενός διαταραγμένου νευρομυϊκού συστήματος προκειμένου να επιτύχει ένα πιο αποτελεσματικό και λιγότερο ενεργοβόρο βαδιστικό πρότυπο, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι και η θεραπευτική

μας παρέμβαση, πιθανότατα, θα πρέπει να επικεντρώνεται περισσότερο στην ενεργητική εκπαίδευση της βάδισης μέσα από δυναμικές δραστηριότητες που ενισχύουν την αποτελεσματικότητά της παρά στην αύξηση του παθητικού εύρους της ραχιαίας κάμψης. Φαίνεται πιθανό ότι η κατάκτηση ενός επαρκέστερου και πλέον σταθερού βαδιστικού πρότυπου από τα παιδιά με ΕΠ θα μπορούσε να τα απαλλάξει έως έναν βαθμό από την ανάγκη για αυξημένη πελματιαία κάμψη και αρθρική δυσκαμψία κατά τη βάδισή τους.

Συμπερασματικά, σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η διερεύνηση του κατά πόσο η έναρξη και η εξάσκηση της ανεξάρτητης βάδισης από τα παιδιά με ΕΠ για διάστημα 8 μηνών είχε κάποια επίδραση στο παθητικό και στο δυναμικό τους εύρος κίνησης των αρθρώσεων του γόνατος και της ποδοκνημικής, καθώς και ο εντοπισμός των παραμέτρων εκείνων που μπορεί να θεωρηθούν αντιπροσωπευτικές

της ωρίμανσης του προτύπου της βάδισης κατά τα αρχικά στάδια ανάπτυξής του. Σ' ό,τι αφορά στο παθητικό εύρος τροχιάς του γόνατος και της ποδοκνημικής, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές μέσα στο διάστημα των 8 μηνών από την έναρξη της αυτόνομης βάδισης από τα παιδιά με ΕΠ. Το γεγονός αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η έναρξη της βάδισης με ένα μη τυπικό βαδιστικό πρότυπο δεν είχε κάποια άμεση επίδραση στη μεταβολή του παθητικού εύρους τροχιάς των συγκεκριμένων αρθρώσεων κατά τους πρώτους 8 μήνες εξάσκησής της. Αντίθετα, σημαντική αύξηση της μέγιστης ενεργητικής πελματιαίας κάμψης της ποδοκνημικής παρατηρήθηκε κατά τη διάρκεια της φάσης στήριξης, η οποία πιθανότατα προκύπτει ως μια δυναμική προσαρμογή του νευρομυϊκού συστήματος στην προσπάθειά του να καταστήσει τη βάδιση περισσότερο αποτελεσματική και λιγότερο ενεργοβόρα.

ABSTRACT

Changes in the range of motion in children with cerebral palsy during the early stages of gait development

R. DIMAKOPOULOS,¹ S. YOUROUKOS,² G. SYROGIANNOPOULOS,¹ Z. DAILIANA³

¹Department of Pediatrics, University of Thessaly, Faculty of Medicine, Larissa, ²First Pediatric Clinic, National and Kapodistrian University of Athens, "Aghia Sophia" Children's Hospital, Athens, ³Department of Orthopedic Surgery, University of Thessaly, Faculty of Medicine, Larissa, Greece

Archives of Hellenic Medicine 2017, 34(6):805–813

OBJECTIVE To investigate the effect of the onset of walking on the passive and dynamic range of motion (PROM, DROM) in children with cerebral palsy (CP). **METHOD** Study was made of 16 children with CP, GMFCS levels I or II, who had just begun independent walking. Knee and ankle PROM was evaluated using a goniometer, and DROM was recorded by means of a 3D gait analysis system, at two points in time, i.e., at the onset of independent walking and 8 months later. **RESULTS** No significant differences in PROM were observed between the two measurements. A significant increase ($p < 0.05$) was observed in DROM for maximum ankle plantarflexion during the stance phase of gait. **CONCLUSIONS** PROM is not significantly affected by the use of "atypical" walking patterns during the initial stage of gait development. The changes observed in DROM and joint kinematics probably develop as a result of the efforts of the neuromuscular system to adjust to the increased need for stability and motion required during gait initiation.

