



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μελέτη εμβιομηχανικών παραμέτρων κάτω  
άκρων σε χορευτές κλασσικού χορού-  
μπαλέτου – Ανασκόπηση



ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ: ΤΖΑΒΕΛΛΑ ΑΘΗΝΑ

Α.Μ.: 2294

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΞΕΡΓΙΑ ΣΟΦΙΑ

ΑΙΓΙΟ – 2020

# **Biomechanical parameters of lower limbs in ballet dancers.**

## **Review**

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την κυρία Ξεργιά Σοφία για την πολύτιμη βοήθειά της στις δύσκολες συνθήκες που αντιμετώπισα κατά την διεκπεραίωση της συγκεκριμένης εργασίας, στην οποία αναγκάστηκα να αλλάξω θεματολογία αρκετές φορές λόγω των σημερινών καταστάσεων με τον κορωνοϊό. Επίσης ευχαριστώ την Ζβαρνιά Κατερίνα, καθηγήτρια κλασσικού χορού, για τις πληροφορίες που μου παρείχε σχετικά με την ορολογία κλασσικού χορού.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο χορός είναι αποτέλεσμα συνδυασμού αθλητικής και καλλιτεχνικής δραστηριότητας. Συγκεκριμένα στον κλασσικό χορό (ή μπαλέτο) οι υψηλές απαιτήσεις για δύναμη, ευλυγισία, ισορροπία και αισθητικότητα των κινήσεων θέτει το σώμα σε ακραίες θέσεις. Η επαναλαμβανόμενη έκθεση των αρθρώσεων και όλων των θυλακοσυνδεσμικών και μυοτενόντιων στοιχείων σε ακραίες θέσεις οδηγεί σε υψηλό κίνδυνο τραυματισμών, οι περισσότεροι των οποίων αποτελούν τραυματισμούς υπέρχρησης. Σκοπός της συγκεκριμένης ανασκόπησης είναι να μελετήσει πως επηρεάζονται οι εμβιομηχανικές παράμετροι στο μπαλέτο, και να τις συσχετίσει με τραυματισμούς. Για το ειδικό μέρος της εργασίας έγινε αναζήτηση, στην ιστοσελίδα PubMed, κλινικών και πιλοτικών ερευνών με βασικούς πυλώνες το μπαλέτο και την εμβιομηχανική. Αποκλείστηκαν συστηματικές ανασκοπήσεις και όσες μελέτες δεν ήταν γραμμένες στα αγγλικά. Με λίγα λόγια τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντικές αλλαγές σε επίπεδο κίνησης/κινηματικής, μυϊκής δραστηριοποίησης, δύναμης, ροπής, μήκους και πάχους μυοτενόντιων ομάδων, αντοχής και ελαστικότητας μυών. Αυξημένο εύρος τροχιάς παρουσιάζει η ποδοκνημική άρθρωση κυρίως στην πελματιαία κάμψη, δε συμβαίνει όμως πάντα το ίδιο και για την έξω στροφή του ισχίου. Παρόλο που φαινομενικά η τελευταία φαίνεται να δουλεύεται και να εφαρμόζεται συνεχώς από τους χορευτές, στην πραγματικότητα μεγάλο ποσοστό αυτών εξωστρέφει περισσότερο τις υποκείμενες αρθρώσεις του ισχίου για να πετύχει τη μέγιστη έξω στροφή ολόκληρου του κάτω άκρου, που είναι και η αισθητικά απαιτούμενη. Διαφοροποιήσεις στη μυϊκή δραστηριότητα υπάρχουν ακόμη και μεταξύ χορευτών, αναλόγως την τοποθέτηση ή την ισορροπία εκείνη τη στιγμή. Στο σύνολό τους όμως, έχουν καλύτερη μυϊκή συνέργεια και ισορροπία συγκριτικά με άλλες ομάδες. Η δομή μυών και τενόντων μπορεί συνολικά να μην διαφοροποιείται, ιδιαίτερα σχετικά με άλλα άτομα, αλλά σε μεμονωμένα ανατομικά τμήματά τους παρατηρήθηκαν αλλαγές μήκους πάχους και επιμήκυνσης. Φυσικά δε λείπουν και οι νευρολογικές τροποποιήσεις, με αυξημένη διεγερσιμότητα σε υγιείς χορευτές ή μειωμένη σε περιπτώσεις τραυματισμών. Η συγκέντρωση αποτελεσμάτων της συγκεκριμένης ανασκόπησης δείχνει πως ο χώρος του κλασσικού χορού είναι ήδη αρκετά μελετημένος σε εμβιομηχανικό επίπεδο. Πάραυτα περισσότερες έρευνες απαιτούνται με περισσότερες συγκρίσεις μεταξύ παραγόντων.

**Λέξεις κλειδιά:** εμβιομηχανική, κινηματική, ηλεκτρομυογράφημα, μπαλέτο, κινητική ανάλυση

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ</b> .....	vi
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ</b> .....	xv
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	1
<i>Συχνότητα και είδος τραυματισμών στον κλασσικό χορό</i> .....	1
<i>Σημασία μελέτης εμβιομηχανικών παραμέτρων</i> .....	2
<i>Σκοπός και επιμέρους στόχοι</i> .....	3
<b>ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ</b> .....	4
<i>Στρατηγική αναζήτησης</i> .....	4
<i>Επεξεργασία Δεδομένων</i> .....	4
<i>Διευκρινίσεις</i> .....	4
<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</b> .....	4
<i>Διαφορές εμβιομηχανικών ιδιοτήτων σε χορευτές κλασσικού χορού και μη χορευτές</i> .....	4
<i>Εμβιομηχανική ανάλυση κατά τη διάρκεια απλών δοκιμασιών κλασσικού χορού</i> .....	12
<i>Σχέση εμβιομηχανικών παραμέτρων με τραυματισμούς</i> .....	18
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ</b> .....	25
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ/ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	26

# ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Αποτελέσματα κειμένων σχετικών με διαφορές εμβιομηχανικών ιδιοτήτων σε χορευτές κλασσικού χορού και μη χορευτές.

Συγγραφείς - έτος	Τίτλος	Συντομογραφίες	Συμμετέχοντες	Σκοπός	Εργαλεία-Μεθοδολογία	Αποτελέσματα	Συμπεράσματα
Sakiko Saito, Hiroki Obata, Mayumi Kuno-Mizumura, Kimitaka Nakazawa – 2018	On the skilled plantar flexor motor action and unique electromyographic activity of ballet dancers.	RMSE --> root mean square error SD --> standard deviation = τυπική απόκλιση SOL --> soleus MG --> medial gastrocnemius EMG --> electromyography AEMG --> average EMG vGRF --> vertical ground reaction force ΜΠΚ --> μέγιστη πελματιαία κάμψη	<b>dance group:</b> 11 γυναίκες χορεύτριες μπαλέτου (ηλικία $20.3 \pm 1.6$ , ύψος $158.9 \pm 4.1$ cm, μάζα σώματος $49.3 \pm 3.8$ kg), <b>control group:</b> 9 μη εκπαιδευμένες υγιείς γυναίκες παρόμοιας ηλικίας (ηλικία $21.1 \pm 1.6$ , ύψος $158.6 \pm 4.6$ cm, μάζα σώματος $51.3 \pm 4.9$ kg)	Σκοπός είναι να ερευνηθεί η επιρροή που ασκεί η προπόνηση του χορού στον μηχανικό έλεγχο της ποδοκνημικής άρθρωσης και στους υποκείμενους νευρικούς μηχανισμούς.	<b>Εργαλεία:</b> δυναμοδάπεδο, γωνιόμετρο, υπολογιστής, ηλεκτρομυογράφος. <b>Μεθοδολογία:</b> μετρήθηκε ΜΠΚ ατόμων σε κυρίαρχο πόδι -> ζητήθηκε να κάνουν ταυτόχρονα ΜΠΚ και με τα δύο πόδια. Ελάχιστη γωνία -> της όρθιας στάσης. Σε υπολογιστή -> στατικό ημιτονοειδές ίχνος 5 κύκλων με εύρος από την ελάχιστη γωνία πελματιαίας κάμψης έως τη μέγιστη του κάθε ατόμου. Μετρήθηκε γωνιακή μετατόπιση της πδκ γωνιόμετρο και απεικονιζόταν με κέρσορα στον υπολογιστή. Σε ενεργητική φάση πειράματος-> κέρσορα από τα αριστερά - δεξιά με προκαθορισμένη ταχύτητα. Συμμετέχοντες έπρεπε να ακολουθήσουν τον κέρσορα πάνω στο ημιτονοειδές ίχνος εκτελώντας πελματιαία-ραχιαία κάμψη. Σε πελματιαία κάμψη ο κέρσορας ανέβαινε (up phase) και σε ραχιαία κατέβαινε (down phase). Ταυτόχρονα: δυναμοδάπεδο κατέγραφε κάθετες δυνάμεις και επιφανειακός ηλεκτρομυογράφος σε MG και SOL. Εκτέλεσαν το πείραμα - δηλαδή 5 πελματιαίες κάμψεις και 4 ραχιαίες ενδιάμεσα - στα 1, 0.5, 0.25, και 0.125 Hz με feedback σε πραγματικό χρόνο. Ο συνολικός χρόνος ήταν 6 s για 1 Hz, 11 s για 0.5 Hz, 21 s για 0.25 Hz, και 41 s για 0.125 Hz. Για κάθε συχνότητα-> 3 προσπάθειες Στο τέλος εκτέλεσαν πελματιαία κάμψη όσο πιο δυνατά μπορούσαν ενάντια σε ιμάντες velcro. Καταγράφηκε για τον καθένα η EMG max πελματιαίας κάμψης. Μετρήθηκε το μικρότερο RMSE καθενός και επιλέχθηκε για ανάλυση.	Τα δύο groups -> παρόμοιες ελάχιστες γωνίες πδκ άρθρωσης, ενώ στην μέγιστη πελματιαία κάμψη χορευτές-> μεγαλύτερα νούμερα και ROMπδκ σε αυτούς 20%> από control group. <b>Ημιτονοειδές δοκιμασία:</b> το control group-> μεγαλύτερα σφάλματα. <b>EMG:</b> δεν υπήρχε μεγάλη διαφορά AEMGs των δύο γκρουπ για SOL και MG, όμως οι χορευτές-> μεγαλύτερη ακρίβεια κίνησης στις δύο φάσεις. AEMG αγωνιστών μεγαλύτερα σε up phase απ' ότι σε down phase. Για SOL τα AEMGs αυξάνονταν μαζί με συχνότητα μόνο σε up phase, για MG τα AEMGs αυξάνονταν με συχνότητα και στις δύο φάσεις. Σε AEMGs SOL και MG-> σημαντική αλληλεπίδραση συχνότητας-φάσης. <b>Συχνότητα και EMGs:</b> σε down phase μεγάλη διαφορά συχνότητας EMG μεταξύ γκρουπ για SOL. Στα 10 Hz η μέγιστη δύναμη του SOL EMG σε down phase> σε control group. Σε up phase δεν υπήρχε διαφορά. Για MG EMG όχι στατιστικά σημαντικές διαφορές <b>vGRF στα 10 Hz:</b> συνολικές vGRF κάθε φάσης όχι σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα γκρουπ. Control group-> στα 10 Hz η δύναμη ήταν μεγαλύτερη σε down phase. Όχι για τους χορευτές.	1. Χορευτές-> μικρότερο σφάλμα μεταξύ του στόχου (στατικό ημιτονοειδές ίχνος) και της γωνίας της πδκ σε πελματιαία κάμψη, ανεξαρτήτως ταχύτητας και φάσης, σε σχέση με τους μη χορευτές. 2. Διαφορές συχνότητας SOL μεταξύ των γκρουπ-> χορευτές μπορεί να έχουν διαφορετική κινητική δραστηριότητα σε ειδικευμένες ασκήσεις. 3. Το RMSE δεν διέφερε στατιστικά μεταξύ των φάσεων. Διαφορά όμως του RMSE μεταξύ των γκρουπ-> χορευτές έχουν καλύτερη κινητική ικανότητα σε πελματιαία-ραχιαία πδκ ανεξαρτήτως είδους συστολής αγωνιστών μυών. 4. AEMGs των SOL και MG δεν διέφεραν μεταξύ των γκρουπ -> καλύτερη ικανότητα να εκτελέσει κάποιος τη δοκιμασία δε συνδέεται με διαφορά στο AEMG των αγωνιστών. 5. Διαφορά μεταξύ των γκρουπ σε συχνότητα του SOL EMG στην down phase. Κατά τη δοκιμασία πελματιαίας-ραχιαίας συμμετέχουν περισσότερο ίνες βραδείας συστολής διότι το φορτίο είναι μικρό. Επομένως η μυϊκή δράση κατά τη δοκιμασία αυτή φαίνεται πιο έντονα στον SOL ο οποίος αποτελείται από μεγαλύτερο ποσοστό ινών βραδείας συστολής σε σχέση με GM. 6. Control group-> μεγαλύτερα σφάλματα και μεγαλύτερη μεταβλητότητα σε σχέση με χορευτές. 7. Χορευτές εκτελούν τη δοκιμασία με πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια. Επίσης εφαρμόζουν τεχνικές με τις οποίες είναι εξοικειωμένοι από προπονήσεις για να εκτελέσουν δυναμικές διαδικασίες.

<p>M. M. Moltubakk, M. M. Magulas, F. O. Villars, O. R. Seynnes, J. Bojsen-Møller - 2018</p>	<p>Specialized properties of the triceps surae muscle-tendon unit in professional ballet dancers</p>	<p>MTU --&gt; muscle-tendon unit ROM --&gt; range of motion maxROM--&gt; maximum range of motion GM --&gt; gastrocnemius medialis GL --&gt; gastrocnemius lateralis TA --&gt; tibialis anterior SOL --&gt; soleus MTJ --&gt; musculo-tendinous junctions = μυοτενόντιες ενώσεις MVC --&gt; maximal voluntary contraction triceps surae MTU -&gt; μυοτενόντια ένωση γαστροκνημίου-υποκνημιδίου</p>	<p>10 γυναίκες επαγγελματίες μπαλαρίνες και 10 υγιείς, δραστήριες γυναίκες (ομάδα ελέγχου). Τα δύο γκρουπ-&gt; ίδια ποσά σωματικού βάρους και ύψους, παρόμοιο μήκος κάτω άκρων και γαστροκνημίου-SOL, αλλά το γκρουπ των χορευτριών ήταν μεγαλύτερο (χορευτές s 30 ± 4, ομάδα ελέγχου 21 ± 1). Χορευτρίες 24 ± 5 χρόνια εμπειρίας και 19 ± 12 ώρες την εβδομάδα, από τις οποίες 11 ± 15-&gt; ασκήσεις ευκινησίας (π.χ. στατικές διατάξεις). Ομάδα ελέγχου καμία εμπειρία συστηματικών διατάξεων και 4 ± 3 ώρες/εβδ ασκήσεις αναψυχής.</p>	<p>Σκοπός ήταν να ερευνηθεί αν οι επαγγελματίες χορευτές κλασσικού χορού παρουσιάζουν διαφορετικές μορφολογικές, μηχανικές, νευρικές και λειτουργικές ιδιότητες της μυοτενόντιας ένωσης γαστροκνημίου-υποκνημιδίου (triceps surae MTU), σε σχέση με σωματικά δραστήρια άτομα χωρίς ιστορικό διατακτικής προπόνησης (stretching training).</p>	<p>Μετρήθηκε μήκος του κάτω άκρου και του γαστροκνημίου-SOL (γάμπας). Σε MG, SOL και αχίλλειο μετρήθηκαν μήκος δεσμίδας, γωνία κατάφυσης και πάχος με υπέρηχο. Σε πτηνή θέση-&gt; φυσική γωνία πελματιαίας κάμψης με γωνιόμετρο. ηλεκτρομυογράφος σε SOL, GM, GL και TA. Ύστερα 20' δ/μα. Σε ισοκινητικό δυναμόμετρο-&gt; αργή παθ. ραχιαία κάμψη σε maxROM (σύμφωνα με όρια πόνου) της triceps surae MTU αριστερά. Έτσι μετρήθηκε παθητική ροπή ενώ ταυτόχρονα συνδεδεμένος ηλεκτρομυογράφος. Για maxROM ραχιαίας κάμψης-&gt; ραχιαία κάμψη παθητικά από συγκεκριμένο άτομο σε όλους τους συμμετέχοντες, με ταχύτητα 2°·s-1 έως ότου πόνου, που αξιολογούνταν από 0-10. Μάτια ήταν κλειστά. Μετά παθητική κινητοποίηση από 10° πελμ. κάμψης σε maxROM ραχ. κάμψης, ενώ ταυτόχρονα υπέρηχος. Έγινε 6 φορές, με κλειστά μάτια, χωρίς ενεργητική συμμετοχή. Τα αποτελέσματα από ισοκινητικό δυν. (ροπή, ταχύτητα, γωνία δυναμόμετρου), 2D ηλεκτρογυγνιόμετρο (ανατομική γωνία πδκ) και ηλεκτρομυογράφο (SOL, GM, GL, TA) ψηφιοποιήθηκαν και αναλύθηκαν στα 1500Hz. Τα δεδομένα καταγράφηκαν για 0°, 5° και maxROM. Μετρήθηκε παθητική μυοτενόντια δυσκαμψία σε μέση γωνία και στο maxROM ραχ. κάμψης. Μετά από 5' προθέρμανση εργομετρικό ποδήλατο, εξετάστηκε αχίλλειος και η φυσική του δυσκαμψία μετρώντας επιμήκυνσή του κατά την ισομετρική σύσπαση πάνω σε ισοκινητικό δυναμόμετρο. Μετρήθηκε επίσης ισοκινητική και ισομετρική μυϊκή δύναμη. Υπολογίστηκε max ισομετρική ροπή πελμ. κάμψης</p>	<p>MaxROM ραχ. κάμψης πδκ μεγαλύτερο σε χορευτές και πόνος στη θέση αυτή λιγότερος σε αυτούς. <b>Μορφολογικές ιδιότητες μυοτενόντιας μονάδας (MTU):</b> Παρόμοια γωνία πελματιαίας κάμψης σε χαλαρή θέση και στα 2 γκρουπ. Μεγαλύτερο πάχος και μήκος δεσμίδας σε GM χορευτών, ενώ στον SOL το μήκος δεσμίδας χορευτών μικρότερο. Γωνίες κατάφυσης παρόμοιες για GM και SOL και στα 2 γκρουπ. Ελεύθερος αχίλλειος τένοντας είχε παρόμοιο μήκος μεταξύ των 2 ομάδων, ενώ ολόκληρος ο τένοντας πιο μακρύς στους χορευτές. Επιφάνεια εγκάρσιας διατομής κατά μήκος όλου του τένοντα όχι σημαντικές διαφορές μεταξύ των γκρουπ. <b>Μηχανικές ιδιότητες κατά την αργή παθητική διάταση ραχιαίας κάμψης:</b> Χορευτές ανεχόντουσαν μεγαλύτερη ραχιαία κάμψη, αλλά maxROM, παθητική ροπή και παθητική δυσκαμψία άρθρωσης παρόμοια στις 2 ομάδες. Σε φυσική γωνία 5°-&gt; χορευτές μικρότερη παθ. ροπή και παθ. δυσκαμψία. Σχέση παθητικής ροπής-γωνίας χαμηλότερες τιμές ροπής στους χορευτές σε φυσικό εύρος κίνησης. Σε κοινή τιμή ροπής (13Nm), χορευτές εκτελούσαν μεγαλύτερη ραχ. κάμψη. Δείκτης δυσκαμψίας ανεξαρτήτως γωνίας ήταν μικρότερος στους χορευτές. Μήκος δεσμίδων GM σε max και κοινές γωνίες ήταν μεγαλύτερα στους χορευτές. Γωνίες κατάφυσης ήταν παρόμοιες. Η επιμήκυνση του GM και η επιμήκυνση και τάση των των GM δερμάτων ήταν παρόμοια</p>	<p><b>Χορευτές:</b> 1) μακρύτερα GM δερμάτια, μακρύτερο και πιο μαλακό αχίλλειο, μεγαλύτερη max τάση του GM, μεγαλύτερη επιμήκυνση του GM --&gt; μεγαλύτερο maxROM ραχιαίας κάμψης. 2) μικρότερη μυϊκή ενεργοποίηση και ποσοστό πόνου --&gt; σημαντικός ο ρόλος νευρικών παραγόντων, η ελαστικότητα αποκτάται με προσαρμογές σε πολλαπλά επίπεδα. <b>Επίσης:</b> η γωνία πδκ δεν είναι απαραίτητα αξιόπιστος παράγοντας για μετρήσεις ευκαμψίας (πχ του MTU). Η λιγότερη μυϊκή ενεργοποίηση σε χορευτές οφείλεται σε ιδιοδεκτικές προσαρμογές σε αισθητικό/νευρικό επίπεδο που συμβαίνουν λόγω συγκεκριμένης προπόνησης. Η μικρότερη δυσκαμψία του Αχίλλειου των χορευτών σημαίνει μεγαλύτερη παραμόρφωση του εγγύς μέρους του κατά την τάση του --&gt; ίσως οφείλεται στις παθητικές και δυναμικές διατάξεις ή στα φορτία που υπάρχουν στο μπαλέτο. Οι διατακτική προπόνηση μπορεί να προκαλέσει προσαρμογές σε επίπεδο σαρκομερίου δηλαδή σε μήκος δεσμίδων (fascicle length). Και οι μύες και τα μαλακά μόρια παίζουν ρόλο σε επιμήκυνση του MTU χορευτών αλλά σύμφωνα και με άλλες έρευνες η δυναμική επιμήκυνση του μυ παίζει βασικό ρόλο στο ROM. Η αντοχή επιμήκυνσης του MTU οφείλεται και σε ανατομικούς και σε νευρικούς παράγοντες. Οι νευρικοί παράγοντες που μειώνουν την αντοχή διάτασης πρέπει να τροποποιηθούν πριν γίνουν μορφολογικές προσαρμογές όπως όσες προαναφέρθηκαν σε χορευτές. Περισσότερες έρευνες χρειάζονται για να δούμε αν το μεγαλύτερο ROM δίνει και λειτουργικό πλεονέκτημα. Περισσότερες έρευνες χρειάζονται για να ξεχωρίσουν προσαρμογές επιμήκυνσης από εγγενείς ιδιότητες και από διατακτική προπόνηση. Άρα το μεγαλύτερο ROM ραχ. κάμψης χορευτών οφείλεται σε: μακρύτερα δερμάτια GM, καλύτερη τάση δερμάτων και</p>
--	--	---	---	---	---	--	--

					<p>στα 2 γκρουπ, σε κοινές γωνίες. Στις max τιμές οι χορευτές είχαν μεγαλύτερη επιμήκυνση του GM και των δεματίων του GM και μεγαλύτερη max τάση δεματίων. Οι ενδείξεις του EMG για SOL, GM, GL ήταν παρόμοιες μεταξύ των ομάδων για φυσική γωνία πδκ, αλλά πολύ μικρότερες στους χορευτές για κοινές γωνίες και peak EMG. <b>Μηχανικές ιδιότητες τένοντα:</b> Δυσκαμψία ολόκληρου του αχίλλειου μικρότερη σε χορευτές για κάθε τιμή δύναμης. Δυσκαμψία ελεύθερου Αχιλλείου δεν είχε διαφορά στα γκρουπ. Max δύναμη μεγαλύτερη για χορευτές. <b>Ισομετρική και ισοκινητική μυϊκή δύναμη:</b> σε ισομετρικές πελμ. κάμψης-&gt; παρόμοιες ροπές στα 2 γκρουπ. Σε ισοκινητικές πελματιαίας κάμψης η μέγιστη ροπή, γωνία μέγιστης ροπής και συνολικό έργο παρόμοια μεταξύ των γκρουπ. Στις 45°·s<sup>-1</sup> μόνο η ισοκινητική σχέση ροπής-γωνίας εμφάνισε σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ γκρουπ και γωνίας.</p>	<p>μυϊκή επιμήκυνση, μακρύτερο και λιγότερο δύσκαμπτο αχίλλειο, μικρότερη παθητική ροπή και μικρότερη δυσκαμψία κατά την παθ. διάταση. Η μικρότερη μυϊκή δραστηριότητα και ποσοστό πόνου σε χορευτές δείχνει πως η συστηματική διάταση παίζει βασικό ρόλο στην οριστικοποίηση του maxROM. Μορφολογικοί, μηχανικοί και νευρικοί παράγοντες του μυοτενόντιου συστήματος διαφέρουν αναλόγως με την μυοσκελετική ευκαμψία.</p>
--	--	--	--	--	--	--



<p>Kim Bennell, Karim M Khan, Bernadette Matthews, Melissa De Gruyter, Elizabeth Cook, Karen Holzer, John D Wark - 1999</p>	<p>Hip and ankle range of motion and hip muscle strength in young novice female ballet dancers and controls</p>	<p>ER --&gt;external rotation IR --&gt;internal rotation</p>	<p>77 μπαλαρίνες 8-11 χρονών με μέσο όρο 4,7 ώρες προπόνηση/εβδομάδα, 49 κορίτσια όχι χορεύτριες 8,2-11 χρονών χωρίς εμπειρία σε χορό. Παρόμοιο ύψος, ηλικία και εβδομαδιαίες ώρες εξωσχολικής προπόνησης ανάμεσα στα 2 γκρουπ, αλλά control πολύ μεγαλύτερη μάζα σώματος και βάρους.</p>	<p>Σύγκριση ROM ισχίου, πδκ και δύναμη μυών ισχίου. Τεχνικές μεγαλύτερων χορευτών υπάρχουν και σε μικρούς;</p>	<p>Μετρήθηκαν δεξιά: ενεργητικό ROM έσω - έξω στροφής ισχίου με κλινόμετρο, ενεργητική turnout σε όρθια θέση με μοιρογνώνιο, παθητικό ROM πελματιαίας κάμψης (plie με παράλληλα πόδια σε όρθια θέση), ROM γαστροκνημίου (σαν διάταση γαστροκνημίου), δύναμη μυών ισχίου με NMMT.</p>	<p>control -&gt; μεγαλύτερη έξω και έσω στροφή ισχίου. Τα γκρουπ δεν διέφεραν στο συνολικό turnout. Μπαλαρίνες -&gt; μεγαλύτερο non-hip εύρος έξω στροφής. Ποσοστό non-hip έξω στροφής σε σχέση με hip έξω στροφή -&gt; 40% για χορευτές, 27% μη χορευτές. Χορευτές-&gt; μεγαλύτερη ραχιαία κάμψη, αλλά όχι διαφορά σε εύρος γαστροκνημίου. χορευτές-&gt; λιγότερη δύναμη σε καμπτήρες, στροφείς, προσαγωγούς, αλλά δε διέφεραν σε δύναμη απαγωγών. Το ποσοστό έξω στροφής ισχίου και turnout δε σχετίζονται πάντα. Οι ώρες και τα χρόνια μπαλέτου δε σχετίζονται πάντα με εύρος έσω-έξω στροφής ισχίου και ραχιαίας κάμψης.</p>	<p>Το μικρότερο ROM χορευτών ήταν περίπου κατά 5°, βιολογικά ασήμαντο. Το ενεργητικό ROM που μετρήθηκε μπορεί να επηρεάζεται από ανελαστικότητα μαλακών μοριών ή δύναμη μυών. Non-hip= στροφή γόνατος, πδκ, ταρσαίον αρθρ. Χορευτές χρησιμοποιούν "screwing" για να πετύχουν επιθυμητό turnout. Μικροί χορευτές όχι μεγάλη έξω στροφή σε αντίθεση με μεγάλους -&gt; ίσως αποκτάται και με χρόνια. μικρότερη έσω στροφή χορευτών λόγω βράχυνση έξω στροφών χορευτών. Πιο μεγάλη ραχ. κ. χορευτών αλλά όχι διαφορά σε ευλυγισία γαστροκνημίου -&gt; άρα ραχ.κ. περιορίζεται από θύλακα, οστά και υποκνημίδιο. όχι μεγάλη διαφορά μικρών-μεγάλων χορευτών σε παθ. ραχ. κ. άρα δεν ενισχύεται με χρόνια. Βέβαια η μέτρηση έγινε παράλληλα και όχι σε turnout όπως στο demi plie. Μειωμένη δύναμη χορευτών ίσως λόγω μικρότερου βάρους, όχι όμως για απαγωγείς -&gt; μπορεί να ενδυναμώνονται με μπαλέτο. Επιμονή από δασκάλες για έξω στροφή ισχίου -&gt; ίσως μειώσει το "screwing". Το demi plie (ραχιαία κάμψη) δεν αυξάνεται με προπόνηση. Οι χορευτές πρέπει να διατηρούν ROM σε μη μπαλετικές κινήσεις όπως έσω στρ. ισχίου -&gt; αν περιορισμένη πιθανός τραυματισμός. Δύναμη σημαντική για να μειώνει ROM και να διατηρεί ισορροπία αγωνιστών ανταγωνιστών.</p>
---	---	--	---	--	--	--	---

**Πίνακας 2.** Αποτελέσματα ερευνών σχετικών με *εμβιομηχανική ανάλυση κατά τη διάρκεια απλών δοκιμασιών κλασσικού χορού.*

Συγγραφείς - έτος	Τίτλος	Συντομογραφίες	Συμμετέχοντες	Σκοπός	Εργαλεία-Μεθοδολογία	Αποτελέσματα	Συμπέρασμα
Trepman, E Gellman, R E Solomon, R Murthy, K R Micheli, L J De Luca, C J - 1998	Electromyographic analysis of standing posture and demi-plie in ballet and modern dancers.	AP-- >anteroposterior	5 επαγγελματίες μπαλαρίνες και 7 επαγγελματίες χορεύτριες μοντέρνου χορού	Μελέτη μυϊκής δραστηριότητας κάτω άκρων σε όρθια θέση με έξω στροφή ισχίων και σε demi-plie, ώστε να δούμε τη διαφορά αυτής μεταξύ χορευτών μπαλέτου και μοντέρνου.	Οι χορευτές εκτέλεσαν demi-plie σε πρώτη ποζισιόν σε 2 ισόχρονες φάσεις (πάνω και κάτω), ενώ είχαν ηλεκτρομυογράφο σε 8 μύες: Κάθε φάση διαρκούσε 3 sec. Ο EMG ξεκινούσε να καταγράφει 1 sec. πριν ξεκινήσει η κάτω φάση και σταματούσε 1 sec. αφού τελείωνε η πάνω φάση. Άρα συνολικά η καταγραφή διαρκούσε 8 sec. Δεν φορούσαν παπούτσια. Ταυτόχρονα βιντεοσκοπούσαν 3 κάμερες: μία προσθιοπίσθια, μία πλάγια δεξιά (σε δεξί πόδι ήταν ο ηλεκτρομυογράφος) και μία 45 μοίρες λοξά δεξιά.	Μπαλαρίνες >χαλαρή έξω στροφή. Και τα δύο γκρουπ υπερέκταση γόνατος σε όρθια στάση αλλά μπαλαρίνες περισσότερο (-6 έως -16°ενώ μοντέρνο -2 έως -7°). Μπαλαρίνες σε εντολή εκκίνησης demi-plie έδρασαν πιο γρήγορα. Εκτέλεσαν demi-plie με φυσική θέση πδκ και υπερέκταση γόνατος, ενώ του μοντέρνου με μικρή ραχιαία κ. πδκ και φυσική θέση γόνατος. Σημαντικές διαφορές μεταξύ των γκρουπ σε κάμψη γόνατος και ραχιαία πδκ για 0,6,7,8 sec. και για κάμψη γόνατος και σε 4 sec. Όχι σημαντικές διαφορές για ύψος, απαγωγή, κάμψη ισχίου σε σχέση με χρόνο. Γενικώς πρόσθια κλίση κορμού σε κάτω φάση και οπίσθια σε πάνω. <b>EMG ανάλυση όρθια θέση:</b> EMG πάνω από βασικά όρια συνολικά για όλες τις όρθιες θέσεις παρουσίασαν κυρίως ο MG (σε 54% επαναλήψεων) και ο πρόσθιος κνημιαίος (29%). Για το κάθε γκρουπ ξεχωριστά ο GM ξεπέρασε τα όρια ίσες φορές και στα δύο γκρουπ ενώ ο πρ. κν. ξεπέρασε όρια στο 64% επαναλ. από μπαλαρίνες ενώ μέσα στα όρια για σχεδόν όλες τις επαναλήψεις του μοντέρνου. <b>EMG ανάλυση demi-plie:</b> μέγιστη EMG του πρόσθιου κνημιαίου στο μέσον σχεδόν όλων των επαναλήψεων (97%), ενώ καμία δράση του στην πάνω φάση και όχι διαφορά μεταξύ των γκρουπ. <b>Έσω-έξω πλατύς:</b> όλες οι επαναλ. είχαν μακροδραστηριότητά τους, αυξανόμενη δραστηριότητα όσο η κάτω φάση τελείωνε και μειούμενη δραστηριότητα όσο η πάνω φάση ξεκινούσε. <b>Μέσος-πλάγιος γαστροκνήμιος, μέγας γλουτιαίος, οπίσθιοι μηριαίοι, προσαγωγοί:</b> Για GM και προσαγωγούς οι μπαλαρίνες >ποσοστό δράσης τους στο μέσον της επαναλ. και σε πάνω/κάτω φάση	Κατά την όρθια στάση σε 1η ποζισιόν με έξω στροφή κάτω άκρων παρατηρήθηκε η μικρότερη μυϊκή ενεργοποίηση εκτός από τον πρόσθιο κνημιαίο και μέσο γαστροκνήμιο. Το demi-plie ξεκινούσε με μικρή ή καθόλου EMG δράση του κάτω άκρου. Κατά τη διάρκεια του demi-plie η κάμψη γόνατος στην κάτω φάση, η σταθεροποίηση στο μέσον και η έκταση στην πάνω φάση ήταν κυρίως δουλειά του τετρακέφαλου (όπως και σε άλλες έρευνες με squat). Χαρακτηριστική ήταν η δράση του πρόσθιου κνημιαίου σε μέση φάση. Η ποικιλότητα δράσης των υπολοίπων μυών (πλ. και μέσος γαστροκνήμιος, πρόσθιος κνημιαίος κατά την κάτω φάση, μέγας γλουτιαίος, οπίσθιοι μηριαίοι, προσαγωγοί) δείχνει ότι έχουν δευτερεύοντα (αλλά σημαντικό) ρόλο στον έλεγχο ισορροπίας και πρόσθιας κλίσης κατά την κίνηση. Η ποικιλότητα στην μυϊκή ενεργοποίηση του demi-plie δεν εμφανίστηκε μόνο μεταξύ χορευτών αλλά και μεταξύ επαναλήψεων του ίδιου του χορευτή. Άρα αυτή εξαρτάται όχι μόνο όχι μόνο από το ιστορικό προπόνησης και το προσωπικό στυλ αλλά και από την ισορροπία ή τις ορθοστατικές διαφορές εκείνη τη στιγμή. Η κλασική εικόνα συνεχόμενης ενεργοποίησης των προσαγωγών για συνεχή διατήρηση της έξω στροφής στην πάνω φάση δεν φάνηκε σε μεγάλο ποσοστό των demi-plies (42%). Άρα μύες που τους δίνεται μεγάλη σημασία σε προπόνηση και αποκατάσταση, μπορεί να μην είναι τόσο απαραίτητοι για την αισθητικότητα ή την ασφαλή εκτέλεση μιας κίνησης. Επίσης αν ένας μύς είναι απαραίτητος για μια συγκεκριμένη κίνηση, η έλλειψη δύναμης ή και ευλυγισίας του μπορεί να καταλήξει σε εμβιομηχανικό σφάλμα στην τεχνική και άρα σε τραυματισμό. Επομένως ο χαρακτηρισμός μυϊκής ενεργοποίησης κατά τη διάρκεια χορευτικών κινήσεων μπορεί να επιτρέψει καλύτερη ανατομική ακρίβεια στον ορισμό κατάλληλων ασκήσεων για χορευτές κατά την προπόνηση ή την αποκατάσταση, που έχουν ατέλειες στις συγκεκριμένες μυϊκές ομάδες. Οι διαφορές των 2 γκρουπ σε δράση τετρακέφαλου, σε υπερέκταση γόνατος στο τέλος του demi-plie και η ομογένεια μέσα στο κάθε γκρουπ δείχνει ότι κάθε γκρουπ χρησιμοποιεί διαφορετικά τους μύες λόγω διαφορετικής προπόνησης και χορευτικού στυλ. Η μέγιστη ενεργοποίηση του έσω-έξω πλατύ στο τέλος της πάνω φάσης στις μπαλαρίνες δείχνει πως η υπερέκταση γόνατος (genu recurvatum) στο τέλος του demi-plie συνοδεύεται και από ενεργητική σύσπαση του τετρακέφαλου. Η σύσπαση αυτή συνεχιζόταν στο τέλος της πάνω φάσης ενώ πλέον δεν υπήρχε κίνηση για αισθητικούς λόγους. Αποτελεί χαρακτηριστικό του μπαλέτου και δίνεται έμφαση σε αυτό κατά την προπόνηση στην

					<p>ενώ οι μοντέρνες στην όρθια στάση. Για τους άλλους δεν υπήρχε διαφορά μεταξύ των γκρουπ. (Κατηγορίες αναλόγως με το σημείο του demi-plier κατά το οποίο γινόταν η μέγιστη δράση του μυ: I. μέσον, II. πάνω/κάτω φάση, III. στάση σε όρθια θέση) Στα περισσότερα demi-plier ο μέσος-πλάγιος γαστροκνήμιος και για τα 2 γκρουπ είχε EMG δράση τύπου II (ενώ ο πρόσθιος κνημιαίος τύπου I). Διαφορές είχαν και οι: μέγας γλουτιαίος τύπος I και II κυρίως, οπίσθιοι μηριαίοι τύπου II στο 53% και III στο 1/3, προσαγωγοί τύπου I στο 56% των επαναλήψεων και 18% τύπου III. Πάνω από τους μισούς χορευτές-&gt;διαφορετικά (3-4) μοτίβα κινήσεων για τον ίδιο μυ μεταξύ των 5 επαναλήψεων. <b>EMG δράση σε κάτω, μέση και πάνω φάση:</b> Η EMG δράση των πλαγ. γαστρ., μέγα γλουτιαίο και προσαγωγών ήταν πολύ πιο συχνή σε μπαλαρίνες στο μέσον (I), ενώ στην πάνω φάση ήταν πιο συχνή η δράση του μέσου γαστρ. και μέγα γλουτιαίου. Για όλους τους χορευτές μαζί: πλ.-μέσος γαστροκνήμιος δράση στα περισσότερα demi-plier σε πάνω-κάτω φάση, ενώ σε μέσον πλ. γαστροκνήμιος 72% των demi-pliers και μέσος γαστρ. 42% των demi-pliers. Οπίσθιοι μηρ. είχαν δράση σε μέσον στο 23% των demi-pliers. Μέγας γλουτιαίος και προσαγωγοί είχαν δράση σε μέσον στο 68% και 70% όλων των demi-pliers. Για έσω έξω πλατύ δεν υπήρχε σημαντική διαφοροποίηση: η δράση του υπήρχε και στις 3 φάσεις σχεδόν σε όλες συνολικά τις επαναλήψεις demi-plier. Στο 60% των demi-pliers οπίσθιοι μηριαίοι δράση σε πάνω φάση μεγαλύτερη από μέσον. Δράση προσαγωγών σε πάνω φάση εμφανίστηκε μόνο στο 58% των demi-plier.</p>	<p>μπάρα. Οι μπαλαρίνες εμφανίζουν μεγαλύτερη έξω στροφή και υπερέκταση γόνατος, άρα μειωμένη προσθιοπίσθια επιφάνεια, άρα αυξημένη τάση για ορθοστατική ταλάντωση που οδηγεί σε αυξημένη δράση οπίσθιων (γάμπα και οπίσθιοι μηρ.) και προσθίων (πρόσθιος κνημιαίος και τετρακέφαλος) μυών κάτω άκρου. Ενώ του μοντέρνου που δεν έχουν τόσο έξω στροφή και υπερέκταση είχαν αυξημένη δράση μέσου γαστροκνημίου, άρα στεκόντουσαν με σχετική πρόσθια κλίση. Λόγω της αυξημένης έξω στροφής αλλάζει και ο προσανατολισμός των μυών, άρα έχουμε διαφορετικές μυϊκές ενεργοποιήσεις μεταξύ των γκρουπ και μεταξύ διαφορετικών μυών. Σε έξω στροφή ο πλ.γαστρ. βρίσκεται πίσω και ο μέσος γαστρ. μπροστά σε σχέση με ανατομική θέση., άρα μπορεί να υπάρχουν αλλαγές σε EMG δράση λόγω της αλλαγής του προσανατολισμού. Η αυξημένη δράση του μέσου γαστρ. μπορεί να οφείλεται και σε electrical cross-talk από άλλους μύες του μέσου ποδιού όπως οπίσθιος κνημιαίος, μακρό καμπήρα δακτύλων. Παρατηρήθηκε ενεργοποίηση των έσω-έξω πλατύ πριν το ξεκίνημα του demi-plier και μείωση αυτής κατά την έναρξή του σε πολλές επαναλήψεις και των 2 γκρουπ, άρα θα μπορούσε να αποτελέσει πρόβλεψη της κίνησης. Δε συνέβη όμως σε όλες τις επαναλήψεις και συνέβη και στα 2 γκρουπ άρα συνδέεται με παράγοντες όπως η ισορροπία, η στάση, συνήθεια, προσωπική τεχνική και όχι με το είδος προπόνησης.</p>
--	--	--	--	--	--	--

<p>Gorwa, Joanna Kabacinski, Jaroslaw Murawa, Michal Fryzowicz, Anna - 2020</p>	<p>On the track of the ideal turnout: Electromyographic and kinematic analysis of the five classical ballet positions.</p>	<p>HER --&gt; hip external rotation HIR --&gt; hip internal rotation GRG --&gt; greater rotation group LRG --&gt; lesser rotation group</p>	<p>14 μπαλαρίνες προεπαγγελματικού επιπέδου, 11-16 χρονών. Χωρίστηκαν σε 2 ομάδες αναλόγως με το ποσοστό αμφίπλευρης έξω στροφής ισχίου. Τα 2 γκρουπ χωρίστηκαν σε αυτούς πάνω και αυτούς κάτω του συνολικού μέσου όρου HER.</p>	<p>Να ορισθούν διαφορές EMG και κινηματικές παράμετροι στις 5 βασικές ποζισιόν μπαλέτου ανάμεσα σε 2 ομάδες ατόμων με μεγαλύτερη και μικρότερη HER.</p>	<p>Ο μέσος όρος HER των χορευτών βρέθηκε μετά από μετρήσεις με το γωνιόμετρο. EMG σε οσφυϊκό ορθοτήρα κορμού, ορθό κοιλιακό, μείζων γλουτιαίο, ραπτικό, μακρό προσαγωγό, ορθό μηριαίο, έσω/έξω πλατύ, μακρά κεφαλή δικέφαλου μηριαίου, ημιτενοντώδη, πρόσθιο κνημιαίο, μακρό περνιαίο, έσω/ έξω γαστροκνήμιο. Τοποθετήθηκαν 19 markers κινητικής ανάλυσης στον καθένα. Αξιολογήθηκαν HER, KER, FPA, με χρήση 8 καμερών.</p>	<p>1η-2η ποζισιόν: μεγαλύτερη γωνία KEP στο GRG. Μεγαλύτερο EMG σε GRG για rectus abdominis, gluteus maximus and sartorius (1η) και rectus abdominis (2η). 2η-3η: διαφορές σε HER αρ., και για rectus abdominis, gluteus maximus, tibialis anterior and fibularis longus, αναλόγως ομάδα. Μεταξύ μπρος-πίσω ποδιού, επίδραση μεταξύ HER, KER και FPA left, και erectorspinae, gluteus maximus, sartorius, biceps femoris, semitendinosus, rectus femoris, vastus lateralis, vastus medialis, lateralis gastrocnemius, medialis gastrocnemius and tibialis anterior. μεγαλύτερες γωνίες 1. Στο LRG &gt; γωνίες HEP αριστερά 2. στο μπροστά απ' ότι στο πίσω για GRG στην HER, KER, FPA. και στο LRG για HER, KER. 4η: όχι σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ ομάδας - ποδιού. Μεγαλύτερες τιμές για 1. GRG σε KER, FPA, 2. HER αρ. στο GRG, 3. μπροστά πόδι για GRG σε HER αρ. και KER και για LRG σε KER, 4. πίσω πόδι για LRG σε FPA. Μεγαλύτερο EMG: 1. σε GRG για rectus abdominis and rectus femoris, σε LRG για erector spinae, biceps femoris, 2. semitendinosus, adductor longus, vastus medialis and fibularis longus, 3. σε μπροστά πόδι για GRG για LG - MG, και σε LRG για sartorius, adductor longus, rectus femoris, lateral gastrocnemius, medial gastrocnemius and tibialis anterior. 5η: Το γκρουπ επηρέασε πολύ την HER και τους rectus abdominis, gluteus maximus, adductor longus, vastus medialis, tibialis anterior and fibularis longus. Όχι συσχέτιση μεταξύ γκρουπ και θέσης ποδιών.</p>	<p>1. Γκρουπ με greatest passive HER ενεργοποιούσε &gt; κοιλιακούς. Οι κοιλιακοί σταθεροποιούν τον κορμό και περιορίζουν την πρόσθια κλίση λεκάνης που είναι δυσμενής για το turnout. 2. Το γκρουπ με lesser passive HER ενεργοποιούσε &gt; ορθοτήρα του κορμού -&gt; σε όρθια στάση ορθοτήρας αυξάνει πρόσθια κλίση λεκάνης οπότε καλύτερη έξω στροφή του κάτω άκρου, ώστε να αντισταθμίσει το ελλειπές ROM. 3. Το greater rotation group μεγαλύτερη ενεργοποίηση σε επιφανειακούς έξω στροφείς ισχίου, μείζων γλουτιαίο και ραπτικό (και στα δύο πόδια) σε όλες τις ποζισιόν. Αντίθετα στο lesser rotation group στις ασύμμετρες ποζισιόν, υπήρχε λιγότερη δραστηριότητα μείζων γλουτιαίου και ραπτικού στο μπροστά πόδι σε σχέση με το πίσω. 4. Παρόλο που η πρόσθια κλίση λεκάνης επιτρέπει καλύτερη έξω στροφή, είναι μηχανικά συνδεδεμένη με αυξημένη οσφυϊκή λόρδωση. 5. Σε LRG &gt; ενεργοποίηση μακρού περνιαίου και πρόσθ. κνημιαίου στην πδκ, άρα βεβιασμένη έξω στροφή. 6. Έξω πλατύς, έσω πλατύς, ορθός μηριαίος, δικέφαλος μηριαίος, ημιτενοντώδης, μακρός προσαγωγός δεν είχαν σημαντικές διαφορές αφού ρόλος τους στο εγκάρσιο επίπεδο μικρός. Για τον ίδιο λόγο μικρή διαφορά σε EMG των GM και GL ανάμεσα στα 2 γκρουπ, αφού δρουν κυρίως στο οβελιαίο επίπεδο κίνησης του γονάτου και της πδκ. 7. Μεγαλύτερη εμπειρία δεν σήμαινε και σωστή ποζισιόν. Όσες είχαν μεγαλύτερη εμπειρία ανήκαν στο lesser group, με λάθος βεβιασμένη έξω στρ.. 8. Απαιτήσεις του μπαλέτου είναι συγκεκριμένες: σωστή σωματική ευθυγράμμιση, αναλογίες, στάση, ευλυγισία σπονδυλικής στήλης, διαμόρφωση ποδιών, ROM, χάρη και αρμονία κίνησης αλλά και προδιαθέσεις όπως η εκ φύσεως έξω στρ του ισχίου. 9. Έντονη προπόνηση τα 10-&gt; συγκεκριμένη δομή και εμφάνιση του μυοσκελετικού συστήματος]. 10. EMG μοτίβα βλέπουμε σε όλα τα γκρουπ και ποζισιόν αλλά κινηματικές διαφορές φαίνονται μόνο σε ασύμμετρες ποζισιόν. Lesser rotation GROUP-&gt; εκτείνοντες κορμού, πρόσθιος κνημιαίος, μακρός περνιαίος (ενεργοποιούνταν περισσότερο στις ποζισιόν). Greater rotation group-&gt; ορθός κοιλιακός, μείζων γλουτιαίος. Άρα για lesser passive HER-&gt; βεβιασμένη έξω σ. 11. Διαφορετικά μοτίβα EMG για έξω στροφή μπορεί να συνδέονται με ευπάθεια σε συγκεκριμένες περιοχές. Περισσότερες και πιο μακροσκελείς έρευνες χρειάζονται.</p>
---	--	---	--	---	---	---	---

**Πίνακας 3.** Αποτελέσματα ερευνών σχετικών με σχέση εμβιομηχανικών παραμέτρων με τραυματισμούς.

Συγγραφείς - έτος	Τίτλος	Συντομογραφίες	Συμμετέχοντες	Σκοπός	Εργαλεία-Μεθοδολογία	Αποτελέσματα	Συμπέρασμα
Hande Guney, Defne Kaya, Caglar Yilgor, Murat Cilli, Serdar Arıtan, İnci Yuksel, Mahmut Nedim Doral - 2013	Semitendinosus snapping: analysis of movement, electromyographic activities, muscle strength and endurance, motor control and joint position sense	LCS -->Local Coordinate System JPS-->joint position sense BF -->Biceps Femoris ST -->semitendinosus MRI -->Magnetic resonance imaging SS --> semitendinosus snapping	19χρονή μπαλαρίνα με ιστορικό κριγμού - ολίσθησης ημιτενοντώδους (semitendinosus snapping - SS) 2 ετών. Κανένα ιστορικό τραυματισμού και θεραπείας. Δεν εμφανίζει πόνο σε καθημερινές δραστηριότητες.	Να αναλυθεί κίνηση κατά τη διάρκεια snapping και να ερευνηθεί πως το φαινόμενο snapping του τένοντα επιδρά σε μυϊκή δύναμη και αντοχή, σε ηλεκτρομυογραφικές δραστηριότητες, στην αίσθηση θέσης της άρθρωσης και στον έλεγχο της κίνησης.	Μετρήθηκαν: εύρος τροχιάς γονάτου και ισχίου, τάση οπίσθιων μηριαίων, γαστροκνημίου, τείνων την πλατεία περιτονία και τετρακέφαλου, η γωνία Q και το μήκος των κάτω άκρων. MRI και προσθιοπίσθια και πλάγια ραδιογραφήματα γονάτου. Κινηματική ανάλυση κατώτερου σώματος. LCS που μας επιτρέπει να υπολογίζουμε ευθυγράμμιση ανώτερου-κατώτερου ποδιού. Ηλεκτρομυογραφία σε BF, ST με παλμογράφο 2 καναλιών. Μετρήθηκε διαφορά έναρξης σύσπασης BF και ST. Αξιολογήθηκε έλεγχος κίνησης σε σύγκεντρη και έκκεντρη. Μυϊκή αντοχή με squat σε οριζόντιο μηχανήμα. Μυϊκή δύναμη και μέσος όρος μέγιστης ροπής και διαφορά ροπής υπολογίστηκαν. Μέτρηση αίσθησης θέσης άρθρωσης και υπολογισμός σφάλματος σε ανάλογη δοκιμασία.	Όχι διαφορά σε γωνία Q, ROM ισχίου και πδκ, και ελαστικότητα καμπτήρων γονάτων. Όχι τάση σε οπίσθιους μηριαίους, τετρακέφαλο, τείνων την πλατεία περιτονία και γαστροκν. σε κανένα πόδι. Όχι διαφορά μήκους. Όχι διαφορά απλών ραδιογραφημάτων. Ραδιογραφική γωνία Q και και πρόσθια ολίσθηση κνήμης παρόμοια μεταξύ ποδιών. MRI συμπτωμ. γονάτου-> όχι ενδοαρθρικές/έξωαρθρικές παθολογίες, πάχος ημιτενοντώδους και ισχνού κανονικό. Ανάλυση κίνησης: διάρκεια για snapping γόνατο να κάνει πλήρη έκταση 82% > από το άλλο γόνατο, αλλά χρόνος από έκταση->υπερέκταση 18% λιγότερος. Κίνηση υγιούς πλευράς απαλή ενώ άλλης πλευράς με γωνιακές ταλαντώσεις, με μεγαλύτερες γωνιώσεις μεταξύ έκτασης-υπερέκτασης. EMG: πολύ αργότερη δραστηριοποίηση των BF και ST σε IR, ER, neutral position για snapping knee (20 ms, 33 ms, 43 ms για snap. και 3 ms, 2 ms 7 ms για υγιές) και ST πιο γρήγορος από BF. Σφάλμα παρακολούθησης τροχιάς 2,6 φορές υψηλότερο σε snap. side και σε σύγκεντρες και σε έκκεντρες. Παρόμοιες μέγιστες ροπές σε οπισθ. μηριαίους και τετρακέφαλο στις 60°/s και 180°/s. λειτουργική αντοχή όχι διαφορές μεταξύ ποδιών. Έλλειμα αίσθησης θέσης της άρθρωσης 2.5 φορές μεγαλύτερο σε snap. side.	snar. Γόνατο μεγαλύτερο έλλειμα σε έλεγχο κίνησης και JPS και ανισοροπία έναρξης ST και BF--> στενή σχέση μεταξύ αισθητικού συστήματος και ελέγχου κίνησης. Μεγαλύτερες ταλαντώσεις μεταξύ έκτασης και υπερέκτασης στο snap. Άρα η υπερέκταση ωθεί σε snap. και επιβεβαιώνεται πως η υπερέκταση δρα αρνητικά σε τένοντα ημιτενοντώδους. Snapping tendon προκαλεί νευρομυϊκές βλάβες. διαφορές σε ξεκίνηση ST και BF προκαλεί snapping tendon και σχετικό με βλάβη κινητικού συστήματος. Όχι διαφορές σε μυϊκή δύναμη και αντοχή αλλά μπορεί το έλλειμα σε JPS, έλεγχο κίνησης και EMG μπορεί να τα επηρεάσει αρνητικά στο μέλλον. Άρα αφού το snap. semitend. tendon επηρεάζει νευροκινητικό σύστημα χρειάζεται χειρουργική αντιμετώπιση.