Key words: Cerebral palsy, Gait, Gait analysis, Goniometry, Range of motion

Βιβλιογραφία

1. BAX M, GOLDSTEIN M, ROSENBAUM P, LEVITON A, PANETH N, DAN B ET AL. Proposed definition and classification of cerebral palsy, April 2005. *Dev Med Child Neurol* 2005, 47:571–576
2. GREEN LB, HURVITZ EA. Cerebral palsy. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 2007, 18:859–882
3. CHRISTENSEN D, VAN NAARDEN BRAUN K, DOERNBERG NS, MAENNER MJ, ARNESON CL, DURKIN MS ET AL. 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, 56:59–65
4. 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, 52:66–71
5. ÖUNPUU 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, 42:365–372
6. NORDMARK E, HÄGGLUND 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 Med* 2009, 7:65
 7. BELL KJ, ÖUNPUU S, DeLUCA PA, ROMNESS MJ. Natural progression of gait in children with cerebral palsy. *J Pediatr Orthop* 2002, 22:677–682
 8. JOHNSON DC, DAMIANO DL, ABEL MF. The evolution of gait in childhood and adolescent cerebral palsy. *J Pediatr Orthop* 1997, 17:392–396
 9. DE BRUIN M, SMEULDERS MJ, KREULEN M. Why is joint range of motion limited in patients with cerebral palsy? *J Hand Surg Eur Vol* 2013, 38:8–13
 10. HORAK FB. Assumptions underlying motor control for neurologic rehabilitation. In: Contemporary management of motor control problems. Proceedings of the II Step Conference, Foundation for Physical Therapy, Alexandria, 1991:11–27
 11. BOBATH B, BOBATH K. *Motor development in the different types of cerebral palsy*. William Heinmann Medical Books Ltd, London, 1975
 12. DARRAH J, BATTLETT D. Dynamic systems theory and management of children with cerebral palsy: Unresolved issues. *Infant Young Child* 1995, 8:52–59
 13. KETELAAR M, VERMEER A, HART H, VAN PETEGEM-VAN BEEKE, HELDERS PJ. Effects of a functional therapy program on motor abilities of children with cerebral palsy. *Phys Ther* 2001, 81:1534–1545
 14. 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, 45:391–399
 15. 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, 11:236–239
 16. 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, 94:987–995
 17. 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, 32:139–150
 18. 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, 13:46–52
 19. DARRAH J, LAW MC, POLLOCK N, WILSON B, RUSSELL DJ, WALTER SD ET AL. Context therapy: A new intervention approach for children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2011, 53:615–620
 20. LOWING K, BEXELIUS K, BROGREN CARLBERG E. Activity focused and goal directed therapy for children with cerebral palsy – do goals make a difference? *Disabil Rehabil* 2009, 31:1808–1816
 21. 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, 15:114–118
 22. PROSSER LA, LAUER RT, VANSANT AF, BARBE MF, LEE SC. Variability and symmetry of gait in early walkers with and without bilateral cerebral palsy. *Gait Posture* 2010, 31:522–526
 23. RODDA J, GRAHAM HK. Classification of gait patterns in spastic hemiplegia and spastic diplegia: A basis for a management algorithm. *Eur J Neurol* 2001, 8(Suppl 5):98–108
 24. ROSEN S, TUCKER CA, LEE SC. Gait energy efficiency in children with cerebral palsy. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2006, 1:1220–1223
 25. HOLT KG, OBUSEK JP, FONSECA ST. Constraints on disordered locomotion: A dynamical systems perspective on spastic cerebral palsy. *Hum Movement Sci* 1996, 15:177–202
 26. HOLT KG, SALTZMAN E, HO CL, ULRICH BD. Scaling of dynamics in the earliest stages of walking. *Phys Ther* 2007, 87:1458–1467
 27. 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, 84:344–354
- Corresponding author:*
- R. Dimakopoulos, 1 Deliyanni & 18 Themistokleous street, GR-151 22 Maroussi, Greece
e-mail: rigasd@yahoo.com
-