<p>Nunes, Guilherme S. Tessarín, Bruna Mariana Scattone Silva, Rodrigo Serrão, Fábio Viadanna - 2019</p>	<p>Relationship between the architecture and function of ankle plantar flexors with Achilles tendon morphology in ballet dancers</p>	<p>AT--&gt; Achilles tendinopathy</p>	<p>27 χορευτές μπαλέτου (και των 2 φύλων) 15-35 ετών, χόρευαν τουλάχιστον 1φ./εβδ. Τον τελευταίο 1 χρόνο, εμπειρία σε πουέντ, όχι μωσκ. τραυμ. τους τελευταίους 6 μήνες, όχι χειρουργείο σε κάτω άκρα, όχι μωσκ./νευρ. πρόβλημα</p>	<p>Αν υπάρχει σχέση μεταξύ: 1. μορφολογίας Αχιλλείου, 2. αρχιτεκτονικής γαστροκνημίου και 3. λειτουργίας πελματιαίων καμπτήρων (δύναμη, ευλυγισία, αντοχή) σε χορευτές μπαλέτου.</p>	<p>Μετρήθηκαν: 1. πάχος και ηχογένεια Αχιλλείου και πάχος, γωνία κλίσης, μήκος δεσμιδών γαστροκνημίου με υπέρηχο. 2. ροπή πελμ. καμπτήρων με δυναμόμετρο χειρός. 3. ελαστικότητα γαστροκνημίου. 4. μυϊκή αντοχή σε ενεργητική άσκηση κόπωσης συνεχόμενης πελματιαίας-ραχιαίας σε όρθια στάση.</p>	<p>σημαντική σχέση μεταξύ: 1. ροπής πελμ. καμπτήρων και πάχος γαστροκν. + πάχος Αχιλλείου, 2. ροπής πελμ. Καμπτήρων + ηχογένεια Αχιλλείου</p>	<p>Συσχέτιση μεταξύ: λειτουργίας και μορφολογίας πελματιαίων καμπτήρων + δομή Αχιλλείου. Αφού πελμ. Καμπτ. Σημαντικοί για δομή Αχ. Τότε ίσως ενδυνάμωση καμπτήρων να αποτρέπει ΑΤ σε χορευτές μπαλέτου --&gt; κι άλλες έρευνες. Πιθανόν αυξημένο πάχος Αχ.-&gt; risk factor-&gt; κι άλλες έρευνες. Εξετάστηκε μόνο ο γαστρ. από το triceps surae άρα δεν ξέρουμε ακριβώς πως κατανέμονται τα φορτία στον Αχιλλείο. Παρατηρήθηκαν δομικές αλλαγές και μειωμένη ηχογένεια σε υπερφορτωμένους τένοντες. Άρα: αυξ. δύναμης μυών ίσως πιο σημαντικό από άλλους παράγοντες όπως αρχιτεκτονική μυών, ευλυγισία + αντοχή δε δείχνουν να έχουν σχέση με δομή τένοντα άρα και με φορτία, χρειάζονται μελέτες για επιπτώσεις μυϊκής δραστ. + κόπωσης σε δομή τένοντα.</p>
--	--	---------------------------------------	---	--	---	---	--

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

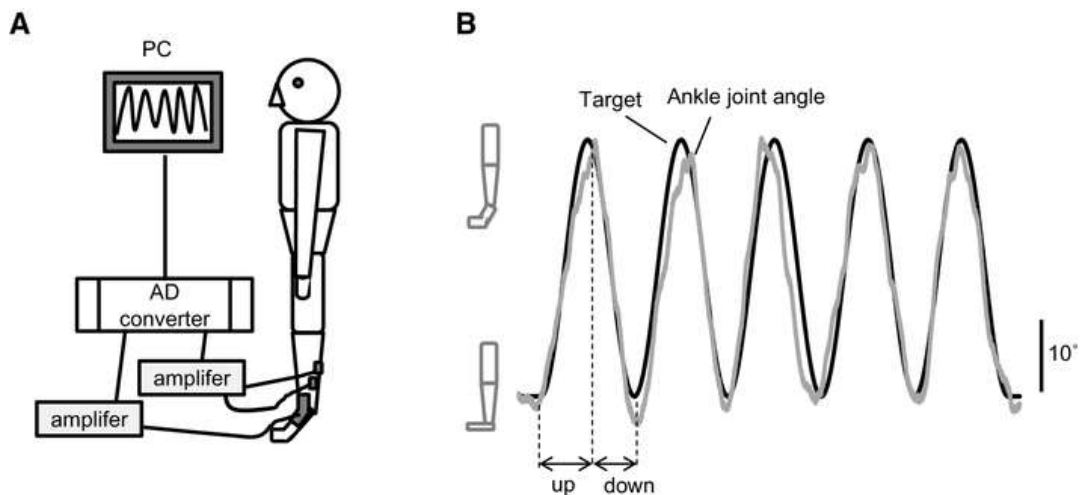


(α)

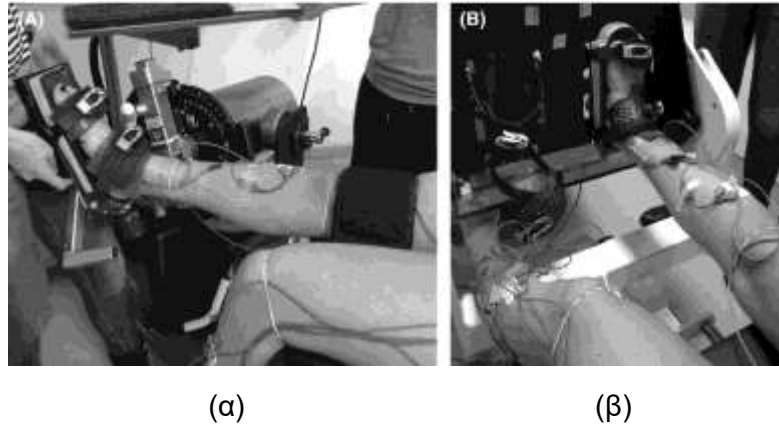


(β)

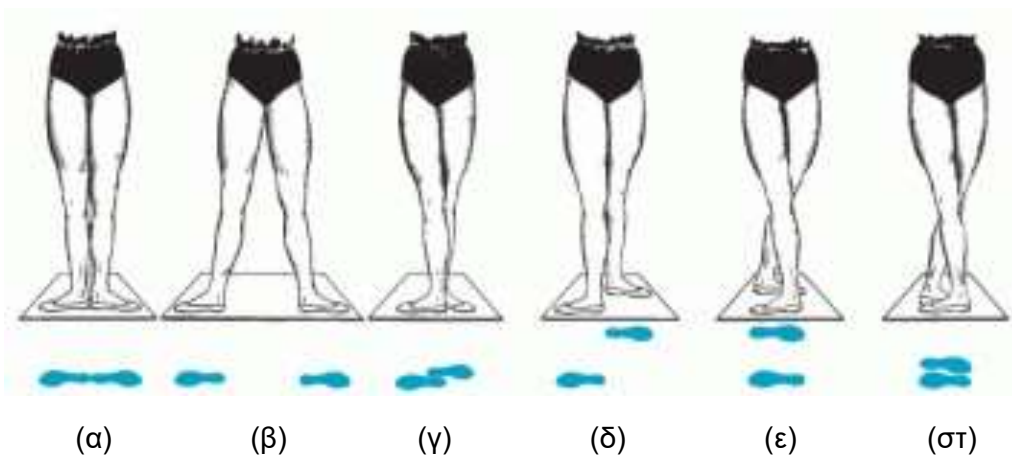
**Εικόνα 1.** (α) μονοποδική στήριξη σε πουέντ (pointe shoes), (β) μονοποδική στήριξη χωρίς πουέντ, σε μαλακά υποδήματα.



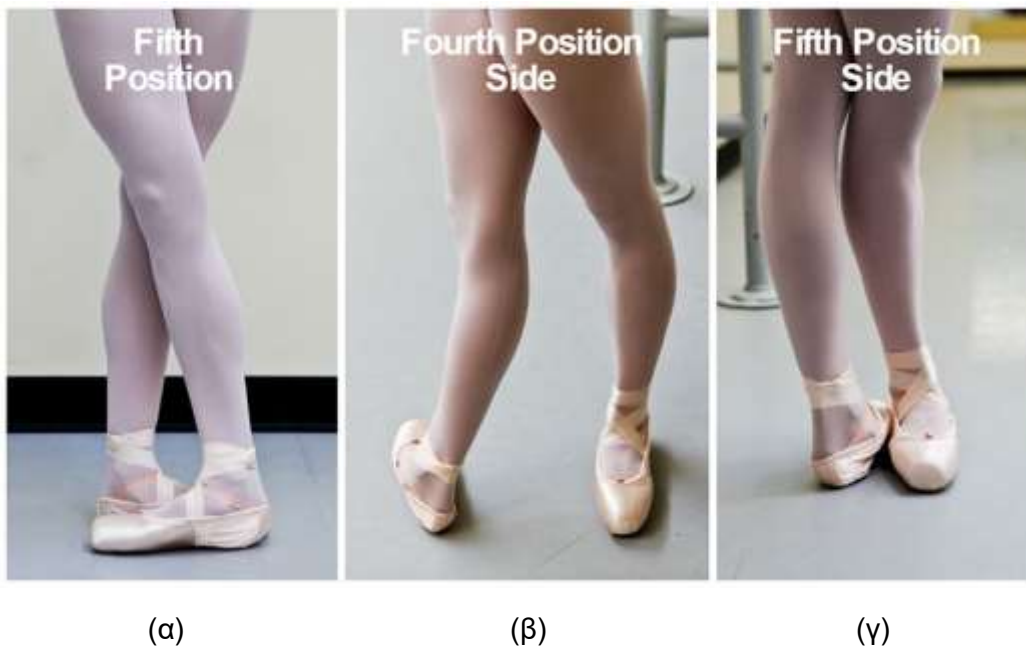
**Εικόνα 2.** Δοκιμασία πελματιαίας-ραχιαίας κάμψης πάνω σε δυναμοδάπεδο με ταυτόχρονη χρήση ηλεκτρομυογράφου.



**Εικόνα 3.** Δοκιμασία σε ισκινητικό δυναμόμετρο με ταυτόχρονη χρήση ηλεκτρομυογράφου: **(α)** ισκινητική μέτρηση, **(β)** ισομετρική μέτρηση.

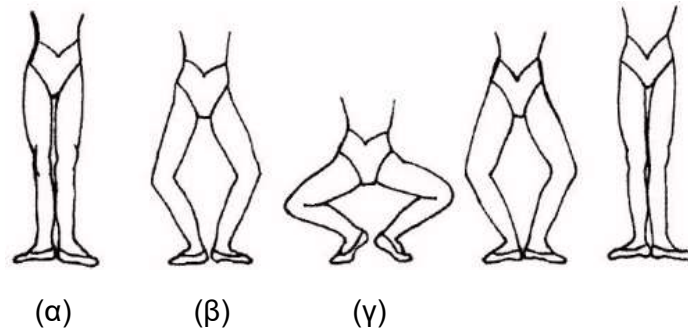


**Εικόνα 4.** **(α)** 1<sup>η</sup> ποζισιόν, **(β)** 2<sup>η</sup> ποζισιόν, **(γ)** 3<sup>η</sup> ποζισιόν, **(δ,ε)** 4<sup>η</sup> ποζισιόν, **(στ)** 5<sup>η</sup> ποζισιόν.



**Εικόνα 5.** **(α)** και **(γ)** 5<sup>η</sup> ποζισιόν από πρόσθια και πλάγια όψη αντιστοίχως, **(β)** 4<sup>η</sup> ποζισιόν από πλάγια όψη.





**Εικόνα 6.** (α) όρθια στάση σε 1<sup>η</sup> ποζισιόν (αρχή δοκιμασίας), (β) demi-plié – όχι μέγιστη κάμψη ισχίου, γόνατος και ποδοκνημικής, (γ) grand-plié – μέγιστη κάμψη των αρθρώσεων.



**Εικόνα 7.** Αυξημένη πελματιαία κάμψη ποδοκνημικής άρθρωσης σε χορεύτρια κλασσικού χορού.



**Εικόνα 8.** Αυξημένη υπερέκταση γόνατος σε χορεύτρια κλασσικού χορού.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο κλασικός χορός αποτελεί ένα συνδυασμό αθλητικής και καλλιτεχνικής δραστηριότητας. Οι υψηλές σωματικές απαιτήσεις του δεν προκύπτουν μόνο από τον αθλητικό του χαρακτήρα, αλλά και από την αισθητικότητα που απαιτείται στις κινήσεις του σώματος, ως ένα είδος τέχνης (Hincapié et al., 2008). Η αισθητικότητα, ως αναπόσπαστο κομμάτι του χορού, δεν αφήνει πολλά περιθώρια για αλλαγές στην τεχνική εκτέλεσης των βημάτων (Kulig et al., 2011). Η προπόνησή του αποτελείται, μεταξύ άλλων, από συνεχόμενες διατάξεις (βαλλιστικές ή στατικές) που εκθέτουν τις αρθρώσεις σε ακραίες θέσεις παρατεταμένα και επαναλαμβανόμενα, πολλαπλά και πολλά είδη αλμάτων που ξεκινάνε ή/και καταλήγουν σε μονοποδική ή διποδική στήριξη, υψηλή φόρτιση των αρθρώσεων κάτω άκρων και ειδικότερα της ποδοκνημικής και του τάρσους, κυρίως όταν η προπόνηση γίνεται με τα ειδικά υποδήματα του μπαλέτου, τις πουέντ (εικ.1). Συχνή είναι λοιπόν, η εμφάνιση τραυματισμών, μεταξύ άλλων και μυοσκελετικών στους χορευτές, με τους τραυματισμούς υπέρχρησης κάτω άκρων να αποτελούν την πλειονότητα (Hincapié, Morton and Cassidy, 2008);(Sobrino and Guillén, 2017);(Leanderson et al., 2011);(Nunes et al., 2019). Οι Smith et al., 2015 έδειξαν μάλιστα πως οι ερασιτέχνες χορευτές εμφανίζουν υψηλότερο ποσοστό τραυματισμών υπέρχρησης σε σχέση με τους επαγγελματίες.



(α)



(β)

**Εικόνα 1. (α)** μονοποδική στήριξη σε πουέντ (pointe shoes), **(β)** μονοποδική στήριξη χωρίς πουέντ, σε μαλακά υποδήματα.

### *ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΕΙΔΟΣ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΩΝ ΣΤΟΝ ΚΛΑΣΣΙΚΟ ΧΟΡΟ*

Οι υψηλές απαιτήσεις δύναμης, ευλυγισίας και αισθητικής του μπαλέτου είναι επόμενο να επηρεάζουν τη μυοσκελετική υγεία του/της χορευτή/τριας. Μία επιδημιολογική και δύο συστηματικές ανασκοπήσεις σχετικές με τους μυοσκελετικούς τραυματισμούς του κλασικού χορού συνοψίζουν αποτελέσματα μεγάλου αριθμού ερευνών έως το 2015. Οι Smith et al., 2015 μελέτησαν τη συχνότητα και τον επιπολασμό των μυοσκελετικών τραυματισμών σε ερασιτέχνες και επαγγελματίες χορευτές/τριες, διαφόρων ηλικιών και επιπέδων. Οι πληροφορίες αντλήθηκαν από θεραπευτικές, προγνωστικές και διαγνωστικές μελέτες. Η συχνότητα των τραυματισμών φάνηκε μεγάλη με πρωταγωνιστή τα κάτω άκρα. Στους

ερασιτέχνες η συχνότητα ήταν 0,99 και 1,09 τραυματισμοί ανά 1000 διδακτικές ώρες σε άντρες-γυναίκες αντιστοίχως, με το 75% αυτών λόγω υπέρχρησης. Στους επαγγελματίες τα ποσοστά ήταν 1,06 και 1,46 τραυματισμοί ανά 1000 διδακτικές ώρες σε άντρες-γυναίκες αντιστοίχως, με τους τραυματισμούς υπέρχρησης να αποτελούν το 64% στις γυναίκες και το 50% στους άντρες. Το υπόλοιπο 50% στους άντρες αποτελούσε οξείες τραυματισμούς.

Όσον αφορά την επιδημιολογία, η αρθρογραφία δεν είναι επαρκής. Σε αυτήν επικεντρώθηκαν περισσότερο οι Caine et al., 2015, συγκεντρώνοντας τα τελευταία δεδομένα της ανάμεσα σε χορευτές/τριες προ-επαγγελματικού επιπέδου. Για άλλη μία φορά φαίνεται πως τα κάτω άκρα έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό τραυματισμών (69,0% - 91,1%) με το κεφάλι, τη σπονδυλική στήλη και τον κορμό να ακολουθούν σε ποσοστό 4,6% - 24,0%. Πιο συγκεκριμένα στο κάτω άκρο το πέλμα και τα δάχτυλα παρουσιάζουν τους περισσότερους τραυματισμούς με ποσοστό 13,1% - 33,0%. Ακολουθούν το ισχίο, η ποδοκνημική και το γόνατο με λίγο μικρότερα αλλά εξίσου αξιόλογα ποσοστά. Στην περιοχή του κορμού και της κεφαλής, συχνότεροι είναι οι τραυματισμοί του αυχένα. Τα είδη των τραυματισμών είναι κυρίως εξάρθρωσεις, διαστρέμματα και τραυματισμοί υπέρχρησης, όπως τενοντίτιδα. Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται σε έρευνες για τενοντοπάθεια Αχιλλείου (Nunes et al., 2019b) και μηχανική οσφυαλγία, ως οι πιο συχνές δυσλειτουργίες στις αντίστοιχες περιοχές. Έχει εκτιμηθεί πως το 60%-80% των χορευτών/τριών κλασσικού χορού έχουν ιστορικό σπονδυλικού τραυματισμού (Caine et al., 2015). Ο συνδυασμός συνεχών κάμψεων, εκτάσεων και στροφών στη σπονδυλική στήλη οδηγεί σε κατάγματα κοπώσεως των οπίσθιων στοιχείων των σπονδύλων. Τα άνω άκρα δεν προσβάλλονται συχνά. Με ποσοστό 3% - 9.5%, οι τραυματισμοί τους εμφανίζονται κυρίως σε άντρες διότι ο ρόλος τους απαιτεί να σηκώνουν τις παρτενέρ τους (Caine et al., 2015). Οι παράγοντες κινδύνου ποικίλουν και σίγουρα σχετίζονται σε μεγάλο βαθμό με την ηλικία, την ανάπτυξη, το ιστορικό τραυματισμών. Σε μελέτη 38 περιπτώσεων εξάρθρωσης κατά τη διάρκεια χορογραφίας, σε 33 χορευτές (άντρες και γυναίκες), το 43,8% αυτών συνέβη μετά από προσγείωση από κάποιο άλμα ή μικρό πήδημα (Hiller et al., 2008).

Οι Smith et al., 2016 επίσης μελέτησαν τον επιπολασμό και το είδος των τραυματισμών στον κλασσικό χορό. Σύμφωνα με τους παραπάνω τα περισσότερα μυοσκελετικά προβλήματα περιλάμβαναν τραυματισμό του ιγνυακού τένοντα (51% επιπολασμός), τενοντοπάθειες μυών που συμμετέχουν στην κίνηση της ποδοκνημικής (19% επιπολασμός) και γενικευμένη οσφυαλγία (14% επιπολασμός). Υψηλά ποσοστά επιπολασμού παρουσίασαν στους επαγγελματίες το συμπιεστικό κάταγμα μεταταρσίων (63%), το συμπιεστικό κάταγμα κνήμης (22%) και ο σπασμός γλουτιαίων και ισχιακών μυών (13%). Εδώ δεν βρέθηκε κάποια αντίστοιχη υψηλή αναλογία για παθολογίες σε προ-επαγγελματικό επίπεδο. Με κριτήριο την περιοχή που τραυματίζεται πιο συχνά, ο επιπολασμός ήταν 30% για οσφυϊκή μοίρα, 24% για αυχενική μοίρα και 19% για πέλμα και δάχτυλα, σε επαγγελματίες. Σε προ-επαγγελματικό επίπεδο πιο συχνά δείχνει να τραυματίζεται η περιοχή του πέλματος και των δαχτύλων (29%) και ακολουθεί το γόνατο (17%). Τα αποτελέσματα αφορούν περιόδους συστηματικής προπόνησης των χορευτών. Οι πληροφορίες για επιδημιολογία και είδος χρόνιων παθήσεων σε χορευτές/τριες που έχουν αποσυρθεί είναι ελάχιστες και όχι τόσο πρόσφατες. Ωστόσο έχει γίνει αναφορά για αυξημένη πιθανότητα και συχνότητα οστεοαρθρίτιδας.

#### *ΣΗΜΑΣΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ*

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα των παραπάνω προσφάτων ανασκοπήσεων, προκύπτει πως οι τραυματισμοί υπέρχρησης, οι χρόνιοι αλλά και οι οξείες τραυματισμοί αποτελούν αναπόσπαστο και πολύ συχνό φαινόμενο κατά την επαγγελματική ή ερασιτεχνική ενασχόληση με τον κλασσικό χορό. Η τεχνική του απαιτεί επαναλαμβανόμενη φόρτιση, κυρίως κάτω άκρων, σε ακραίες θέσεις και υψηλά επίπεδα εύρους τροχιάς σε όλες τις αρθρώσεις. Η αυξημένη και συνεχόμενη τάση και φόρτιση θυλακοσυνδεσμικών και μυοτενόντιων στοιχείων επόμενο είναι να προκαλεί αλλαγές στις μορφολογικές και μηχανικές τους ιδιότητες (Simpson et al., 2017).

Σύμφωνα με τους Simpson et al., 2017 η επαναλαμβανόμενη διάταση του γαστροκνημίου μπορεί να προκαλέσει αύξηση μήκους των μυϊκών δεσμίδων (fascicle length) και πάχυνση του μυ. Διαφορετικά επίπεδα ευλυγισίας προκαλούν και διαφορετικές νευρομυϊκές απαντήσεις σε διατακτικές ασκήσεις. Οι Blazevich et al., 2012 ανακάλυψαν πως τα άτομα με μεγαλύτερο εύρος τροχιάς κίνησης εμφανίζουν μεγαλύτερη επιμήκυνση του τένοντα κατά τη διάταση σε μέγιστο εύρος κίνησης, συγκριτικά με λιγότερο ευλύγιστα άτομα. Η αυξημένη ευλυγισία οδηγεί επίσης και σε αλλαγές στην αναλογία γωνίας-ροπής κατά την κίνηση. Ομάδα αθλητριών ρυθμικής γυμναστικής κατά τη δοκιμασία κάμψης γόνατος σε ισοκινητικό δυναμόμετρο, εμφάνισε τιμές μέγιστης ροπής σε πιο μεγάλες γωνίες, δηλαδή σε θέσεις που το γόνατο ήταν πιο εκτεταμένο και οι μύες πιο επιμηκυμένοι, σε σχέση με άλλου είδους αθλήτριες (χάντμπολ, ποδόσφαιρο) (Moltubakk et al., 2016).

Σε πρόσφατη συστηματική ανασκόπηση βρέθηκε πως κατά την προπόνηση με άλματα η κόπωση επηρεάζει σημαντικά τις εμβιομηχανικές παραμέτρους (Jayalath et al., 2018). Παρατηρήθηκαν αλλαγές σε κινηματικές και κινητικές παραμέτρους της ποδοκνημικής άρθρωσης κυρίως κατά τη φάση της προσγείωσης, ύστερα από κόπωση. Οι αλλαγές αυτές επόμενο είναι να προκαλούν μηχανικές τροποποιήσεις και σε εγγύτερες αρθρώσεις όπως γόνατο και ισχίο και συχνά να αποτελούν αίτια τραυματισμών. Η προπόνηση και το ρεπερτόριο του κλασσικού χορού αποτελείται από πολλά είδη αλμάτων τα οποία καταλήγουν συνήθως σε αυξημένη ραχιαία κάμψη ποδοκνημικής και κάμψη γόνατος και ισχίου. Η επιτυχημένη και λιγότερο επικίνδυνη μέθοδος προσγείωσης από ένα άλμα αποτελείται από γρήγορη αντίδραση της ποδοκνημικής, γρήγορη μυϊκή ενεργοποίηση και μεγαλύτερο ηλεκτρομυογραφικό σήμα και συνσύσπαση (Lee et al., 2012). Η κατάλληλη στρατηγική προσγείωσης, με τις κατάλληλες μυϊκές ενεργοποιήσεις και κινηματικά πρότυπα θα βοηθήσει, επομένως, στην αποφυγή τραυματισμών στο μπαλέτο.

Ευρύ, λοιπόν, πεδίο της αρθρογραφίας αποτελεί η μελέτη τροποποίησης μηχανικών και μορφολογικών ιδιοτήτων, λόγω επαναλαμβανόμενων προτύπων άσκησης. Πρότυπα όπως τα παραπάνω εμφανίζονται πολύ συχνά στο μπαλέτο και σε ακραίες συνθήκες. Τα άλματα, οι συνεχείς διατάσεις, οι διατάσεις σε ακραία επίπεδα εύρους τροχιάς, η επαναλαμβανόμενη φόρτιση αρθρώσεων ενώ βρίσκονται σε μέγιστο εύρος τροχιάς, είναι συνθήκες που δεν μπορούν να αποφευχθούν κατά τη διάρκεια της προπόνησης. Λογικό είναι επομένως, παρομοίου είδους μορφολογικές και μηχανικές αλλαγές να συμβαίνουν σε επαγγελματίες και ερασιτέχνες χορευτές. Ένα μέρος της αρθρογραφίας εξειδικεύεται στη συγκεκριμένη κατηγορία ατόμων και μελετάει τις παραμέτρους που προαναφέραμε σε χορευτές, είτε συγκρίνοντάς τες μεταξύ τους, είτε σε σχέση με άλλες ομάδες ατόμων.

### *ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΤΟΧΟΙ*

Σκοπός της συγκεκριμένης ανασκόπησης ήταν η συγκέντρωση και επεξεργασία των μελετών αυτών, ώστε να γίνει σύνοψη των υφιστάμενων επιστημονικών δεδομένων σχετικά με τις αλλαγές που μπορεί να επιφέρει η ενασχόληση με τον χορό στην εμβιομηχανική του σώματος και στις ιδιότητες των ανατομικών στοιχείων του. Μελετήθηκαν εμβιομηχανικές παράμετροι σε απλές δοκιμασίες κλασσικού χορού. Έγινε συσχέτιση των δεδομένων με πιθανούς τραυματισμούς και πρόληψη τραυματισμών στο μπαλέτο ενώ ταυτόχρονα εντοπίστηκαν κενά στην αρθρογραφία ώστε να δοθεί τροφή για μελλοντικές μελέτες.

# ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

## ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ

Στην ιστοσελίδα PubMed έγινε αναζήτηση, στο advanced search builder, δύο μορφών: η μία περιλάμβανε όλες τις παραμέτρους που είναι σχετικές με τη συγκεκριμένη θεματολογία και είχε την εξής συμβολοσειρά: (((((((((((biomechanic[Title/Abstract] OR (kinematic[Title/Abstract])) OR (kinetic[Title/Abstract])) OR (EMG[Title/Abstract])) OR (stability[Title/Abstract])) OR (strength[Title/Abstract])) OR (power[Title/Abstract])) OR (torque[Title/Abstract])) OR (center of pressure[Title/Abstract])) OR (electromyographic[Title/Abstract])) AND (dance[Title/Abstract])) OR (dancing[Title/Abstract])) OR (dancers[Title/Abstract]). Η δεύτερη περιλάμβανε μόνο δύο παραμέτρους, δηλαδή τις λέξεις ηλεκτρομυογράφημα και μπαλέτο: (electromyographic) AND (ballet). Στην αναζήτηση επιλέχθηκαν επίσης τα εξής φίλτρα: Full text, Books and Documents, Clinical Trial, Randomized Controlled Trial, Humans, English. Από το σύνολο των αποτελεσμάτων απορρίφθηκαν όσες έρευνες δεν ήταν σχετικές με την εμβιομηχανική μελέτη κάτω άκρων στο μπαλέτο. Από τις απόλυτα σχετικές, απορρίφθηκαν οι έρευνες για τις οποίες δεν βρέθηκε πρόσβαση σε ολόκληρο το κείμενό τους. Ύστερα, λοιπόν, από την παραπάνω επεξεργασία οι έρευνες που προέκυψαν τέθηκαν προς ανάλυση και σύγκριση.

## ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Τα δεδομένα από κάθε έρευνα συλλέχθηκαν σε ένα αρχείο του Microsoft Excel. Για κάθε μία καταγράφηκαν οι εξής πληροφορίες: συγγραφείς-έτος, τίτλος, συντομογραφίες, συμμετέχοντες, σκοπός, εργαλεία-μεθοδολογία, αποτελέσματα, συμπεράσματα.

## ΔΙΕΥΚΡΙΝΙΣΕΙΣ

Όπου αναφέρεται «έσω/μέσος γαστροκνήμιος» εννοείται η έσω κεφαλή του γαστροκνημίου και όπου αναφέρεται «έξω/πλευρικός/πλάγιος γαστροκνήμιος» εννοείται η έξω κεφαλή του γαστροκνημίου.

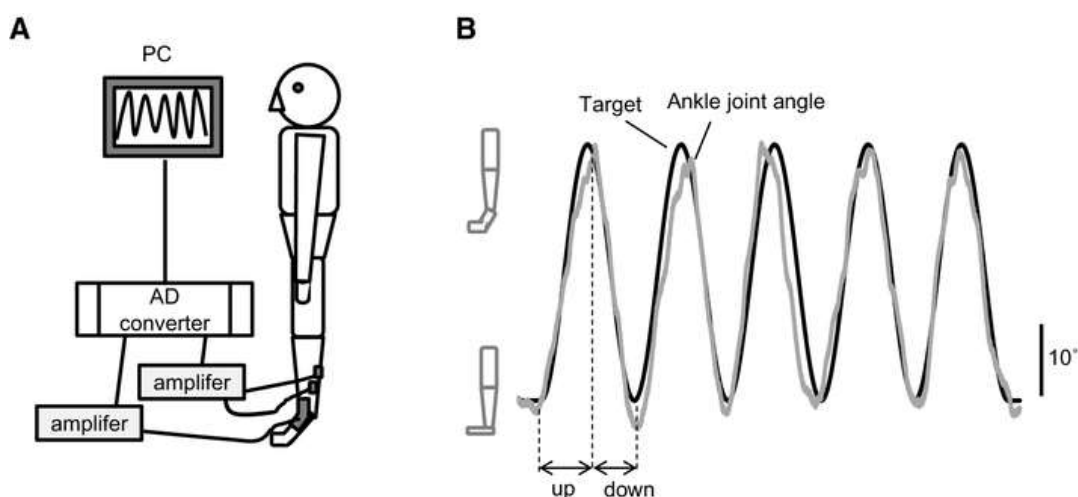
# ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

## ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΣΕ ΧΟΡΕΥΤΕΣ ΚΛΑΣΣΙΚΟΥ ΧΟΡΟΥ ΚΑΙ ΜΗ ΧΟΡΕΥΤΕΣ

Η εντατική προπόνηση, οι ιδιαίτερες θέσεις των αρθρώσεων και η συγκεκριμένη χρήση των μυών του κάτω άκρου που πηγάζουν από την τεχνική του μπαλέτου, είναι λογικό να προκαλούν διαφοροποιήσεις σε ιδιότητες των στοιχείων σε σχέση με άτομα άλλων αθλητικών δραστηριοτήτων ή άτομα που δεν αθλούνται. Βασικές ιδιότητες που διαφοροποιούνται είναι το παθητικό και ενεργητικό εύρος τροχιάς ορισμένων αρθρώσεων, η μυϊκή δύναμη και αντοχή

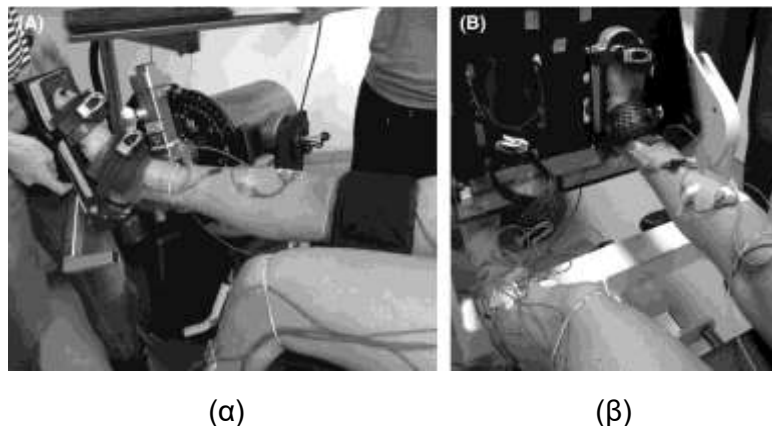
άρα και ροπή, το μήκος και το πάχος ανατομικών στοιχείων, η μυϊκή δραστηριοποίηση (Bennell et al., 1999; Moltubakk et al., 2018; Saito et al., 2018).

Οι Saito et al., 2018, αναφορικά με τον Πίνακα 1, χρησιμοποίησαν μια ομάδα γυναικών χορευτριών κλασικού χορού, όχι απαραίτητα επαγγελματιών, και ένα γκρουπ υγιών γυναικών που δεν αθλούνται συστηματικά. Η πρώτη ομάδα εμφάνισε μεγαλύτερη ενεργητική πελματιαία κάμψη κατά τη όρθια στάση «στις μύτες» των ποδιών (χωρίς πουέντ), με συνολικό εύρος τροχιάς ποδοκνημικής άρθρωσης 20% μεγαλύτερο σε σχέση με τη δεύτερη ομάδα. Η ελάχιστη γωνία ποδοκνημικής άρθρωσης, δηλαδή η γωνία στην φυσιολογική όρθια στάση δεν εμφάνισε σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων. Στη συνέχεια ζητήθηκε από τις γυναίκες να εκτελέσουν συνεχόμενη πελματιαία-ραχιαία κάμψη κατά τον ίδιο τρόπο πάνω σε δυναμοδάπεδο και ενώ είχαν συνδεδεμένο ηλεκτρομυογράφο σε έσω γαστροκνήμιο και υποκνημίδιο. Το σήμα του ηλεκτρομυογράφου καταγραφόταν σε μία οθόνη η οποία απεικόνιζε, σε στατικό ημιτονοειδές ίχνος 5 κύκλων, το εύρος πελματιαίας-ραχιαίας κάμψης του κάθε ατόμου. Ένας κέρσορας κινούνταν από τα αριστερά προς τα δεξιά πάνω στο ημιτονοειδές ίχνος και οι συμμετέχουσες καλούνταν να τον ακολουθήσουν εκτελώντας πελματιαίες-ραχιαίες κάμψεις σε τέσσερις διαφορετικές συχνότητες (εικ. 2). Οι χορεύτριες εμφάνισαν καλύτερη κινητική ικανότητα με μεγαλύτερη ακρίβεια κίνησης κατά τη διάρκεια όλης της δοκιμασίας, εμφανίζοντας μικρότερο σφάλμα μεταξύ του στόχου και της γωνίας της ποδοκνημικής άρθρωσης. Παρατηρήθηκαν διαφορές συχνότητας του υποκνημιδίου, γεγονός που πιθανώς υποδεικνύει διαφοροποιημένη κινητική δραστηριότητα των χορευτών. Η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των δύο αγωνιστών μυών ήταν γενικώς μεγαλύτερη κατά την πελματιαία κάμψη και ο μέσος όρος τους δεν διέφερε μεταξύ των ομάδων. Επίσης, για τον έσω γαστροκνήμιο έδειχνε να αυξάνεται όσο αυξανόταν η συχνότητα της δοκιμασίας. Άρα η καλύτερη κινητική ικανότητα και η μεγαλύτερη ακρίβεια κίνησης στη δοκιμασία δε συνδέεται με διαφορά στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα. Αξιοσημείωτη διαφορά μεταξύ των ομάδων ήταν μόνο η μέγιστη ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του υποκνημιδίου στα 10Hz συχνότητας, η οποία ήταν στατιστικά μεγαλύτερη κατά την ραχιαία κάμψη στην ομάδα ελέγχου από ότι στις χορεύτριες. Δεν υπήρξε όμως ανάλογη διαφορά για την ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του έσω γαστροκνημίου. Εξίσου ασήμαντες διαφορές εμφάνισαν οι δυνάμεις αντίδρασης εδάφους ανάμεσα στις ομάδες.



**Εικόνα 2.** Δοκιμασία παλματιαίας-ραχιαίας κάμψης πάνω σε δυναμοδάπεδο με ταυτόχρονη χρήση ηλεκτρομυογράφου.

Εκτός από την πελματιαία κάμψη, η ραχιαία φαίνεται, επίσης, να παρουσιάζει μεγαλύτερο εύρος τροχιάς στους χορευτές κλασσικού χορού σύμφωνα με τους Moltubakk et al., 2018. Σκοπός τους ήταν να ερευνήσουν αν η μυοτενόντια ένωση γαστροκνημίου-υποκνημιδίου (triceps surae MTU) παρουσιάζει μορφολογικές, μηχανικές και νευρολογικές διαφορές σε επαγγελματίες χορεύτριες μπαλέτου, οι οποίες υπόκεινται σε συνεχείς διατάσεις, συγκριτικά με γυναίκες χωρίς ιστορικό διατατικής προπόνησης (Πιν. 1.). Όλα τα άτομα είχαν παρόμοιο σωματικό βάρος, ύψος και μήκος γαστροκνημίου-υποκνημιδίου, ενώ οι μπαλαρίνες ήταν μεγαλύτερες ηλικιακά. Με χρήση υπερήχου βρέθηκε το μήκος δεσμίδων, η γωνία κατάφυσης και το πάχος του έσω γαστροκνημίου, υποκνημιδίου και Αχιλλείου τένοντα. Μετρήθηκε η φυσική γωνία πελματιαίας κάμψης αριστερά σε πρηνή θέση και τοποθετήθηκαν ηλεκτρόδια ηλεκτρομυογράφου σε έσω-έξω γαστροκνήμιο, υποκνημίδιο και πρόσθιο κνημιαίο. Μετρήθηκε επίσης παθητικά από εξεταστή το μέγιστο εύρος τροχιάς ραχιαίας κάμψης (maxROM) έως ότου το άτομο διαμαρτυρηθεί για πόνο, ο οποίος αξιολογούνταν από το ίδιο σε κλίμακα 0-10. Σε ισοκινητικό δυναμόμετρο μετρήθηκε η ροπή, με επαναλαμβανόμενη παθητική ραχιαία κάμψη από 10° πελματιαίας έως το maxROM, χωρίς καμία ενεργητική συμμετοχή, με ταυτόχρονη χρήση του ηλεκτρομυογράφου. Στη συνέχεια επαναλήφθηκε παθητικά η κίνηση αυτή με ταυτόχρονη χρήση υπερήχου. Υπολογίστηκε η παθητική μυοτενόντια δυσκαμψία. Ακολούθησε προθέρμανση στο εργομετρικό ποδήλατο και ύστερα εξετάστηκε η επιμήκυνση του Αχιλλείου τένοντα κατά τη διάρκεια ισομετρικής σύσπασης πάνω σε ισοκινητικό δυναμόμετρο, η ισοκινητική και ισομετρική δύναμη και η μέγιστη ισομετρική ροπή σε 10° πελματιαίας κάμψης και σε 0°, 5°, 10° και 15° ραχιαίας κάμψης (εικ. 3).



**Εικόνα 3.** Δοκιμασία σε ισοκινητικό δυναμόμετρο με ταυτόχρονη χρήση ηλεκτρομυογράφου: **(α)** ισοκινητική μέτρηση, **(β)** ισομετρική μέτρηση.

Όπως λοιπόν προαναφέραμε, το maxROM ραχιαίας κάμψης των χορευτών ήταν μεγαλύτερο και με συγκριτικά χαμηλότερο επίπεδο πόνου. Ο έσω γαστροκνήμιος εμφανίστηκε πιο παχύς και με μεγαλύτερο μήκος μυϊκών δεσμίδων (fascicle length) στις χορεύτριες, σε αντίθεση με τον υποκνημίδιο που φάνηκε να έχει μικρότερο μήκος δεσμίδων. Η διαφορά αυτή διατηρήθηκε για κάθε γωνία ραχιαίας κάμψης. Στην μέγιστη ραχιαία κάμψη, μάλιστα, οι μπαλαρίνες είχαν μεγαλύτερη επιμήκυνση όλου του έσω γαστροκνημίου και μεγαλύτερη επιμήκυνση και τάση των δεσμίδων του. Το ελεύθερο τμήμα του Αχιλλείου είχε παρόμοιο μήκος και στις δύο ομάδες, ενώ ολόκληρος ο Αχιλλεύς ήταν μακρύτερος στις μπαλαρίνες. Η επιφάνεια εγκάρσιας διατομής του, επίσης, δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές. Το ποσοστό δυσκαμψίας ολόκληρου του Αχιλλείου ήταν μικρότερο στις χορεύτριες, ενώ του ελευθέρου τμήματός του δεν διέφερε μεταξύ των γκρουπ, σε τιμές κοινής δύναμης και κατά τη μέγιστη δύναμη. Σε ένα

φυσικό εύρος κίνησης, η σχέση παθητικής ροπής και γωνίας εμφάνισε χαμηλότερες τιμές ροπής για τις χορεύτριες, π.χ. στις 5° εμφάνιζαν μικρότερη ροπή άρα χρησιμοποιούσαν λιγότερη δύναμη. Αντίστοιχα σε μια κοινή τιμή ροπής, π.χ. 13Nm, εκτελούσαν μεγαλύτερη ραχιαία κάμψη, δηλαδή για το ίδιο ποσό δύναμης, οι μπαλαρίνες κάλυπταν μεγαλύτερη τροχιά, σε σχέση με τις άλλες γυναίκες. Ο δείκτης δυσκαμψίας ανεξαρτήτως γωνίας ήταν μικρότερος για την ομάδα των χορευτών. Στη φυσική γωνία της ποδοκνημικής το ηλεκτρομυογραφικό εύρος των τριών καμπτήρων (έσω-έξω γαστροκνημίου και υποκνημιδίου) δεν διέφερε μεταξύ των γκρουπ ενώ στις κοινές γωνίες και λίγο πριν το μέγιστο ROM ήταν πολύ μικρότερο για τους χορευτές. Όσον αφορά τη μυϊκή δύναμη πελματιαίας κάμψης ισομετρικά, ήταν παρόμοια σε όλες τις συμμετέχουσες. Ισοκινητικά, η μέγιστη ροπή, η γωνία μέγιστης ροπής και το συνολικό έργο ήταν και πάλι παρόμοια.

Χαρακτηριστική στάση του κλασσικού χορού είναι το λεγόμενο turnout, ή En Dehors (ανντεόρ) όπως είναι η επίσημη ορολογία του στο μπαλέτο. Είναι ουσιαστικά η συνολική έξω στροφή του ισχίου, του γόνατος και της ποδοκνημικής άρθρωσης (Grossman et al., 2008; Gorwa et al., 2020). Οι Bennell et al., 1999 σύγκριναν το εύρος τροχιάς του ισχίου και της ποδοκνημικής, σε κορίτσια 8-11 ετών (Πίν. 1.). Το δείγμα ήταν χωρισμένο σε δύο ομάδες, όπως και στις προηγούμενες μελέτες. Η μία ομάδα αποτελούνταν από κορίτσια που βρίσκονταν σε αρχάριο επίπεδο μπαλέτου και η ομάδα ελέγχου από κορίτσια που δεν είχαν καμία επαφή με χορό. Οι ομάδες δεν διέφεραν σε ηλικία, ύψος και εβδομαδιαίες ώρες εξωσχολικών δραστηριοτήτων, αλλά η ομάδα ελέγχου είχε σημαντικά μεγαλύτερη μάζα σώματος και βάρος. Στο δεξί κάτω άκρο μετρήθηκαν: 1. η ενεργητική γωνία έσω – έξω στροφής του ισχίου με χρήση κλινομέτρου σε ύπτια θέση με γόνατα λυγισμένα έξω από το κρεβάτι, 2. η ενεργητική γωνία έξω στροφής ολόκληρου του κάτω άκρου σε όρθια θέση με χρήση μοιρογνωμονίου τοποθετημένου στο έδαφος, 3. το παθητικό εύρος τροχιάς ραχιαίας κάμψης σε όρθια θέση με κάμψη γόνατος και στήριξη στον τοίχο με τα δύο χέρια (σαν διάταση υποκνημιδίου), 4. το εύρος επιμήκυνσης γαστροκνημίου με τον ίδιο τρόπο αλλά γόνατο σε έκταση (όπως στη διάταση γαστροκνημίου) και 5. η ισομετρική μυϊκή δύναμη των καμπτήρων, στροφέων, προσαγωγών, απαγωγών του ισχίου χρησιμοποιώντας τη χειροκίνητη συσκευή Nicholas manual muscle tester (NMMT). Τα αποτελέσματα δεν έδειξαν διαφορά στις συνολικές μοίρες έξω στροφής ολόκληρου του κάτω άκρου (turnout) μεταξύ των ομάδων, ενώ η έξω – έσω στροφή ισχίου ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στην ομάδα ελέγχου. Αντιθέτως το ποσοστό έξω στροφής που δεν προερχόταν από το ισχίο (non-hip ER) ήταν πολύ μεγαλύτερο στα κορίτσια που χορεύουν μπαλέτο. Το εύρος τροχιάς ραχιαίας κάμψης εμφανίζεται επίσης πολύ μεγαλύτερο στις τελευταίες. Το εύρος κίνησης κατά την επιμήκυνση του γαστροκνημίου και η δύναμη των απαγωγών μυών του ισχίου δε διέφεραν μεταξύ των ομάδων. Η ομάδα ελέγχου όμως αποδείχθηκε σημαντικά δυνατότερη στους καμπτήρες, έσω – έξω στροφείς και προσαγωγούς μύες του ισχίου. Στη χορευτική ομάδα δε φάνηκε να υπάρχει κάποια ιδιαίτερη συσχέτιση ανάμεσα στα χρόνια ενασχόλησης με τον κλασσικό χορό και στο εύρος έξω στροφής ισχίου, έσω στροφής ισχίου και ραχιαίας κάμψης ποδοκνημικής. Οι συγκεκριμένοι παράγοντες μαζί με το συνολικό turnout δεν έδειξαν να σχετίζονται ούτε με τις εβδομαδιαίες ώρες προπόνησης. Το μεγάλο ποσοστό έξω στροφής μη προερχόμενης από το ισχίο, προκύπτει από αυξημένα στροφικά φορτία στις υποκείμενες αρθρώσεις, δηλαδή στο γόνατο και την ποδοκνημική (Hamilton et al., 1992). Συχνά, για την ικανοποίηση των αισθητικών απαιτήσεων, οι χορευτές χρησιμοποιούν και άλλες μεθόδους για να πετύχουν το μέγιστο δυνατό turnout. Προκειμένου να πετύχουν τη μέγιστη έξω στροφή στην όρθια στάση, κάμπτουν τα γόνατα, εκτελούν έξω στροφή ισχίων έως ότου γίνει γωνία 180° στα πέλματα και στη συνέχεια εκτείνουν ξανά τα γόνατα. Η παραπάνω τεχνική προκαλεί ενός είδους «βίδωμα» στην άρθρωση του γόνατος κατά την έκταση, καθώς η έξω στροφή του ισχίου χάνει εύρος με το ανέβασμα στην αρχική θέση, άρα το μηριαίο οστό «στρίβει» σε σχέση με την κνήμη. Η μεγαλύτερη, λοιπόν, εμπειρία δε συνοδεύεται απαραίτητα και από σωστό κινητικό μοτίβο.



**Πίνακας 1.** Αποτελέσματα κειμένων σχετικών με διαφορές εμβιομηχανικών ιδιοτήτων σε χορευτές κλασσικού χορού και μη χορευτές.

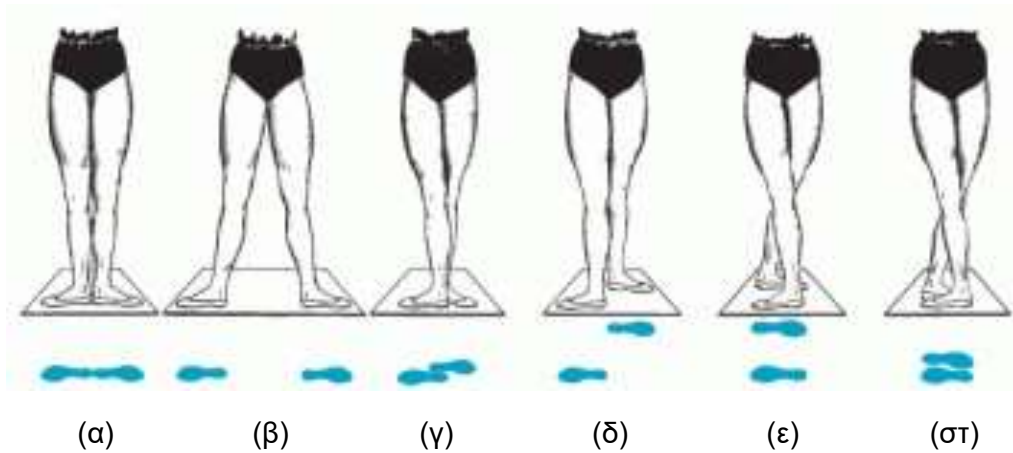
Συγγραφείς - έτος	Τίτλος	Συντομογραφίες	Συμμετέχοντες	Σκοπός	Εργαλεία-Μεθοδολογία	Αποτελέσματα	Συμπεράσματα
Sakiko Saito, Hiroki Obata, Mayumi Kuno-Mizumura, Kimitaka Nakazawa – 2018	On the skilled plantar flexor motor action and unique electromyographic activity of ballet dancers.	RMSE --> root mean square error SD --> standard deviation = τυπική απόκλιση SOL --> soleus MG --> medial gastrocnemius EMG --> electromyography AEMG --> average EMG vGRF --> vertical ground reaction force ΜΠΚ --> μέγιστη πελματιαία κάμψη	<b>dance group:</b> 11 γυναίκες χορεύτριες μπαλέτου (ηλικία $20.3 \pm 1.6$ , ύψος $158.9 \pm 4.1$ cm, μάζα σώματος $49.3 \pm 3.8$ kg), <b>control group:</b> 9 μη εκπαιδευμένες υγιείς γυναίκες παρόμοιας ηλικίας (ηλικία $21.1 \pm 1.6$ , ύψος $158.6 \pm 4.6$ cm, μάζα σώματος $51.3 \pm 4.9$ kg)	Σκοπός είναι να ερευνηθεί η επιρροή που ασκεί η προπόνηση του χορού στον μηχανικό έλεγχο της ποδοκνημική άρθρωσης και στους υποκείμενους νευρικούς μηχανισμούς.	<b>Εργαλεία:</b> δυναμοδάπεδο, γωνιόμετρο, υπολογιστής, ηλεκτρομυογράφος. <b>Μεθοδολογία:</b> μετρήθηκε ΜΠΚ ατόμων σε κυρίαρχο πόδι -> ζητήθηκε να κάνουν ταυτόχρονα ΜΠΚ και με τα δύο πόδια. Ελάχιστη γωνία -> της όρθιας στάσης. Σε υπολογιστή -> στατικό ημιτονοειδές ίχνος 5 κύκλων με εύρος από την ελάχιστη γωνία πελματιαίας κάμψης έως τη μέγιστη του κάθε ατόμου. Μετρήθηκε γωνιακή μετατόπιση της πδκ γωνιόμετρο και απεικονιζόταν με κέρσορα στον υπολογιστή. Σε ενεργητική φάση πειράματος-> κέρσορας από τα αριστερά - δεξιά με προκαθορισμένη ταχύτητα. Συμμετέχοντες έπρεπε να ακολουθήσουν τον κέρσορα πάνω στο ημιτονοειδές ίχνος εκτελώντας πελματιαία-ραχιαία κάμψη. Σε πελματιαία κάμψη ο κέρσορας ανέβαινε (up phase) και σε ραχιαία κατέβαινε (down phase). Ταυτόχρονα: δυναμοδάπεδο κατέγραφε κάθετες δυνάμεις και επιφανειακός ηλεκτρομυογράφος σε MG και SOL. Εκτέλεσαν το πείραμα - δηλαδή 5 πελματιαίες κάμψεις και 4 ραχιαίες ενδιάμεσα - στα 1, 0.5, 0.25, και 0.125 Hz με feedback σε πραγματικό χρόνο. Ο συνολικός χρόνος ήταν 6 s για 1 Hz, 11 s για 0.5 Hz, 21 s για 0.25 Hz, και 41 s για 0.125 Hz. Για κάθε συχνότητα-> 3 προσπάθειες Στο τέλος εκτέλεσαν πελματιαία κάμψη όσο πιο δυνατά μπορούσαν ενάντια σε ιμάντες velcro. Καταγράφηκε για τον καθένα η EMG max πελματιαίας κάμψης. Μετρήθηκε το μικρότερο RMSE καθενός και επιλέχθηκε για ανάλυση.	Τα δύο groups -> παρόμοιες ελάχιστες γωνίες πδκ άρθρωσης, ενώ στην μέγιστη πελματιαία κάμψη χορευτές-> μεγαλύτερα νούμερα και ROMπδκ σε αυτούς 20%> από control group. <b>Ημιτονοειδές δοκιμασία:</b> το control group-> μεγαλύτερα σφάλματα. <b>EMG:</b> δεν υπήρχε μεγάλη διαφορά AEMGs των δύο γκρουπ για SOL και MG, όμως οι χορευτές-> μεγαλύτερη ακρίβεια κίνησης στις δύο φάσεις. AEMG αγωνιστών μεγαλύτερα σε up phase απ' ότι σε down phase. Για SOL τα AEMGs αυξάνονταν μαζί με συχνότητα μόνο σε up phase, για MG τα AEMGs αυξάνονταν με συχνότητα και στις δύο φάσεις. Σε AEMGs SOL και MG-> σημαντική αλληλεπίδραση συχνότητας-φάσης. <b>Συχνότητα και EMGs:</b> σε down phase μεγάλη διαφορά συχνότητας EMG μεταξύ γκρουπ για SOL. Στα 10 Hz η μέγιστη δύναμη του SOL EMG σε down phase> σε control group. Σε up phase δεν υπήρχε διαφορά. Για MG EMG όχι στατιστικά σημαντικές διαφορές <b>vGRF στα 10 Hz:</b> συνολικές vGRF κάθε φάσης όχι σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα γκρουπ. Control group-> στα 10 Hz η δύναμη ήταν μεγαλύτερη σε down phase. Όχι για τους χορευτές.	1. Χορευτές-> μικρότερο σφάλμα μεταξύ του στόχου (στατικό ημιτονοειδές ίχνος) και της γωνίας της πδκ σε πελματιαία κάμψη, ανεξαρτήτως ταχύτητας και φάσης, σε σχέση με τους μη χορευτές. 2. Διαφορές συχνότητας SOL μεταξύ των γκρουπ-> χορευτές μπορεί να έχουν διαφορετική κινητική δραστηριότητα σε ειδικευμένες ασκήσεις. 3. Το RMSE δεν διέφερε στατιστικά μεταξύ των φάσεων. Διαφορά όμως του RMSE μεταξύ των γκρουπ-> χορευτές έχουν καλύτερη κινητική ικανότητα σε πελματιαία-ραχιαία πδκ ανεξαρτήτως είδους συστολής αγωνιστών μυών. 4. AEMGs των SOL και MG δεν διέφεραν μεταξύ των γκρουπ -> καλύτερη ικανότητα να εκτελέσει κάποιος τη δοκιμασία δε συνδέεται με διαφορά στο AEMG των αγωνιστών. 5. Διαφορά μεταξύ των γκρουπ σε συχνότητα του SOL EMG στην down phase. Κατά τη δοκιμασία πελματιαίας-ραχιαίας συμμετέχουν περισσότερο ίνες βραδείας συστολής διότι το φορτίο είναι μικρό. Επομένως η μυϊκή δράση κατά τη δοκιμασία αυτή φαίνεται πιο έντονα στον SOL ο οποίος αποτελείται από μεγαλύτερο ποσοστό ινών βραδείας συστολής σε σχέση με GM. 6. Control group-> μεγαλύτερα σφάλματα και μεγαλύτερη μεταβλητότητα σε σχέση με χορευτές. 7. Χορευτές εκτελούν τη δοκιμασία με πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια. Επίσης εφαρμόζουν τεχνικές με τις οποίες είναι εξοικειωμένοι από προπονήσεις για να εκτελέσουν δυναμικές διαδικασίες.

<p>M. M. Moltubakk, M. M. Magulas, F. O. Villars, O. R. Seynnes, J. Bojsen-Møller - 2018</p>	<p>Specialized properties of the triceps surae muscle-tendon unit in professional ballet dancers</p>	<p>MTU --&gt; muscle-tendon unit ROM --&gt; range of motion maxROM--&gt; maximum range of motion GM --&gt; gastrocnemius medialis GL --&gt; gastrocnemius lateralis TA --&gt; tibialis anterior SOL --&gt; soleus MTJ --&gt; musculotendinous junctions = μυοτενόντιες ενώσεις MVC --&gt; maximal voluntary contraction triceps surae MTU -&gt; μυοτενόντια ένωση γαστροκνημίου-υποκνημίδιου</p>	<p>10 γυναίκες επαγγελματίες μπαλαρίνες και 10 υγιείς, δραστήριες γυναίκες (ομάδα ελέγχου). Τα δύο γκρουπ--&gt; ίδια ποσά σωματικού βάρους και ύψους, παρόμοιο μήκος κάτω άκρων και γαστροκνημίου-SOL, αλλά το γκρουπ των χορευτριών ήταν μεγαλύτερο (χορευτές s 30 ± 4, ομάδα ελέγχου 21 ± 1). Χορευτίριες 24 ± 5 χρόνια εμπειρίας και 19 ± 12 ώρες την εβδομάδα, από τις οποίες 11 ± 15-&gt; ασκήσεις ευκινησίας (π.χ. στατικές διατάξεις). Ομάδα ελέγχου καμία εμπειρία συστηματικών διατάσεων και 4 ± 3 ώρες/εβδ ασκήσεις αναψυχής.</p>	<p>Σκοπός ήταν να ερευνηθεί αν οι επαγγελματίες χορευτές κλασσικού χορού παρουσιάζουν διαφορετικές μορφολογικές, μηχανικές, νευρικές και λειτουργικές ιδιότητες της μυοτενόντιας ένωσης γαστροκνημίου-υποκνημίδιου (triceps surae MTU), σε σχέση με σωματικά δραστήρια άτομα χωρίς ιστορικό διατατικής προπόνησης (stretching training).</p>	<p>Μετρήθηκε μήκος του κάτω άκρου και του γαστροκνημίου-SOL (γάμπας). Σε MG, SOL και αχίλλαιο μετρήθηκαν μήκος δεσμίδας, γωνία κατάφυσης και πάχος με υπέρηχο. Σε πρηνή θέση-&gt; φυσική γωνία πελματιαίας κάμψης με γωνιόμετρο. ηλεκτρομυογράφος σε SOL, GM, GL και TA. Ύστερα 20' δ/μα. Σε ισοκινητικό δυναμόμετρο-&gt; αργή παθ. ραχιαία κάμψη σε maxROM (σύμφωνα με όρια πόνου) της triceps surae MTU αριστερά. Έτσι μετρήθηκε παθητική ροπή ενώ ταυτόχρονα συνδεδεμένος ηλεκτρομυογράφος. Για maxROM ραχιαίας κάμψης-&gt; ραχιαία κάμψη παθητικά από συγκεκριμένο άτομο σε όλους τους συμμετέχοντες, με ταχύτητα 2°·s-1 έως ότου πόνος, που αξιολογούνταν από 0-10. Μάτια ήταν κλειστά. Μετά παθητική κινητοποίηση από 10° πελμ. κάμψης σε maxROM ραχ. κάμψης, ενώ ταυτόχρονα υπέρηχος. Έγινε 6 φορές, με κλειστά μάτια, χωρίς ενεργητική συμμετοχή. Τα αποτελέσματα από ισοκινητικό δυν. (ροπή, ταχύτητα, γωνία δυναμόμετρου), 2D ηλεκτρογωνιόμετρο (ανατομική γωνία πδκ) και ηλεκτρομυογράφο (SOL, GM, GL, TA) ψηφιοποιήθηκαν και αναλύθηκαν στα 1500Hz. Τα δεδομένα καταγράφηκαν για 0°, 5° και maxROM. Μετρήθηκε παθητική μυοτενόντια δυσκαμψία σε μέση γωνία και στο maxROM ραχ. κάμψης. Μετά από 5' προθέρμανση εργομετρικό ποδήλατο, εξετάστηκε αχίλλειος και η φυσική του δυσκαμψία μετρώντας επιμήκυνσή του κατά την ισομετρική σύσπαση πάνω σε ισοκινητικό δυναμόμετρο. Μετρήθηκε επίσης ισοκινητική και ισομετρική μυϊκή δύναμη. Υπολογίστηκε max ισομετρική ροπή πελμ. κάμψης</p>	<p>MaxROM ραχ. κάμψης πδκ μεγαλύτερο σε χορευτές και πόνος στη θέση αυτή λιγότερος σε αυτούς. <b>Μορφολογικές ιδιότητες μυοτενόντιας μονάδας (MTU):</b> Παρόμοια γωνία πελματιαίας κάμψης σε χαλαρή θέση και στα 2 γκρουπ. Μεγαλύτερο πάχος και μήκος δεσμίδας σε GM χορευτών, ενώ στον SOL το μήκος δεσμίδας χορευτών μικρότερο. Γωνίες κατάφυσης παρόμοιες για GM και SOL και στα 2 γκρουπ. Ελεύθερος αχίλλειος τένοντας είχε παρόμοιο μήκος μεταξύ των 2 ομάδων, ενώ ολόκληρος ο τένοντας πιο μακρύς στους χορευτές. Επιφάνεια εγκάρσιας διατομής κατά μήκος όλου του τένοντα όχι σημαντικές διαφορές μεταξύ των γκρουπ. <b>Μηχανικές ιδιότητες κατά την αργή παθητική διάταση ραχιαίας κάμψης:</b> Χορευτές ανεχόντουσαν μεγαλύτερη ραχιαία κάμψη, αλλά maxROM, παθητική ροπή και παθητική δυσκαμψία άρθρωσης παρόμοια στις 2 ομάδες. Σε φυσική γωνία 5°-&gt; χορευτές μικρότερη παθ. ροπή και παθ. δυσκαμψία. Σχέση παθητικής ροπής-γωνίας χαμηλότερες τιμές ροπής στους χορευτές σε φυσικό εύρος κίνησης. Σε κοινή τιμή ροπής (13Nm), χορευτές εκτελούσαν μεγαλύτερη ραχ. κάμψη. Δείκτης δυσκαμψίας ανεξαρτήτως γωνίας ήταν μικρότερος στους χορευτές. Μήκος δεσμίδων GM σε max και κοινές γωνίες ήταν μεγαλύτερα στους χορευτές. Γωνίες κατάφυσης ήταν παρόμοιες. Η επιμήκυνση του GM και η επιμήκυνση και τάση των των</p>	<p><b>Χορευτές:</b> 1) μακρύτερα GM δαμάτια, μακρύτερο και πιο μαλακό αχίλλαιο, μεγαλύτερη max τάση του GM, μεγαλύτερη επιμήκυνση του GM --&gt; μεγαλύτερο maxROM ραχιαίας κάμψης. 2) μικρότερη μυϊκή ενεργοποίηση και ποσοστό πόνου --&gt; σημαντικός ο ρόλος νευρικών παραγόντων, η ελαστικότητα αποκτάται με προσαρμογές σε πολλαπλά επίπεδα. <b>Επίσης:</b> η γωνία πδκ δεν είναι απαραίτητη αξιόπιστος παράγοντας για μετρήσεις ευκαμψίας (πχ του MTU). Η λιγότερη μυϊκή ενεργοποίηση σε χορευτές οφείλεται σε ιδιοδεκτικές προσαρμογές σε αισθητικό/νευρικό επίπεδο που συμβαίνουν λόγω συγκεκριμένης προπόνησης. Η μικρότερη δυσκαμψία του Αχιλλείου των χορευτών σημαίνει μεγαλύτερη παραμόρφωση του εγγύς μέρους του κατά την τάση του --&gt; ίσως οφείλεται στις παθητικές και δυναμικές διατάξεις ή στα φορτία που υπάρχουν στο μπαλέτο. Οι διατακτική προπόνηση μπορεί να προκαλέσει προσαρμογές σε επίπεδο σαρκομερίου δηλαδή σε μήκος δεσμίδων (fascicle length). Και οι μύες και τα μαλακά μέρη παίζουν ρόλο σε επιμήκυνση του MTU χορευτών αλλά σύμφωνα και με άλλες έρευνες η δυναμική επιμήκυνση του μυ παίζει βασικό ρόλο στο ROM. Η αντοχή επιμήκυνσης του MTU οφείλεται και σε ανατομικούς και σε νευρικούς παράγοντες. Οι νευρικοί παράγοντες που μειώνουν την αντοχή διάτασης πρέπει να τροποποιηθούν πριν γίνουν μορφολογικές προσαρμογές όπως όσες προαναφέρθηκαν σε χορευτές. Περισσότερες έρευνες χρειάζονται για να δούμε αν το μεγαλύτερο ROM δίνει και λειτουργικό πλεονέκτημα. Περισσότερες έρευνες χρειάζονται για να ξεχωρίσουν προσαρμογές επιμήκυνσης από εγγενείς ιδιότητες και από διατακτική προπόνηση. Άρα το μεγαλύτερο ROM ραχ. κάμψης χορευτών οφείλεται σε: μακρύτερα</p>
--	--	--	---	--	--	--	--

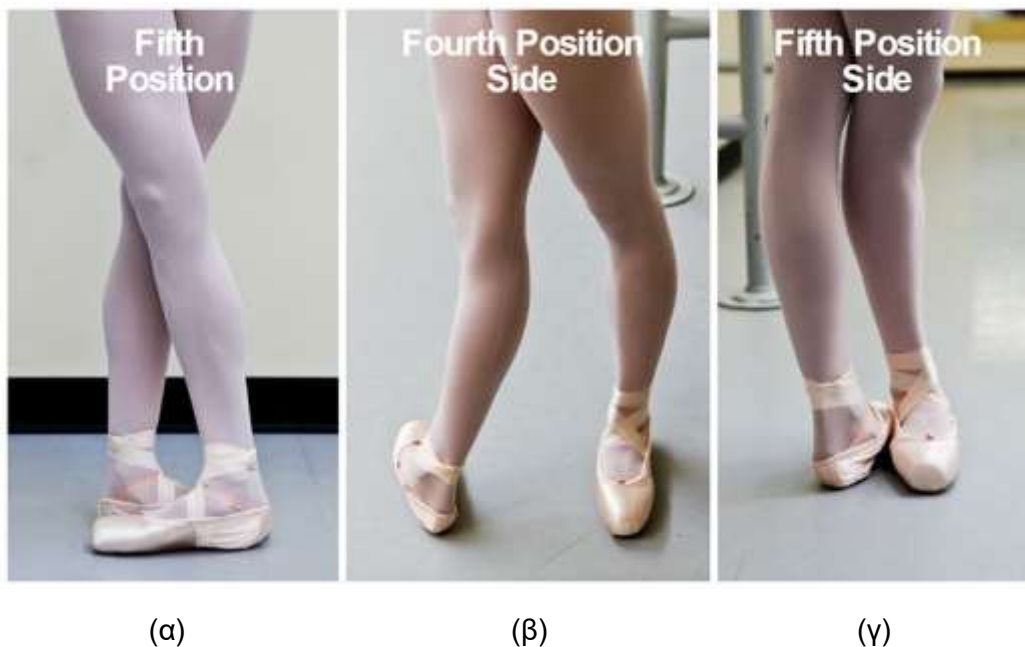
					<p>GM δεματίων ήταν παρόμοια στα 2 γκρουπ, σε κοινές γωνίες. Στις max τιμές οι χορευτές είχαν μεγαλύτερη επιμήκυνση του GM και των δεματίων του GM και μεγαλύτερη max τάση δεματίων. Οι ενδείξεις του EMG για SOL, GM, GL ήταν παρόμοιες μεταξύ των ομάδων για φυσική γωνία πδκ, αλλά πολύ μικρότερες στους χορευτές για κοινές γωνίες και peak EMG. <b>Μηχανικές ιδιότητες τένοντα:</b> Δυσκαμψία ολόκληρου του αχίλλειου μικρότερη σε χορευτές για κάθε τιμή δύναμης. Δυσκαμψία ελεύθερου Αχιλλείου δεν είχε διαφορά στα γκρουπ. Max δύναμη μεγαλύτερη για χορευτές. <b>Ισομετρική και ισοκινητική μυϊκή δύναμη:</b> σε ισομετρικές πελμ. κάμψης-&gt; παρόμοιες ροπές στα 2 γκρουπ. Σε ισοκινητικές πελματιαίας κάμψης η μέγιστη ροπή, γωνία μέγιστης ροπής και συνολικό έργο παρόμοια μεταξύ των γκρουπ. Στις 45°·s-1 μόνο η ισοκινητική σχέση ροπής-γωνίας εμφάνισε σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ γκρουπ και γωνίας.</p>	<p>δεμάτια GM, καλύτερη τάση δεματίων και μυϊκή επιμήκυνση, μακρύτερο και λιγότερο δύσκαμπτο αχίλλειο, μικρότερη παθητική ροπή και μικρότερη δυσκαμψία κατά την παθ. διάταση. Η μικρότερη μυϊκή δραστηριότητα και ποσοστό πόνου σε χορευτές δείχνει πως η συστηματική διάταση παίζει βασικό ρόλο στην οριστικοποίηση του maxROM. Μορφολογικοί, μηχανικοί και νευρικοί παράγοντες του μυοτενόντιου συστήματος διαφέρουν αναλόγως με την μυοσκελετική ευκαμψία.</p>
--	--	--	--	--	---	---

<p>Kim Bennell, Karim M Khan, Bernadette Matthews, Melissa De Gruyter, Elizabeth Cook, Karen Holzer, John D Wark - 1999</p>	<p>Hip and ankle range of motion and hip muscle strength in young novice female ballet dancers and controls</p>	<p>ER --&gt;external rotation IR --&gt;internal rotation</p>	<p>77 μπαλαρίνες 8-11 χρονών με μέσο όρο 4,7 ώρες προπόνηση/εβδομάδα, 49 κορίτσια όχι χορεύτριες 8,2-11 χρονών χωρίς εμπειρία σε χορό. Παρόμοιο ύψος, ηλικία και εβδομαδιαίες ώρες εξωσχολικής προπόνησης ανάμεσα στα 2 γκρουπ, αλλά control πολύ μεγαλύτερη μάζα σώματος και βάρους.</p>	<p>Σύγκριση ROM ισχίου, πδκ και δύναμη μυών ισχίου. Τεχνικές μεγαλύτερων χορευτών υπάρχουν και σε μικρούς;</p>	<p>Μετρήθηκαν δεξιά: ενεργητικό ROM έσω - έξω στροφής ισχίου με κλινόμετρο, ενεργητική turnout σε όρθια θέση με μοιρογνωμόνιο, παθητικό ROM πελματιαίας κάμψης (plie με παράλληλα πόδια σε όρθια θέση), ROM γαστροκνημίου (σαν διάταση γαστροκνημίου), δύναμη μυών ισχίου με NMMT.</p>	<p>control -&gt; μεγαλύτερη έξω και έσω στροφή ισχίου. Τα γκρουπ δεν διέφεραν στο συνολικό turnout. Μπαλαρίνες -&gt; μεγαλύτερο non-hip εύρος έξω στροφής. Ποσοστό non-hip έξω στροφής σε σχέση με hip έξω στροφή -&gt; 40% για χορευτές, 27% μη χορευτές. Χορευτές-&gt; μεγαλύτερη ραχιαία κάμψη, αλλά όχι διαφορά σε εύρος γαστροκνημίου. χορευτές-&gt; λιγότερη δύναμη σε καμπήρες, στροφείς, προσαγωγούς, αλλά δε διέφεραν σε δύναμη απαγωγών. Το ποσοστό έξω στροφής ισχίου και turnout δε σχετίζονται πάντα. Οι ώρες και τα χρόνια μπαλέτου δε σχετίζονται πάντα με εύρος έσω-έξω στροφής ισχίου και ραχιαίας κάμψης.</p>	<p>Το μικρότερο ROM χορευτών ήταν περίπου κατά 5°, βιολογικά ασήμαντο. Το ενεργητικό ROM που μετρήθηκε μπορεί να επηρεάζεται από ανελαστικότητα μαλακών μοριών ή δύναμη μυών. Non-hip= στροφή γόνατος, πδκ, ταρσιαίων αρθρ. Χορευτές χρησιμοποιούν "screwing" για να πετύχουν επιθυμητό turnout. Μικροί χορευτές όχι μεγάλη έξω στροφή σε αντίθεση με μεγάλους -&gt; ίσως αποκτάται και με χρόνια. μικρότερη έσω στροφή χορευτών λόγω βράχυνση έξω στροφών. Πιο μεγάλη ραχ. κ. χορευτών αλλά όχι διαφορά σε ευλυγισία γαστροκνημίου -&gt; άρα ραχ.κ. περιορίζεται από θύλακα, οστά και υποκνημίδιο. όχι μεγάλη διαφορά μικρών-μεγάλων χορευτών σε παθ. ραχ. κ. άρα δεν ενισχύεται με χρόνια. Βέβαια η μέτρηση έγινε παράλληλα και όχι σε turnout όπως στο demi plie. Μειωμένη δύναμη χορευτών ίσως λόγω μικρότερου βάρους, όχι όμως για απαγωγείς -&gt; μπορεί να ενδυναμώνονται με μπαλέτο. Επιμονή από δασκάλες για έξω στροφή ισχίου -&gt; ίσως μειώσει το "screwing". Το demi plie (ραχιαία κάμψη) δεν αυξάνεται με προπόνηση. Οι χορευτές πρέπει να διατηρούν ROM σε μη μπαλετικές κινήσεις όπως έσω στρ. ισχίου -&gt; αν περιορισμένη πιθανός τραυματισμός. Δύναμη σημαντική για να μειώνει ROM και να διατηρεί ισορροπία αγωνιστών ανταγωνιστών.</p>
---	---	--	---	--	--	---	---

Οι πέντε βασικές ποζισιόν του μπαλέτου, δηλαδή οι πέντε βασικές θέσεις των κάτω άκρων, αποτελούν διαφορετικές θέσεις των κάτω άκρων ενώ ταυτόχρονα βρίσκονται σε turnout. Η ιδανική 1<sup>η</sup> ποζισιόν, σύμφωνα με τους δασκάλους κλασικού χορού προκύπτει ακολουθώντας τις εξής οδηγίες: καλή σύσπαση γλουτιαίων για να διατηρείται η έξω στροφή ισχίου, καλός υππιασμός πελμάτων ώστε η έξω επιφάνεια να πατάει καλά στο πάτωμα και η καμάρα να είναι σηκωμένη, τα δάχτυλα των ποδιών πρέπει να είναι χαλαρά στο πάτωμα, η επιγονατίδα πρέπει να είναι κατακόρυφα πάνω από το δεύτερο δάχτυλο, καθόλου κάμψη ισχίων, οι μηροί πρέπει να ακουμπούν μεταξύ τους και οι προσαγωγοί και οπίσθιοι μηριαίοι να συσπώνται ώστε να διατηρούν την έξω στροφή (Quanbeck et al., 2017; Gorwa et al., 2020). Η 2<sup>η</sup> ποζισιόν είναι ίδια με την 1<sup>η</sup> αλλά με τα πόδια ανοιχτά σε απαγωγή και οι υπόλοιπες τρεις, δηλαδή η 3<sup>η</sup>, 4<sup>η</sup>, και 5<sup>η</sup>, είναι ασύμμετρες καθώς δεν έχουν τα πόδια σε παράλληλη διάταξη αλλά το ένα μπροστά από το άλλο (Εικ.2,3). Στη μελέτη των Gorwa et al., 2020 έγιναν κινηματικές και ηλεκτρομυογραφικές μετρήσεις μυών κάτω άκρων και κορμού κατά τη διάρκεια απλής στάσης στις πέντε προαναφερθείσες θέσεις (Πίν. 2.). Οι συμμετέχουσες ήταν χορεύτριες κλασικού χορού σε προ-επαγγελματικό επίπεδο ηλικίας 11 – 16 ετών. Χωρίστηκαν σε δύο ομάδες αναλόγως με το αν είχαν υψηλό ή χαμηλό ποσοστό παθητικής έξω στροφής ισχίου, το οποίο είχε μετρηθεί νωρίτερα με τη χρήση γωνιομέτρου. Η ομάδα με το μεγαλύτερο εύρος ενεργοποιούσε περισσότερο τους κοιλιακούς μύες, οι οποίοι σταθεροποιούν τον κορμό αλλά περιορίζουν την πρόσθια κλίση λεκάνης άρα και τη διατήρηση της έξω στροφής. Αντιθέτως όσες είχαν μικρότερη παθητική έξω στροφή ενεργοποιούσαν περισσότερο τον ορθωτήρα του κορμού. Ο ορθωτήρας του κορμού αυξάνει την πρόσθια κλίση λεκάνης άρα και την οσφυϊκή λόρδωση και επιτρέπει μεγαλύτερη έξω στροφή του ισχίου, επομένως οι χορευτές με λιγότερο παθητικό εύρος ίσως το χρησιμοποιούν ως τρόπο για να επιτύχουν το επιθυμητό αποτέλεσμα. Οι έξω στροφείς ισχίου, ο μείζων γλουτιαίος και ο ραπτικός μυς είχαν περισσότερη δράση στην ομάδα μεγαλύτερου εύρους και στα δύο πόδια σε όλες τις ποζισιόν. Στην δεύτερη ομάδα ο μείζων γλουτιαίος και ο ραπτικός ενεργοποιούνταν λιγότερο στο μπροστινό πόδι των ασύμμετρων θέσεων. Οι τελευταίες εμφάνισαν έντονη δραστηριοποίηση μακρού περνιαίου και πρόσθιου κνημιαίου, γεγονός που υποδεικνύει βεβιασμένη έξω στροφή ποδοκνημικής. Όσοι μύες δεν έχουν ιδιαίτερη δράση στο εγκάρσιο επίπεδο δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων. Τέτοιοι μύες είναι ο έξω πλατύς, έσω πλατύς, ορθός μηριαίος, δικέφαλος μηριαίος, ημιπενοντώδης, μακρός προσαγωγός, έξω και έσω γαστροκνήμιος. Σε γενικότερο πλαίσιο, διαφορές στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα εμφανίζονται μεταξύ όλων των θέσεων και των ομάδων, ενώ οι κινηματικές διαφορές εμφανίζονται κυρίως στις ασύμμετρες θέσεις. Για άλλη μια φορά τα άτομα με μικρότερο εύρος τροχιάς βρίσκουν τρόπους να για προκαλούν βεβιασμένη έξω στροφή, όπως αποδείχθηκε και σε παραπάνω έρευνες. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός πως η ομάδα με την μικρότερη έξω στροφή ισχίου αποτελούνταν από άτομα με μεγαλύτερη εμπειρία στο χώρο.



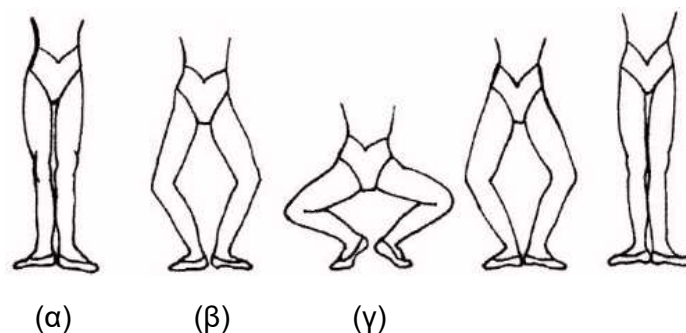
**Εικόνα 4.** (α) 1<sup>η</sup> ποζισιόν, (β) 2<sup>η</sup> ποζισιόν, (γ) 3<sup>η</sup> ποζισιόν, (δ,ε) 4<sup>η</sup> ποζισιόν, (στ) 5<sup>η</sup> ποζισιόν.



**Εικόνα 5.** (α) και (γ) 5<sup>η</sup> ποζισιόν από πρόσθια και πλάγια όψη αντιστοίχως, (β) 4<sup>η</sup> ποζισιόν από πλάγια όψη.

Το demi-πλιέ είναι μία από τις θεμελιώδεις κινήσεις του κλασσικού χορού. Είναι η θέση που προκύπτει όταν σε μία από τις πέντε προαναφερθείσες ποζισιόν προστεθεί κάμψη ισχίων, κάμψη γονάτων και ραχιαία κάμψη ποδοκνημικών (Εικ.4.β). Θα μπορούσε να παρομοιαστεί με ένα βαθύ κάθισμα, όχι όμως μέγιστο, σε συνδυασμό με έξω στροφή ισχίων. Είναι βασικό και επαναλαμβανόμενο κομμάτι κατά τη διάρκεια του μαθήματος από το ζέσταμα των χορευτών μέχρι το τέλος. Χρησιμοποιείται στην αρχή και ως έναυσμα άλλων κινήσεων, όπως των αλμάτων. Οι Terman et al., 1998 μελέτησαν την ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα οκτώ μυών του δεξιού κάτω άκρου σε γυναίκες επαγγελματίες μπαλαρίνες και επαγγελματίες μοντέρνου χορού, κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του demi-πλιέ και της όρθιας στάσης σε 1<sup>η</sup> ποζισιόν, με ταυτόχρονη κινηματική ανάλυση από 3 διαφορετικές γωνίες (Πίν. 2.). Οι μύες που εξετάστηκαν ήταν ο πλευρικός και μέσος γαστροκνήμιος, πρόσθιος κνημιαίος, έσω πλατύς,

έξω πλατύς, μέγας γλουτιαίος, οπίσθιος μηριαίος και προσαγωγοί. Για κάθε μυ μετρήθηκε η μέγιστη ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα (EMGmax). Η δοκιμασία χωρίστηκε σε δύο φάσεις: αυτή της κάμψης γόνατος-ισχίου, δηλαδή της κατακόρυφης μείωσης ύψους (κάτω φάση), και αυτή της επαναφοράς στην αρχική θέση, δηλαδή της κατακόρυφης αύξησης ύψους (πάνω φάση) και επαναλήφθηκε. Στην όρθια θέση, υψηλή μυϊκή ενεργοποίηση και στα δύο γκρουπ, είχαν ο έσω γαστροκνήμιος και ο πρόσθιος κνημιαίος. Όταν δόθηκε η εντολή να ξεκινήσει η δοκιμασία του demi-plié, οι μπαλαρίνες φάνηκε να έχουν γρηγορότερη μυϊκή αντίδραση. Επίσης στο μέσον της δοκιμασίας, δηλαδή στο σημείο με μέγιστη κάμψη των αρθρώσεων, οι χορεύτριες του κλασσικού χορού φάνηκε να έχουν συχνότερη μυϊκή ενεργοποίηση (δηλαδή σε περισσότερες επαναλήψεις) σε πλάγιο γαστροκνήμιο, μείζων γλουτιαίο και προσαγωγούς σε σχέση με το άλλο γκρουπ. Στην πάνω φάση για τις μπαλαρίνες ήταν πιο συχνή η δράση μέσου γαστροκνημίου και μέγα γλουτιαίου. Ο μέσος γαστροκνήμιος και οι προσαγωγοί στις μπαλαρίνες ενεργοποιήθηκαν περισσότερο στο μέσον της δοκιμασίας και κατά τη διάρκεια των δύο φάσεων (πάνω-κάτω), ενώ η ομάδα του μοντέρνου χορού φάνηκε να τους χρησιμοποιεί πιο έντονα στην όρθια στάση. Ο τετρακέφαλος μυς είχε την κύρια δράση κατά την κάμψη γόνατος στην κάτω φάση, κατά τη σταθεροποίηση στο μέσον της διαδικασίας και κατά την έκταση στην πάνω φάση, γεγονός που συνάδει με τα αποτελέσματα παρόμοιων ερευνών κατά το βαθύ κάθισμα (Basmajian, Harden and Regenos, 1972). Σε γενικότερο πλαίσιο χαρακτηριστική ήταν η δράση του πρόσθιου κνημιαίου στη μέση φάση και οι υπόλοιποι μύες δείχνουν να έχουν δευτερεύοντα ρόλο στη διατήρηση ισορροπίας. Σε κινηματικό επίπεδο οι μπαλαρίνες εμφανίζουν μεγαλύτερη έξω στροφή και υπερέκταση γόνατος (genu recurvatum). Λόγω της αυξημένης έξω στροφής αλλάζει και ο προσανατολισμός των μυών, άρα έχουμε διαφορετικές μυϊκές ενεργοποιήσεις μεταξύ των γκρουπ και μεταξύ διαφορετικών μυών. Στην έξω στροφή ο έξω γαστροκνήμιος βρίσκεται πίσω και ο έσω γαστροκνήμιος μπροστά σε σχέση με την ανατομική θέση, άρα μπορεί να υπάρχουν αλλαγές σε EMG δράση λόγω της αλλαγής του προσανατολισμού. Οι διαφορές των 2 γκρουπ σε δράση τετρακέφαλου, σε υπερέκταση γόνατος στο τέλος του demi-plié και η ομογένεια μέσα στο κάθε γκρουπ δείχνει ότι κάθε ομάδα χρησιμοποιεί διαφορετικά τους μύες λόγω διαφορετικής προπόνησης και χορευτικού στυλ. Η ποικιλότητα όμως στην μυϊκή ενεργοποίηση του demi-plié δεν εμφανίστηκε μόνο μεταξύ χορευτών αλλά και μεταξύ επαναλήψεων του ίδιου του χορευτή. Άρα αυτή εξαρτάται, όχι μόνο από το ιστορικό προπόνησης και το προσωπικό στυλ αλλά και από την ισορροπία ή τις ορθοστατικές διαφορές εκείνη τη στιγμή. Η κλασσική εικόνα συνεχόμενης ενεργοποίησης των προσαγωγών για συνεχή διατήρηση της έξω στροφής στην πάνω φάση δεν φάνηκε σε μεγάλο ποσοστό των demi-pliés (42%). Άρα μύες που τους δίνεται μεγάλη σημασία κατά την προπόνηση και αποκατάσταση του μπαλέτου, ίσως να μην είναι τόσο απαραίτητοι για την αισθητικότητα ή την ασφαλή εκτέλεση μιας κίνησης.



**Εικόνα 6.** (α) όρθια στάση σε 1<sup>η</sup> ποζισιόν (αρχή δοκιμασίας), (β) demi-plié – όχι μέγιστη κάμψη ισχίου, γόνατος και ποδοκνημικής, (γ) grand-plié – μέγιστη κάμψη των αρθρώσεων.

**Πίνακας 2.** Αποτελέσματα ερευνών σχετικών με *εμβιομηχανική ανάλυση κατά τη διάρκεια απλών δοκιμασιών κλασσικού χορού.*

Συγγραφείς - έτος	Τίτλος	Συντομογραφίες	Συμμετέχοντες	Σκοπός	Εργαλεία-Μεθοδολογία	Αποτελέσματα	Συμπέρασμα
Trepman, E Gellman, R E Solomon, R Murthy, K R Micheli, L J De Luca, C J - 1998	Electromyographic analysis of standing posture and demi-plie in ballet and modern dancers.	AP-- >anteroposterior	5 επαγγελματίες μπαλαρίνες και 7 επαγγελματίες χορεύτριες μοντέρνου χορού	Μελέτη μυϊκής δραστηριότητας κάτω άκρων σε όρθια θέση με έξω στροφή ισχίων και σε demi-plie, ώστε να δούμε τη διαφορά αυτής μεταξύ χορευτών μπαλέτου και μοντέρνου.	Οι χορευτές εκτέλεσαν demi-plie σε πρώτη ποζισιόν σε 2 ισόχρονες φάσεις (πάνω και κάτω), ενώ είχαν ηλεκτρομυογράφο σε 8 μύες: Κάθε φάση διαρκούσε 3 sec. Ο EMG ξεκινούσε να καταγράφει 1 sec. πριν ξεκινήσει η κάτω φάση και σταματούσε 1 sec. αφού τελείωνε η πάνω φάση. Άρα συνολικά η καταγραφή διαρκούσε 8 sec. Δεν φορούσαν παπούτσια. Ταυτόχρονα βιντεοσκοπούσαν 3 κάμερες: μία προσθιοπίσθια, μία πλάγια δεξιά (σε δεξί πόδι ήταν ο ηλεκτρομυογράφος) και μία 45 μοίρες λοξά δεξιά.	Μπαλαρίνες >χαλαρή έξω στροφή. Και τα δύο γκρουπ υπερέκταση γόνατος σε όρθια στάση αλλά μπαλαρίνες περισσότερο (-6 έως -16°ενώ μοντέρνο -2 έως -7°). Μπαλαρίνες σε εντολή εκκίνησης demi-plie έδρασαν πιο γρήγορα. Εκτέλεσαν demi-plie με φυσική θέση πδκ και υπερέκταση γόνατος, ενώ του μοντέρνου με μικρή ραχιαία κ. πδκ και φυσική θέση γόνατος. Σημαντικές διαφορές μεταξύ των γκρουπ σε κάμψη γόνατος και ραχιαία πδκ για 0,6,7,8 sec. και για κάμψη γόνατος και σε 4 sec. Όχι σημαντικές διαφορές για ύψος, απαγωγή, κάμψη ισχίου σε σχέση με χρόνο. Γενικώς πρόσθια κλίση κορμού σε κάτω φάση και οπίσθια σε πάνω. <b>EMG ανάλυση όρθια θέση:</b> EMG πάνω από βασικά όρια συνολικά για όλες τις όρθιες θέσεις παρουσίασαν κυρίως ο MG (σε 54% επαναλήψεων) και ο πρόσθιος κνημιαίος (29%). Για το κάθε γκρουπ ξεχωριστά ο GM ξεπέρασε τα όρια ίσες φορές και στα δύο γκρουπ ενώ ο πρ. κν. ξεπέρασε όρια στο 64% επαναλ. από μπαλαρίνες ενώ μέσα στα όρια για σχεδόν όλες τις επαναλήψεις του μοντέρνου. <b>EMG ανάλυση demi-plie:</b> μέγιστη EmG του <b>πρόσθιου κνημιαίου</b> στο μέσον σχεδόν όλων των επαναλήψεων (97%), ενώ καμία δράση του στην πάνω φάση και όχι διαφορά μεταξύ των γκρουπ. <b>Έσω-έξω πλατύς:</b> όλες οι επαναλ. είχαν μαχδραστηριότητά τους, αυξανόμενη δραστηριότητα όσο η κάτω φάση τελείωνε και μειούμενη δραστηριότητα όσο η πάνω φάση ξεκινούσε. <b>Μέσος-πλάγιος γαστροκνήμιος, μέγας γλουτιαίος, οπίσθιοι μηριαίοι, προσαγωγοί:</b> Για GMκαι προσαγωγούς οι μπαλαρίνες>ποσοστό δράσης τους στο	Κατά την όρθια στάση σε 1η ποζισιόν με έξω στροφή κάτω άκρων παρατηρήθηκε η μικρότερη μυϊκή ενεργοποίηση εκτός από τον πρόσθιο κνημιαίο και μέσο γαστροκνήμιο. Το demi-plie ξεκινούσε με μικρή ή καθόλου EMG δράση του κάτω άκρου. Κατά τη διάρκεια του demi-plie η κάμψη γόνατος στην κάτω φάση, η σταθεροποίηση στο μέσον και η έκταση στην πάνω φάση ήταν κυρίως δουλειά του τετρακέφαλου (όπως και σε άλλες έρευνες με squat). Χαρακτηριστική ήταν η δράση του πρόσθιου κνημιαίου σε μέση φάση. Η ποικιλότητα δράσης των υπολοίπων μυών (πλ. και μέσος γαστροκνήμιος, πρόσθιος κνημιαίος κατά την κάτω φάση, μέγας γλουτιαίος, οπίσθιοι μηριαίοι, προσαγωγοί) δείχνει ότι έχουν δευτερεύοντα (αλλά σημαντικό) ρόλο στον έλεγχο ισορροπίας και πρόσθιας κλίσης κατά την κίνηση. Η ποικιλότητα στην μυϊκή ενεργοποίηση του demi-plie δεν εμφανίστηκε μόνο μεταξύ χορευτών αλλά και μεταξύ επαναλήψεων του ίδιου του χορευτή. Άρα αυτή εξαρτάται όχι μόνο από το ιστορικό προπόνησης και το προσωπικό στυλ αλλά και από την ισορροπία ή τις ορθοστατικές διαφορές εκείνη τη στιγμή. Η κλασσική εικόνα συνεχόμενης ενεργοποίησης των προσαγωγών για συνεχή διατήρηση της έξω στροφής στην πάνω φάση δεν φάνηκε σε μεγάλο ποσοστό των demi-plies (42%). Άρα μύες που τους δίνεται μεγάλη σημασία σε προπόνηση και αποκατάσταση, μπορεί να μην είναι τόσο απαραίτητοι για την αισθητικότητα ή την ασφαλή εκτέλεση μιας κίνησης. Επίσης αν ένας μύς είναι απαραίτητος για μια συγκεκριμένη κίνηση, η έλλειψη δύναμης ή και ευλυγισίας του μπορεί να καταλήξει σε εμβιομηχανικό σφάλμα στην τεχνική και άρα σε τραυματισμό. Επομένως ο χαρακτηρισμός μυϊκής ενεργοποίησης κατά τη διάρκεια χορευτικών κινήσεων μπορεί να επιτρέψει καλύτερη ανατομική ακρίβεια στον ορισμό κατάλληλων ασκήσεων για χορευτές κατά την προπόνηση ή την αποκατάσταση, που έχουν απειρίες στις συγκεκριμένες μυϊκές ομάδες. Οι διαφορές των 2 γκρουπ σε δράση τετρακέφαλου, σε υπερέκταση γόνατος στο τέλος του demi-plie και η ομογένεια μέσα στο κάθε γκρουπ δείχνει ότι κάθε γκρουπ χρησιμοποιεί διαφορετικά τους μύες λόγω διαφορετικής προπόνησης και χορευτικού στυλ. Η μέγιστη ενεργοποίηση του έσω-έξω πλατύ στο τέλος της πάνω φάσης στις μπαλαρίνες δείχνει πως η υπερέκταση γόνατος ( genu recurvatum) στο τέλος του demi-plie συνοδεύεται και από ενεργητική σύσπαση του τετρακέφαλου. Η σύσπαση αυτή συνεχιζόταν στο τέλος της πάνω φάσης ενώ πλέον δεν υπήρχε κίνηση για αισθητικούς λόγους. Αποτελεί χαρακτηριστικό του



					<p>μέσον της επανάλ. και σε πάνω/κάτω φάση ενώ οι μοντέρνες στην όρθια στάση. Για τους άλλους δεν υπήρχε διαφορά μεταξύ των γκρουπ. (Κατηγορίες αναλόγως με το σημείο του demi-plier κατά το οποίο γινόταν η μέγιστη δράση του μυ: I. μέσον, II. πάνω/κάτω φάση, III. στάση σε όρθια θέση) Στα περισσότερα demi-plier ο μέσος-πλάγιος γαστροκνήμιος και για τα 2 γκρουπ είχε EMG δράση τύπου II (ενώ ο πρόσθιος κνημιαίος τύπου I). Διαφορές είχαν και οι: μέγας γλουτιαίος τύπος I και II κυρίως, οπίσθιοι μηριαίοι τύπου II στο 53% και III στο 1/3, προσαγωγοί τύπου I στο 56% των επαναλήψεων και 18% τύπου III. Πάνω από τους μισούς χορευτές-&gt;διαφορετικά (3-4) μοτίβα κινήσεων για τον ίδιο μυ μεταξύ των 5 επαναλήψεων. <b>EMG δράση σε κάτω, μέση και πάνω φάση:</b> Η EMG δράση των πλαγ. γαστρ., μέγα γλουτιαίο και προσαγωγών ήταν πολύ πιο συχνή σε μπαλαρίνες στο μέσον (I), ενώ στην πάνω φάση ήταν πιο συχνή η δράση του μέσου γαστρ. και μέγα γλουτιαίου. Για όλους τους χορευτές μαζί: πλ.-μέσος γαστροκνήμιος δράση στα περισσότερα demi-plier σε πάνω-κάτω φάση, ενώ σε μέσον πλ. γαστροκνήμιος 72% των demi-pliers και μέσος γαστρ. 42% των demipliers. Οπίσθιοι μηρ. είχαν δράση σε μέσον στο 23% των demipliers. Μέγας γλουτιαίος και προσαγωγοί είχαν δράση σε μέσον στο 68% και 70% όλων των demi-pliers. Για έσω έξω πλατύ δεν υπήρχε σημαντική διαφοροποίηση: η δράση του υπήρχε και στις 3 φάσεις σχεδόν σε όλες συνολικά τις επαναλήψεις demi-plier. Στο 60% των demi-pliers οπίσθιοι μηριαίοι δράση σε πάνω φάση μεγαλύτερη από μέσον. Δράση προσαγωγών σε πάνω φάση εμφανίστηκε μόνο στο 58% των demi-plier.</p>	<p>μπαλέτου και δίνεται έμφαση σε αυτό κατά την προπόνηση στην μπάρα. Οι μπαλαρίνες εμφανίζουν μεγαλύτερη έξω στροφή και υπερέκταση γόνατος, άρα μειωμένη προσθιοπίσθια επιφάνεια, άρα αυξημένη τάση για ορθοστατική ταλάντωση που οδηγεί σε αυξημένη δράση οπίσθιων (γάμπα και οπίσθιοι μηρ.) και προσθίων (πρόσθιος κνημιαίος και τετρακέφαλος) μυών κάτω άκρου. Ενώ του μοντέρνου που δεν έχουν τόσο έξω στροφή και υπερέκταση είχαν αυξημένη δράση μέσου γαστροκνημίου, άρα στεκόντουσαν με σχετική πρόσθια κλίση. Λόγω της αυξημένης έξω στροφής αλλάζει και ο προσανατολισμός των μυών, άρα έχουμε διαφορετικές μυϊκές ενεργοποιήσεις μεταξύ των γκρουπ και μεταξύ διαφορετικών μυών. Σε έξω στροφή ο πλ.γαστρ. βρίσκεται πίσω και ο μέσος γαστρ. μπροστά σε σχέση με ανατομική θέση., άρα μπορεί να υπάρχουν αλλαγές σε EMG δράση λόγω της αλλαγής του προσανατολισμού. Η αυξημένη δράση του μέσου γαστρ. μπορεί να οφείλεται και σε electrical cross-talk από άλλους μύες του μέσου ποδιού όπως οπίσθιος κνημιαίος, μακρό καμπύληρα δακτύλων. Παρατηρήθηκε ενεργοποίηση των έσω-έξω πλατύ πριν το ξεκίνημα του demi-plier και μείωση αυτής κατά την έναρξή του σε πολλές επαναλήψεις και των 2 γκρουπ, άρα θα μπορούσε να αποτελέσει πρόβλεψη της κίνησης. Δε συνέβη όμως σε όλες τις επαναλήψεις και συνέβη και στα 2 γκρουπ άρα συνδέεται με παράγοντες όπως η ισορροπία, η στάση, συνήθεια, προσωπική τεχνική και όχι με το είδος προπόνησης.</p>
--	--	--	--	--	--	--

<p>Gorwa, Joanna Kabacinski, Jaroslaw Murawa, Michal Fryzowicz, Anna - 2020</p>	<p>On the track of the ideal turnout: Electromyographic and kinematic analysis of the five classical ballet positions.</p>	<p>HER --&gt; hip external rotation HIR --&gt; hip internal rotation GRG --&gt; greater rotation group LRG --&gt; lesser rotation group</p>	<p>14 μπαλαρίνες προεπαγγελματικού επιπέδου, 11-16 χρονών. Χωρίστηκαν σε 2 ομάδες αναλόγως με το ποσοστό αμφίπλευρης έξω στροφής ισχίου. Τα 2 γκρουπ χωρίστηκαν σε αυτούς πάνω και αυτούς κάτω του συνολικού μέσου όρου HER.</p>	<p>Να ορισθούν διαφορές EMG και κινηματικές παράμετροι στις 5 βασικές ποζισιόν μπαλέτου ανάμεσα σε 2 ομάδες ατόμων με μεγαλύτερη και μικρότερη HER.</p>	<p>Ο μέσος όρος HER των χορευτών βρέθηκε μετά από μετρήσεις με το γωνιόμετρο. EMG σε οσφυϊκό ορθοτήρα κορμού, ορθό κοιλιακό, μείζων γλουτιαίο, ραπτικό, μακρό προσαγωγό, ορθό μηριαίο, έσω/έξω πλατύ, μακρά κεφαλή δικέφαλου μηριαίου, ημιτενοντώδη, πρόσθιο κνημιαίο, μακρό περνιαίο, έσω/ έξω γαστροκνήμιο. Τοποθετήθηκαν 19 markers κινητικής ανάλυσης στον καθένα. Αξιολογήθηκαν HER, KER, FPA, με χρήση 8 καμερών.</p>	<p>1η-2η ποζισιόν: μεγαλύτερη γωνία KEP στο GRG. Μεγαλύτερο EMG σε GRG για rectus abdominis, gluteus maximus and sartorius (1η) και rectus abdominis (2η). 2η-3η: διαφορές σε HER αρ., και για rectus abdominis, gluteus maximus, tibialis anterior and fibularis longus, αναλόγως ομάδα. Μεταξύ μπρος-πίσω ποδιού, επίδραση μεταξύ HER, KER και FPA left, και erectorspinae, gluteus maximus, sartorius, biceps femoris, semitendinosus, rectus femoris, vastus lateralis, vastus medialis, lateralis gastrocnemius, medialis gastrocnemius and tibialis anterior. μεγαλύτερες γωνίες 1. Στο LRG &gt; γωνίες HEP αριστερά 2. στο προστά απ' ότι στο πίσω για GRG στην HER, KER, FPA. και στο LRG για HER, KER. 4η: όχι σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ ομάδας - ποδιού. Μεγαλύτερες τιμές για 1. GRG σε KER, FPA, 2. HER αρ. στο GRG, 3. προστά πόδι για GRG σε HER αρ. και KER και για LRG σε KER, 4. πίσω πόδι για LRG σε FPA. Μεγαλύτερο EMG: 1. σε GRG για rectus abdominis and rectus femoris, σε LRG για erector spinae, biceps femoris, 2. semitendinosus, adductor longus, vastus medialis and fibularis longus, 3. σε προστά πόδι για GRG για LG - MG, και σε LRG για sartorius, adductor longus, rectus femoris, lateral gastrocnemius, medial gastrocnemius and tibialis anterior. 5η: Το γκρουπ επηρέασε πολύ την HER και τους rectus abdominis, gluteus maximus, adductor longus, vastus medialis, tibialis anterior and fibularis longus. Όχι συσχέτιση μεταξύ γκρουπ και θέσης ποδιών.</p>	<p>1. Γκρουπ με greatest passive HER ενεργοποιούσε&gt;κοιλιακούς. Οι κοιλιακοί σταθεροποιούν τον κορμό και περιορίζουν την πρόσθια κλίση λεκάνης που είναι δυσμενής για το turnout. 2. Το γκρουπ με lesser passive HER ενεργοποιούσε&gt;ορθοτήρα του κορμού-&gt; σε όρθια στάση ορθοτήρας αυξάνει πρόσθια κλίση λεκάνης οπότε καλύτερη έξω στροφή του κάτω άκρου, ώστε να αντισταθμίσει το ελλειπές ROM. 3. Το greater rotation group μεγαλύτερη ενεργοποίηση σε επιφανειακούς έξω στροφείς ισχίου, μείζων γλουτιαίο και ραπτικό (και στα δύο πόδια) σε όλες τις ποζισιόν. Αντίθετα στο lesser rotation group στις ασύμμετρες ποζισιόν, υπήρχε λιγότερη δραστηριότητα μείζων γλουτιαίου και ραπτικού στο μπροστά πόδι σε σχέση με το πίσω. 4. Παρόλο που η πρόσθια κλίση λεκάνης επιτρέπει καλύτερη έξω στροφή, είναι μηχανικά συνδεδεμένη με αυξημένη οσφυϊκή λόρδωση. 5. Σε LRG&gt; ενεργοποίηση μακρού περνιαίου και πρόσθ. κνημιαίου στην πδκ, άρα βεβαιασμένη έξω στροφή. 6. Έξω πλατύς, έσω πλατύς, ορθός μηριαίος, δικέφαλος μηριαίος, ημιτενοντώδης, μακρός προσαγωγός δεν είχαν σημαντικές διαφορές αφού ρόλος τους στο εγκάρσιο επίπεδο μικρός. Για τον ίδιο λόγο μικρή διαφορά σε EMG των GM και GL ανάμεσα στα 2 γκρουπ, αφού δρουν κυρίως στο οβελιαίο επίπεδο κίνησης του γονάτου και της πδκ. 7. Μεγαλύτερη εμπειρία δεν σήμαινε και σωστή ποζισιόν. Όσες είχαν μεγαλύτερη εμπειρία ανήκαν στο lesser group, με λάθος βεβαιασμένη έξω στρ.. 8. Απαιτήσεις του μπαλέτου είναι συγκεκριμένες: σωστή σωματική ευθυγράμμιση, αναλογίες, στάση, ευλυγισία σπονδυλικής στήλης, διαμόρφωση ποδιών, ROM, χάρη και αρμονία κίνησης αλλά και προδιαθέσεις όπως η εκ φύσεως έξω στρ του ισχίου. 9. Έντονη προπόνηση τα 10-&gt; συγκεκριμένη δομή και εμφάνιση του μυοσκελετικού συστήματος. 10. EMG μοτίβα βλέπουμε σε όλα τα γκρουπ και ποζισιόν αλλά κινηματικές διαφορές φαίνονται μόνο σε ασύμμετρες ποζισιόν. Lesser rotation GROUP-&gt;εκτείνοντες κορμού, πρόσθιος κνημιαίος, μακρός περνιαίος (ενεργοποιούνταν περισσότερο στις ποζισιόν). Greater rotation group-&gt;ορθός κοιλιακός, μείζων γλουτιαίος. Άρα για lesser passive HER-&gt;βεβαιασμένη έξω σ. 11. Διαφορετικά μοτίβα EMG για έξω στροφή μπορεί να συνδέονται με ευπάθεια σε συγκεκριμένες περιοχές. Περισσότερες και πιο μακροσκελείς έρευνες χρειάζονται.</p>
---	--	---	--	---	---	--	--

Όπως φάνηκε προηγουμένως, η χρήση της μυοτενόντιας μονάδας γαστροκνημίου–υποκνημιδίου – Αχιλλείου είναι συνεχής και επαναλαμβανόμενη στον κλασσικό χορό (Bennell et al., 1999; Simpson et al., 2017; Gorwa et al., 2020). Επόμενο είναι λοιπόν, να εμφανίζει συχνούς τραυματισμούς, με την τενοντοπάθεια Αχιλλείου να αποτελεί το 19% των μόνιμων τραυματισμών (Sobrino, de la Cuadra and Guillén, 2015). Η ροπή των πελματιαίων καμπτήρων και το πάχος του γαστροκνημίου φαίνεται να σχετίζονται σημαντικά με το πάχος του Αχιλλείου τένοντα, ενώ η ροπή πελματιαίων καμπτήρων σχετίζεται και με την ηχογένεια του Αχιλλείου σε χορευτές (Nunes et al., 2019). Οι συγκεκριμένες συσχετίσεις βρέθηκαν σε χορευτές 15-35 ετών, όχι απαραίτητα επαγγελματίες και χωρίς τραυματισμό τους τελευταίους 6 μήνες ή ιστορικό μυοσκελετικού/νευρολογικού προβλήματος, οι οποίοι εκτέλεσαν δοκιμασία κοπώσεως πελματιαίας – ραχιαίας κάμψης και μετρήθηκαν σε ευλυγισία, ροπή, πάχος και ηχογένεια του μυοτενόντιου συνόλου γαστροκνημίου – υποκνημιδίου (Πίν. 3.). Έχει παρατηρηθεί πως η υπερφόρτωση οδηγεί σε δομικές αλλαγές του τένοντα, ανομοιογένεια και αποπροσανατολισμό του σε μικροδομικό επίπεδο (Chimenti et al., 2014). Η αντιμετώπιση του ποσοστού φόρτισης του τένοντα, ίσως να είναι μείζονος σημασίας για τους χορευτές. Το ποσοστό επιμήκυνσης και η αντοχή των πελματιαίων καμπτήρων, ίσως δεν αξίζει να ληφθούν υπ’ όψιν για την αντιμετώπιση αυτή, καθώς δεν έδειξαν να σχετίζονται με τη δομή του τένοντα, στην παραπάνω έρευνα. Στους χορευτές κλασσικού χορού η ροπή των πελματιαίων καμπτήρων και το πάχος, η γωνία κατάφυσης και το μήκος δεσμίδων (fascicle length) του έσω γαστροκνημίου σχετίζονται άμεσα με το πάχος του Αχιλλείου τένοντα. Το ποσοστό ηχογένειας του τένοντα σχετίζεται επίσης με τη ροπή των πελματιαίων καμπτήρων και το μήκος δεσμίδων του έσω γαστροκνημίου. Τα παραπάνω ίσως υποδεικνύουν πως η ενδυνάμωση των πελματιαίων καμπτήρων σε υγιείς χορευτές θα ήταν μια λύση για την πρόληψη αλλοιώσεων του Αχιλλείου. Σύμφωνα με τους Jhingan et al., 2011 το αυξημένο πάχος του Αχιλλείου μπορεί να αποτελέσει παράγοντα κινδύνου για τενοντοπάθεια στον Αχιλλείο, ενώ οι YING et al., 1998 έδειξαν πως οι υγιείς δρομείς είχαν παχύτερο Αχιλλείο. Για τους χορευτές μπαλέτου ο συνδυασμός δυνατών πελματιαίων καμπτήρων και παχύ Αχιλλείου ίσως μειώσει τον κίνδυνο τενοντοπάθειας, όμως περισσότερες έρευνες απαιτούνται ώστε να εξετάσουν τη συνολική κατανομή φορτίου που δέχεται ο συγκεκριμένος τένοντας από ολόκληρο το μυοτενόντιο σύνολο (του triceps surae) και όχι μόνο από τον γαστροκνήμιο.

Το γόνατο αποτελεί επίσης μια ταλαιπωρημένη άρθρωση των χορευτών. Τα υψηλά φορτία που δέχεται σε συνδυασμό με την υπερέκταση (genu recurvatum) δημιουργούν αλλοιώσεις στα γύρω στοιχεία και αποπροσανατολισμούς (Hamilton et al., 1992; Trepman et al., 1998). Το σύνδρομο snapping (snapping syndrome) αποτελεί μια αίσθηση κρότου, κριγμού και ολίσθησης ενός τένοντα πάνω σε μια άλλη δομή ή τμήμα οστού (Guney et al., 2013; Protzman, Conkle and Busch, 2015). Ενδιαφέρον παρουσίασε η ανάλυση κίνησης σε 19χρονη μπαλαρίνα με τα παραπάνω συμπτώματα στον τένοντα ημιτενοντώδους (semitendinosus snapping–SS) (Πίν. 3.). Τα συμπτώματα υπήρχαν ήδη δύο χρόνια και εμφανίζονταν κατά την υπερέκταση γόνατος σε φυσική θέση, έσω ή έξω στροφή μόνο κατά τη διάρκεια του χορού, χωρίς να υπάρχει πόνος κατά τις καθημερινές δραστηριότητες. Η αίσθηση του snapping όταν χόρευε, παρότι δεν της προκαλούσε πόνο, την καθυστερούσε στο συγχρονισμό της με την υπόλοιπη ομάδα. Αναλύθηκε η κίνηση κατά τη διάρκεια των συμπτωμάτων και ερευνήθηκαν οι διαφορές μεταξύ υγιούς και συμπτωματικού κάτω άκρου στη μυϊκή δύναμη, τη μυϊκή αντοχή, την ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα, τον κινητικό έλεγχο και την ιδιοδεκτική ικανότητα της άρθρωσης. Δε βρέθηκαν διαφορές στη γωνία Q και τα εύρη τροχιάς ισχίου, ποδοκνημικής και κάμψης γόνατος. Οι οπίσθιοι μηριαίοι, ο τετρακέφαλος, ο τείνων την πλατεία περιτονία, ο γαστροκνήμιος και ο υποκνημιδίου δεν εμφανίστηκαν ανελαστικοί σε κανένα από τα δύο πόδια.

Επίσης δε βρέθηκαν αποκλίσεις στο μήκος τους. Στη μαγνητική απεικόνιση (MRI) δεν φάνηκε κάποια σημαντική ανατομική απόκλιση από το φυσιολογικό ή κάποια ενδοαρθρική/περιαρθρική παθολογία του γόνατος. Το πάχος του ημιτενοντώδους και του ιγνυακού τένοντα ήταν φυσιολογικό. Σε κινητικό επίπεδο η διάρκεια του συμπτωματικού γονάτου για να εκταθεί πλήρως ήταν 82% μεγαλύτερη σε σχέση με το υγιές, όμως η διάρκεια από την έκταση στην υπερέκταση ήταν 18% μικρότερη. Κατά τη διάρκεια των κινήσεων η υγιής πλευρά κινούνταν ομαλά, ενώ η συμπτωματική παρουσίαζε ακούσιες γωνιακές ταλαντώσεις, κυρίως στο οβελιαίο επίπεδο, μεταξύ έκτασης – υπερέκτασης. Στην ηλεκτρομυογραφική καταμέτρηση κατά τη διάρκεια ισομετρικής σύσπασης των καμπτήρων του γόνατου σε φυσική θέση, έσω στροφή και έξω στροφή του άκρου προέκυψαν τα εξής: στο υγιές γόνατο η χρονική διαφορά έναρξης μεταξύ των οπίσθιων μηριαίων και του ημιτενοντώδους ήταν 3 ms, 3 ms και 7 ms για έσω στροφή, έξω στροφή και φυσική θέση αντιστοίχως, άρα δεν υπήρχε ιδιαίτερη διαφορά χρόνου έναρξης μεταξύ των μυών. Οι αντίστοιχες τιμές για το συμπτωματικό γόνατο ήταν 20 ms, 33 ms και 43 ms αντιστοίχως, με τον ημιτενοντώδη να συσπάται γρηγορότερα. Ο έλεγχος κίνησης φάνηκε επηρεασμένος, καθώς όταν ζητήθηκε από το άτομο να ακολουθήσει συγκεκριμένη τροχιά ενός κέρσορα εκτελώντας βαθύ κάθισμα, το σφάλμα ήταν 2,6 φορές μεγαλύτερο στην παθολογική πλευρά για σύγκεντρη και για έκκεντρη σύσπαση. Η μυϊκή δύναμη δεν παρουσίασε διαφορές μεταξύ των άκρων, αφού οι τιμές μεγίστων ροπών δε διέφεραν, όπως επίσης και η αντοχή. Το έλλειμα αίσθησης θέσης της άρθρωσης (joint position sense), όμως, στη δοκιμασία ιδιοδεκτικότητας ήταν 2,5 φορές μεγαλύτερο στο συμπτωματικό άκρο. Το γεγονός πως οι περισσότερες ταλαντώσεις κατά την ανάλυση κίνησης φαίνεται να λαμβάνουν χώρα μεταξύ έκτασης και υπερέκτασης του γόνατος, μας οδηγεί στην υπόθεση πως ο μηχανισμός της υπερέκτασης ωθεί τον τένοντα στη συγκεκριμένη παθολογική συμπεριφορά (το λεγόμενο snap). Ο μηχανισμός υπερέκτασης σε συνδυασμό με άλλες επίπονες διαδικασίες, όπως συνεχόμενα κάθετα άλματα, υποστηρίζεται και από άλλες έρευνες πως προκαλεί τη συγκεκριμένη παθολογία (Karataglis et al., 2008). Το νευρολογικό έλλειμα φυσικά συνοδεύει την παθολογία, καθώς φαίνεται από τις ιδιοδεκτικές διαφορές μεταξύ των δύο άκρων και την καθυστερημένη ενεργοποίηση του συμπτωματικού.

**Πίνακας 3. Αποτελέσματα ερευνών σχετικών με σχέση εμβιομηχανικών παραμέτρων με τραυματισμούς.**

Συγγραφείς - έτος	Τίτλος	Συντομογραφίες	Συμμετέχοντες	Σκοπός	Εργαλεία-Μεθοδολογία	Αποτελέσματα	Συμπέρασμα
Hande Guney, Defne Kaya, Caglar Yilgor, Murat Cilli, Serdar Arıtan, İnci Yuksel, Mahmut Nedim Doral - 2013	Semitendinosus snapping: analysis of movement , electromyographic activities, muscle strength and endurance , motor control and joint position sense	LCS -->Local Coordinate System JPS-->joint position sense BF -->Biceps Femoris ST -->semitendinosus MRI -->Magnetic resonance imaging SS --> semitendinosus snapping	19χρονη μπαλαρίνα με ιστορικό κριγμού - ολίσθησης ημιτενοντώδους (semitendinosus snapping - SS) 2 ετών. Κανένα ιστορικό τραυματισμού και θεραπείας. Δεν εμφανίζει πόνο σε καθημερινές δραστηριότητες.	Να αναλυθεί κίνηση κατά τη διάρκεια snapping και να ερευνηθεί πως το φαινόμενο snapping του τένοντα επιδρά σε μυϊκή δύναμη και αντοχή, σε ηλεκτρομυογραφικές δραστηριότητες, στην αίσθηση θέσης της άρθρωσης και στον έλεγχο της κίνησης.	Μετρήθηκαν: εύρος τροχιάς γονάτου και ισχίου, τάση οπίσθιων μηριαίων, γαστροκνημίου, τείνων την πλατεία περιτονία και τετρακέφαλου, η γωνία Q και το μήκος των κάτω άκρων. MRI και προσθιοπίσθια και πλάγια ραδιογραφήματα γονάτου. Κινηματική ανάλυση κατώτερου σώματος. LCS που μας επιτρέπει να υπολογίζουμε ευθυγράμμιση ανώτερου-κατώτερου ποδιού. Ηλεκτρομυογραφία σε BF, ST με παλμογράφο 2 καναλιών. Μετρήθηκε διαφορά έναρξης σύσπασης BF και ST. Αξιολογήθηκε έλεγχος κίνησης σε σύγκεντρη και έκκεντρη. Μυϊκή αντοχή με squat σε οριζόντιο μηχάνημα. Μυϊκή δύναμη και μέσος όρος μέγιστης ροπής και διαφορά ροπής υπολογίστηκαν. Μέτρηση αίσθησης θέσης άρθρωσης και υπολογισμός σφάλματος σε ανάλογη δοκιμασία.	Όχι διαφορά σε γωνία Q, ROM ισχίου και πδκ, και ελαστικότητα καμπτήρων γονάτων. Όχι τάση σε οπίσθιους μηριαίους, τετρακέφαλο, τείνων την πλατεία περιτονία και γαστροκν. σε κανένα πόδι. Όχι διαφορά μήκους. Όχι διαφορά απλών ραδιογραφημάτων. Ραδιογραφική γωνία Q και και πρόσθια ολίσθηση κνήμης παρόμοια μεταξύ ποδιών. MRI συμπτωμ. γονάτου-> όχι ενδοαρθρικές/έξωαρθρικές παθολογίες, πάχος ημιτενοντώδους και ισχνού κανονικό. Ανάλυση κίνησης: διάρκεια για snapping γόνατο να κάνει πλήρη έκταση 82% > από το άλλο γόνατο, αλλά χρόνος από έκταση->υπερέκταση 18% λιγότερος. Κίνηση υγιούς πλευράς απαλή ενώ άλλης πλευράς με γωνιακές ταλαντώσεις, με μεγαλύτερες γωνιώσεις μεταξύ έκτασης-υπερέκτασης. EMG: πολύ αργότερη δραστηριοποίηση των BF και ST σε IR, ER, neutral position για snapping knee (20 ms, 33 ms, 43 ms για snap. και 3 ms, 2 ms 7 ms για υγιές) και ST πιο γρήγορος από BF. Σφάλμα παρακολούθησης τροχιάς 2,6 φορές υψηλότερο σε snap. side και σε σύγκεντρες και σε έκκεντρες. Παρόμοιες μέγιστες ροπές σε οπισθ. μηριαίους και τετρακέφαλο στις 60°/s και 180°/s. λειτουργική αντοχή όχι διαφορές μεταξύ ποδιών. Έλλειμα αίσθησης θέσης της άρθρωσης 2.5 φορές μεγαλύτερο σε snap. side.	snar. Γόνατο μεγαλύτερο έλλειμα σε έλεγχο κίνησης και JPS και ανισοροπία έναρξης ST και BF--> στενή σχέση μεταξύ αισθητικού συστήματος και ελέγχου κίνησης. Μεγαλύτερες ταλαντώσεις μεταξύ έκτασης και υπερέκτασης στο snap. Άρα η υπερέκταση ωθεί σε snap. και επιβεβαιώνεται πως η υπερέκταση δρα αρνητικά σε τένοντα ημιτενοντώδους. Snapping tendon προκαλεί νευρομυϊκές βλάβες. διαφορές σε ξεκίνηση ST και BF προκαλεί snapping tendon και σχετικό με βλάβη κινητικού συστήματος. Όχι διαφορές σε μυϊκή δύναμη και αντοχή αλλά μπορεί το έλλειμα σε JPS, έλεγχο κίνησης και EMG μπορεί να τα επηρεάσει αρνητικά στο μέλλον. Άρα αφού το snap. semitend. tendon επηρεάζει νευροκινητικό σύστημα χρειάζεται χειρουργική αντιμετώπιση.

<p>Nunes, Guilherme S. Tessarín, Bruna Mariana Scattone Silva, Rodrigo Serrão, Fábio Viadanna - 2019</p>	<p>Relationship between the architecture and function of ankle plantar flexors with Achilles tendon morphology in ballet dancers</p>	<p>AT--&gt; Achilles tendinopathy</p>	<p>27 χορευτές μπαλέτου (και των 2 φύλων) 15-35 ετών, χόρευαν τουλάχιστον 1φ./εβδ. Τον τελευταίο 1 χρόνο, εμπειρία σε πουέντ, όχι μωσκ. τραυμ. τους τελευταίους 6 μήνες, όχι χειρουργείο σε κάτω άκρα, όχι μωσκ./νευρ. πρόβλημα</p>	<p>Αν υπάρχει σχέση μεταξύ: 1. μορφολογίας Αχιλλείου, 2. αρχιτεκτονικής γαστροκνημίου και 3. λειτουργίας πελματιαίων καμπτήρων (δύναμη, ευλυγισία, αντοχή) σε χορευτές μπαλέτου.</p>	<p>Μετρήθηκαν: 1. πάχος και ηχογένεια Αχιλλείου και πάχος, γωνία κλίσης, μήκος δεσμιδών γαστροκνημίου με υπέρηχο. 2. ροπή πελμ. καμπτήρων με δυναμόμετρο χειρός. 3. ελαστικότητα γαστροκνημίου. 4. μυϊκή αντοχή σε ενεργητική συνεχόμενης πελματιαίας-ραχιαίας σε όρθια στάση.</p>	<p>σημαντική σχέση μεταξύ: 1. ροπής πελμ. καμπτήρων και πάχος γαστροκν. + πάχος Αχιλλείου, 2. ροπής πελμ. Καμπτήρων + ηχογένεια Αχιλλείου</p>	<p>Συσχέτιση μεταξύ: λειτουργίας και μορφολογίας πελματιαίων καμπτήρων + δομή Αχιλλείου. Αφού πελμ. Καμπτ. Σημαντικοί για δομή Αχ. Τότε ίσως ενδυνάμωση καμπτήρων να αποτρέπει ΑΤ σε χορευτές μπαλέτου --&gt; κι άλλες έρευνες. Πιθανόν αυξημένο πάχος Αχ.-&gt; risk factor-&gt; κι άλλες έρευνες. Εξετάστηκε μόνο ο γαστρ. από το triceps surae άρα δεν ξέρουμε ακριβώς πως κατανέμονται τα φορτία στον Αχιλλείο. Παρατηρήθηκαν δομικές αλλαγές και μειωμένη ηχογένεια σε υπερφορτωμένους τένοντες. Άρα: αυξ. δύναμης μυών ίσως πιο σημαντικό από άλλους παράγοντες όπως αρχιτεκτονική μυών, ευλυγισία + αντοχή δε δείχνουν να έχουν σχέση με δομή τένοντα άρα και με φορτία, χρειάζονται μελέτες για επιπτώσεις μυϊκής δραστ. + κόπωσης σε δομή τένοντα.</p>
--	--	---------------------------------------	---	--	--	---	--

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Ο κλασικός χορός έχει αμετάκλητους κανόνες και νόρμες από τις οποίες δε μπορεί να ξεφύγει κανείς, ιδιαίτερα αν έχει επαγγελματικές βλέψεις. Οι απαιτήσεις του μπαλέτου είναι συγκεκριμένες και περιλαμβάνουν σωστή σωματική ευθυγράμμιση, σωστές αναλογίες, συγκεκριμένη στάση, ευλυγισία σπονδυλικής στήλης, μεγάλο εύρος κίνησης αρθρώσεων, ορισμένη διάταξη ποδιών και ολόκληρου του σώματος και κίνηση στο χώρο, χάρη και αρμονία στην κίνηση αλλά και γενετικές προδιαθέσεις του ατόμου, όπως η εκ φύσεως έξω στροφή του ισχίου (En Dehors – αντεόρ), οι οποίες μπορεί να είναι ιδιαίτερα βοηθητικές για την εξέλιξη του στο χώρο (Gorwa et al., 2020). Η εντατική προπόνηση από μικρή ηλικία προκαλεί αλλαγές στη δομή και την εμφάνιση του μυοσκελετικού συστήματος στους χορευτές (Gorwa et al., 2014; Skwiot et al., 2019).

Το μεγαλύτερο εύρος κίνησης είναι μια από τις πιο χαρακτηριστικές αλλαγές. Οι χορευτές παρουσιάζουν μεγάλο εύρος τροχιάς ποδοκνημικής άρθρωσης σε όλα τα επίπεδα με κυριότερη την πελματιαία και ραχιαία κάμψη είτε αυτές συμβαίνουν παθητικά είτε ενεργητικά (εικ.7) (Bennell et al., 1999; Moltubakk et al., 2018; Saito et al., 2018). Στις μέγιστες μάλιστα τιμές δεν εμφανίζουν υψηλά επίπεδα πόνου (Moltubakk et al., 2018). Το γεγονός αυτό πιθανότατα οφείλεται στην μεγαλύτερη ελαστικότητα όχι μόνο της μυοτενόντιας μονάδας αλλά και του αρθρικού θυλάκου ή/και των συνδέσμων. Η πελματιαία κάμψη μάλιστα φτάνει τις μέγιστες τιμές όταν η προπόνηση γίνεται φορώντας τα ειδικά παπούτσια κλασικού χορού, τις πουέντ (Bickle, Deighan and Theis, 2018). Στην περίπτωση αυτή η καμπτική κίνηση της ποδοκνημικής συμπληρώνεται και από κάμψη των υποκείμενων αρθρώσεων του άκρου πόδα. Οι Bickle, Deighan and Theis, 2018 μελέτησαν τις κινητικές και κινηματικές διαφορές που προκύπτουν κατά τη διάρκεια άσκησης σε παλιές - πολυφορεμένες και σε καινούργιες πουέντ. Συμπέραναν πως η άσκηση σε παλιές πουέντ προκαλεί πολύ μεγαλύτερη επιβολή ακραίων θέσεων κάμψης στις αρθρώσεις του άκρου πόδα και της ποδοκνημικής, σε σχέση με τη χρήση καινούργιων παπουτσιών. Το γεγονός αυτό οφείλεται πιθανότητα στη μείωση της σκληρότητας του υλικού από το οποίο είναι φτιαγμένες, αφού υπόκεινται σε συνεχόμενα αυξημένα φορτία (Kadel et al., 2005). Πάραυτα η χρήση πουέντ κατά την προπόνηση φαίνεται να μειώνει τα φορτία δύναμης αντίδρασης εδάφους που δέχονται οι αρθρώσεις κατά τις αλματικές ασκήσεις (Walter, Docherty and Schrader, 2011).



**Εικόνα 7.** Αυξημένη πελματιαία κάμψη ποδοκνημικής άρθρωσης σε χορεύτρια κλασικού χορού.

Το εύρος της συνολικής έξω στροφής κάτω άκρου (turnout) εμφανίζεται εξίσου αυξημένο για τους χορευτές μπαλέτου (Trepman et al., 1998; Bennell et al., 1999). Παραδόξως δεν οφείλεται απαραίτητα σε μεγαλύτερη ικανότητα έξω στροφής ισχίου των χορευτών, σε σχέση με άλλα άτομα. Αντιθέτως οι επαγγελματίες και μη επαγγελματίες χορευτές κλασσικού χορού μπορεί να εμφανίζουν μικρότερο εύρος τροχιάς έξω στροφής ισχίου συγκριτικά με μη χορευτές, αλλά αντισταθμίζουν το έλλειμα αυτό με συμπληρωματικές στροφικές επιβαρύνσεις των υποκείμενων αρθρώσεων (Trepman et al., 1998; Bennell et al., 1999). Συχνά τεχνάσματα για να επιτύχουν το επιθυμητό turnout είναι η ελαφριά πρόσθια κλίση λεκάνης που επιτρέπει μεγαλύτερη έξω στροφή ισχίου (Gorwa et al., 2020) ή το «βίδωμα» του μηριαίου ενάντια στην αρθρική επιφάνεια της ήδη έξω στραμμένη κνήμης (Bennell et al., 1999). Τέτοιου είδους πατέντα μπορεί να προκαλέσουν οξείς και χρόνιους τραυματισμούς κυρίως στην κνημομηριαία ή επιγονατιδομηριαία άρθρωση (Reid et al., 1987). Επομένως έχουν σίγουρα αυξημένη έξω στροφή κάτω άκρων που δεν προέρχεται από το ισχίο, σε σχέση με άλλες ομάδες ατόμων. Θα ήταν ιδιαίτερα σημαντικό, λοιπόν, οι δάσκαλοι να επιμένουν στην έξω στροφή ισχίου από μικρή ηλικία των χορευτών. Φυσικά ανάλογη σημασία θα έπρεπε να δίνεται και στους έσω στροφείς, που συνήθως είναι εξαιρετικά επιμηκυμένοι στους χορευτές μπαλέτου, καθώς η ενδυνάμωσή τους θα επιφέρει καλύτερη ισορροπία αγωνιστών – ανταγωνιστών (Bennell et al., 1999). Χαρακτηριστική είναι επίσης η υπερέκταση γόνατος που εμφανίζεται σε μεγάλο ποσοστό χορευτών κλασσικού χορού, η οποία είναι αποτέλεσμα συγκεκριμένου προπονητικού προγράμματος και πολλές φορές επιδιώκεται να συμβεί από τους ίδιους τους χορευτές με παραπάνω προσπάθεια, προκειμένου να ικανοποιηθεί η αισθητική πλευρά του μπαλέτου και όχι απαραίτητα η τεχνική (εικ. 8) (Hamilton et al., 1992; Trepman et al., 1998).



**Εικόνα 8.** Αυξημένη υπερέκταση γόνατος σε χορεύτρια κλασσικού χορού.

Οι μυοτενόντιες δομές εμφανίζονται με αρκετά μεγάλη ελαστικότητα και σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να διατηρήσουν μόνιμα μέρος της επιμήκυνσής τους. Ενώ το συνολικό μήκος της μυοτενόντιας μονάδας μπορεί να είναι ίδιο μεταξύ ομάδων χορευτών και μη χορευτών, οι πρώτοι δείχνουν να αποκτούν μεγαλύτερο μήκος μυϊκών δεσμίδων έσω γαστροκνημίου με τις εντατικές διατακτικές προπονήσεις. Ο Αχιλλεύς τένοντας επίσης βρέθηκε πιο μακρύτερος σε όλο το μήκος του σε χορευτές κλασσικού χορού. Το μήκος του ελεύθερου τμήματός του όμως και το συνολικό πάχος του δεν είχαν σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων, ενώ το πάχος του έσω γαστροκνημίου δείχνει να είναι μεγαλύτερο σε χορευτές (Moltubakk et al., 2018; Saito et al., 2018). Σε υψηλό επίπεδο ποδοσφαιριστών φάνηκε πως



το αυξημένο πάχος Αχιλλείου αποτελεί παράγοντα κινδύνου για εμφάνιση τενοντοπάθειας (Jhingan et al., 2011), επομένως ο παράγοντας του πάχους σχετικά με την τενοντοπάθεια θα ήταν καλό να ερευνηθεί πιο εξονυχιστικά και στο χώρο του μπαλέτου. Το πάχος του Αχιλλείου τένοντα για τους Nunes et al., 2019a, έχει άμεση σχέση με τη ροπή των πελματιαίων καμπτήρων και το πάχος, τη γωνία κατάφυσης και το μήκος δεσμίδων (fascicle length) του έσω γαστροκνημίου. Οι συγκεκριμένοι έδειξαν επίσης πως το ποσοστό επιμήκυνσης και η αντοχή των πελματιαίων καμπτήρων δεν σχετίζονται με τη δομή του Αχιλλείου τένοντα, επομένως η παρέμβαση σε αυτές τις ιδιότητες δεν θα βοηθήσει στην αντιμετώπιση των υψηλών φορτίων που δέχεται ο τένοντας. Οι παραπάνω συσχετίσεις μας δίνουν πληροφορίες για το πώς συνδέονται οι μορφολογικές ιδιότητες της μυοτενόντιας δομής γαστροκνημίου – υποκνημιδίου – Αχιλλείου (triceps surae), δυστυχώς όμως δεν είναι αρκετές για να καταλήξουμε σε σίγουρες μεθόδους μείωσης των επαναλαμβανόμενων φορτίων που δέχεται ο Αχιλλεύς τένοντας. Τέτοιες μέθοδοι θα έδιναν πολλές λύσεις για την αντιμετώπιση της τενοντοπάθειας Αχιλλείου, που καταλαμβάνει μεγάλο ποσοστό των τραυματισμών υπέρχρησης στο μπαλέτο (Sobrinho, de la Cuadra and Guillén, 2015). Συνεπώς περισσότερες έρευνες απαιτούνται για πιο σίγουρες απαντήσεις.

Η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα σε γενικότερο πλαίσιο δείχνει να είναι πολυπαραγοντική. Ποικίλει μεταξύ χορευτών - μη χορευτών, δραστηριοτήτων, φάσεων κίνησης. Ποικίλει σε πολλές περιπτώσεις και μεταξύ χορευτών συγκεκριμένης ομάδας με παρόμοιο προπονητικό πρόγραμμα αναλόγως τη στάση, τα ποσοστά έξω στροφής του καθενός και την ισοροπία τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή (Terman et al., 1994; Moltubakk et al., 2018; Gorwa et al., 2020). Παραδείγματος χάριν, όπως προαναφέρθηκε, σε έξω στροφή κάτω άκρου (turnout) ο έξω γαστροκνήμιος βρίσκεται πίσω και ο έσω γαστροκνήμιος μπροστά σε σχέση με ανατομική θέση, άρα μπορεί να υπάρχουν αλλαγές σε EMG δράση λόγω της αλλαγής του προσανατολισμού, αναλόγως τη γωνία έξω στροφής που εφαρμόζει το κάθε άτομο (Terman et al., 1998). Φυσικά οι χορευτές, λόγω της προπονητικής και τεχνικής απαίτησης να διατηρούν συνεχώς τη στάση τους με σωστή ευθυγράμμιση και αναλογίες, ίσως παρουσιάζουν λίγο πιο έντονη και διαρκή ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα κατά την έναρξη, διάρκεια ή και μετά το πέρας μιας άσκησης – δοκιμασίας (Terman et al., 1998). Πιο συγκεκριμένα, οι μπαλαρίνες κατά την τελική φάση του demi-plié διατήρησαν περισσότερο τη σύσπαση του τετρακέφαλου στην έκταση και εμφάνισαν υπερέκταση γόνατος (genu recurvatum) (Terman et al., 1998). Ικανοποιητική διαφοροποίηση μυϊκής δραστηριοποίησης βεβαίως, εμφανίζεται σε περίπτωση τραυματισμού. Βλάβη σε μυοτενόντια δομή ή βλάβη σε γύρω ανατομικό στοιχείο που επηρεάζει τη μυοτενόντια δομή πιθανόν να προκαλέσει καθυστερημένη μυϊκή ενεργοποίηση (Guney et al., 2013). Παρά τις πολλές διαφοροποιήσεις στην ενεργοποίηση μεμονωμένων μυών, αυτό που σίγουρα χαρακτηρίζει τους χορευτές μπαλέτου, είναι καλύτερος έλεγχος κίνησης σε σύγκεντρες και έκκεντρες συσπάσεις, σε σχέση με άτομα που δεν αθλούνται ή που ακολουθούν διαφορετικού είδους προπονητικά προγράμματα. Η συνσύσπαση δηλαδή των μυών τους είναι πιο ελεγχόμενη και ακριβής, δημιουργώντας μικρό ποσοστό ταλαντώσεων (Saito et al., 2018). Η ικανότητα αυτή πιθανώς οφείλεται στην ιδιαιτερότητα των προπονητικών προγραμμάτων και ασκήσεων μπαλέτου, να συνδυάζουν συνεχόμενη εξάσκηση ισοροπίας, καλή μυϊκή ενδυνάμωση και έντονες στατικές και βαλλιστικές διατάσεις για όλα σχεδόν τα μέρη του σώματος, με βασικότερα τον κορμό και τα κάτω άκρα.

Κατά την πελματιαία κάμψη ποδοκνημικής οι χορευτές δεν παρουσιάζουν μεγαλύτερα ποσά δύναμης συγκριτικά με μη χορευτές. Η μέγιστη ροπή, η γωνία μέγιστης ροπής και το συνολικό έργο της κίνησης, δεν έχουν επίσης αξιοσημείωτες διαφορές. Σε ένα κοινό όμως εύρος κίνησης, η σχέση παθητικής ροπής και γωνίας εμφάνισε χαμηλότερες τιμές ροπής για τις χορεύτριες. Συνεπώς για μια ορισμένη τιμή γωνίας οι χορευτές μπαλέτου εφαρμόζουν μικρότερο ποσό δύναμης σε σχέση με άλλα άτομα. Αντιστοίχως σε μια κοινή τιμή ροπής,

καλύπτουν μεγαλύτερη τροχιά (Moltubakk et al., 2018). Χρειάζεται δηλαδή, να καταβάλουν λιγότερη προσπάθεια για να πετύχουν έναν δυναμικό στόχο.

Οι μυοσκελετικές τροποποιήσεις και οι τραυματισμοί που λαμβάνουν χώρα στον κλασικό χορό, όπως είναι λογικό, έχουν επιπτώσεις και στο νευρολογικό σύστημα, όπως η μείωση ιδιοδεκτικότητας, αφού επηρεάζονται οι νευρομυϊκές συνάψεις (Guney et al., 2013). Από την αντίθετη οπτική γωνία, η φλοιονωτιαία διεγερσιμότητα προσαρμόζεται και ενισχύεται με τη μακροχρόνια συμμετοχή σε προπονητικά προγράμματα και την άσκηση (Schubert et al., 2008). Οι Saito et al., 2014 χρησιμοποίησαν διακρανιακή μαγνητική διέγερση (TMS) σε οκτώ απροπόνητες γυναίκες και οκτώ χορεύτριες μπαλέτου που προπονούνται συστηματικά αρκετά χρόνια, ώστε να ερευνηθεί αν η μακροχρόνια προπόνηση μπαλέτου έχει οδηγήσει σε διαφορετική φλοιονωτιαία διεγερσιμότητα του υποκνημιδίου. Κατά την ανάπαυση δεν υπήρξε διαφορά στο εύρος κινητών προκλητών δυναμικών (MEPs) μεταξύ των ομάδων. Κατά την αύξηση, όμως, της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του υποκνημιδίου, τα MEPs των χορευτών αυξάνονταν σχεδόν σε διπλάσιο ποσοστό σε σχέση με των απροπόνητων γυναικών. Συνεπώς η φλοιονωτιαία διεγερσιμότητα είναι πράγματι αυξημένη στους χορευτές για τον υποκνημίδιο, γεγονός που έχει αποδειχθεί και σε άλλου είδους δραστηριότητες, όπως για τους μύες του καρπού σε μουσικούς (Rosenkranz, Williamon and Rothwell, 2007).

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Συνοψίζοντας το πλήθος των παραπάνω πληροφοριών, παράγεται το συμπέρασμα ότι η ενασχόληση με τον κλασικό χορό οδηγεί σε αλλαγές εμβιομηχανικών παραγόντων, οι οποίες προκαλούν έως και μόνιμες αλλαγές στα ανατομικά στοιχεία και πλαστικές αλλαγές σε φλοιονωτιαίο επίπεδο. Περισσότερες έρευνες απαιτούνται για συσχέτιση συγκεκριμένων χορευτικών δοκιμασιών κλασικού χορού και συμπεριφορά εμβιομηχανικών ιδιοτήτων. Η μελέτη περισσότερων παραγόντων θα βοηθήσει στην αντιμετώπιση και κυρίως την πρόληψη τραυματισμών.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ/ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ

1. Vaganova A., 1965. Βασικές αρχές του κλασσικού μπαλέτου. Μετάφραση-επιμέλεια από τα ρωσικά από Παπαδάτου-Καφαντάρη Ρ.: Ελληνικές Εκδόσεις.
2. Basmajian, J. V., Harden, T. P. and Regenos, E. M. (1972) 'Integrated actions of the four heads of quadriceps femoris: An electromyographic study', *The Anatomical Record*, 172(1), pp. 15–19. doi: 10.1002/ar.1091720102.
3. Bennell, K. *et al.* (1999) 'Hip and ankle range of motion and hip muscle strength in young novice female ballet dancers and controls', *British Journal of Sports Medicine*, 33(5), pp. 340–346. doi: 10.1136/bjism.33.5.340.
4. Bickle, C., Deighan, M. and Theis, N. (2018) 'The effect of pointe shoe deterioration on foot and ankle kinematics and kinetics in professional ballet dancers', *Human Movement Science*. Elsevier, 60(February), pp. 72–77. doi: 10.1016/j.humov.2018.05.011.
5. Blazeovich, A. J. *et al.* (2012) 'Neuromuscular factors influencing the maximum stretch limit of the human plantar flexors', *Journal of Applied Physiology*. doi: 10.1152/jappphysiol.00882.2012.
6. Caine, D. *et al.* (2015) 'Epidemiological Review of Injury in Pre-Professional Ballet Dancers', *Journal of dance medicine & science : official publication of the International Association for Dance Medicine & Science*. doi: 10.12678/1089-313X.19.4.140.
7. Chimenti, R. L. *et al.* (2014) 'Altered tendon characteristics and mechanical properties associated with insertional achilles tendinopathy', *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 44(9), pp. 680–689. doi: 10.2519/jospt.2014.5369.
8. Gorwa, J. *et al.* (2014) 'Kinematic analysis of modern dance movement "stag jump" within the context of impact loads, injury to the locomotor system and its prevention', *Medical Science Monitor*, 20, pp. 1082–1089. doi: 10.12659/MSM.890126.
9. Gorwa, J. *et al.* (2020) 'On the track of the ideal turnout: Electromyographic and kinematic analysis of the five classical ballet positions.', *PloS one*. United States, 15(3), p. e0230654. doi: 10.1371/journal.pone.0230654.
10. Grossman, G. *et al.* (2008) 'Reliability and validity of goniometric turnout measurements compared with MRI and retro-reflective markers.', *Journal of dance medicine & science : official publication of the International Association for Dance Medicine & Science*, 12(4), pp. 142–152.
11. Guney, H. *et al.* (2013) 'Semitendinosus snapping: Analysis of movement, electromyographic activities, muscle strength and endurance, motor control and joint position sense', *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*, 3(3), pp. 166–172. doi: 10.11138/mltj/2013.3.3.166.
12. Hamilton, W. G. *et al.* (1992) 'A profile of the musculoskeletal characteristics of elite professional ballet dancers', *The American Journal of Sports Medicine*, 20(3), pp. 267–273. doi: 10.1177/036354659202000306.
13. Hiller, C. E. *et al.* (2008) 'Intrinsic predictors of lateral ankle sprain in adolescent dancers: A prospective cohort study', *Clinical Journal of Sport Medicine*. doi: 10.1097/JSM.0b013e31815f2b35.
14. Hincapié, C. A., Morton, E. J. and Cassidy, J. D. (2008) 'Musculoskeletal Injuries and Pain in Dancers: A Systematic Review', *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. doi: 10.1016/j.apmr.2008.02.020.
15. Jayalath, J. L. R. *et al.* (2018) 'Effects of fatigue on ankle biomechanics during jumps: A systematic review', *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 42, pp. 81–91. doi: 10.1016/j.jelekin.2018.06.012.
16. Jhingan, S. *et al.* (2011) 'Thicker Achilles tendons are a risk factor to develop Achilles tendinopathy in elite professional soccer players', *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*, 1(2), pp. 51–56.
17. Kadel, N. *et al.* (2005) 'Stability of Lisfranc joints in ballet pointe position', *Foot and Ankle International*, 26(5), pp. 394–400. doi: 10.1177/107110070502600510.

18. Karataglis, D. *et al.* (2008) 'Snapping knee syndrome in an athlete caused by the semitendinosus and gracilis tendons. A case report', *Knee*, 15(2), pp. 151–154. doi: 10.1016/j.knee.2007.12.008.
19. Kulig, K., Fietzer, A. L. and Popovich, J. M. (2011) 'Ground reaction forces and knee mechanics in the weight acceptance phase of a dance leap take-off and landing', *Journal of Sports Sciences*. doi: 10.1080/02640414.2010.534807.
20. Leanderson, C. *et al.* (2011) 'Musculoskeletal injuries in young ballet dancers', *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. doi: 10.1007/s00167-011-1445-9.
21. Lee, H. H. *et al.* (2012) 'Changes in biomechanics and muscle activation in injured ballet dancers during a jump-land task with turnout (Sissonne Fermée)', *Journal of Sports Sciences*. doi: 10.1080/02640414.2012.663097.
22. MICHAEL YING, EMMY YEUNG, BRIAN LI, WINNIE LI, M. L. and C.-W. T. (1998) 'SONOGRAPHIC EVALUATION OF THE SIZE OF ACHILLES TENDON: THE EFFECT OF EXERCISE AND DOMINANCE OF THE ANKLE', *Experimental Hematology*, 26(8), p. 740. doi: 10.1016/S0301-5629(02)00008-5.
23. Moltubakk, M. M. *et al.*(2016) 'Hamstrings functional properties in athletes with high musculo-skeletal flexibility', *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. doi: 10.1111/sms.12488.
24. Moltubakk, M. M. *et al.*(2018) 'Specialized properties of the triceps surae muscle-tendon unit in professional ballet dancers', *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. Scand J Med Sci Sports, 28(9), pp. 2023–2034. doi: 10.1111/sms.13207.
25. Nunes, G. S. *et al.*(2019a) 'Relationship between the architecture and function of ankle plantar flexors with Achilles tendon morphology in ballet dancers', *Human Movement Science*. Elsevier, 67(October 2018), p. 102494. doi: 10.1016/j.humov.2019.102494.
26. Nunes, G. S. *et al.*(2019b) 'Relationship between the architecture and function of ankle plantar flexors with Achilles tendon morphology in ballet dancers', Nunes, G. S. *et al.* (2019) 'Relationship between the architecture and function of ankle plantar flexors with Achilles tendon morph', *Human Movement Science*. doi: 10.1016/j.humov.2019.102494.
27. Protzman, N. M., Conkle, S. B. and Busch, M. F. (2015) 'Snapping knee syndrome of the medial hamstrings', *Orthopedics*. doi: 10.3928/01477447-20151002-91.
28. Quanbeck, A. E. *et al.*(2017) 'Kinematic analysis of hip and knee rotation and other contributors to ballet turnout.', *Journal of sports sciences*. England, 35(4), pp. 331–338. doi: 10.1080/02640414.2016.1164335.
29. Reid, D. C. *et al.*(1987) 'Lower extremity flexibility patterns in classical ballet dancers and their correlation to lateral hip and knee injuries', *The American Journal of Sports Medicine*, 15(4), pp. 347–352. doi: 10.1177/036354658701500409.
30. Rosenkranz, K., Williamon, A. and Rothwell, J. C. (2007) 'Motorcortical excitability and synaptic plasticity is enhanced in professional musicians', *Journal of Neuroscience*, 27(19), pp. 5200–5206. doi: 10.1523/JNEUROSCI.0836-07.2007.
31. Saito, S. *et al.* (2014) 'Corticospinal excitability of the ankle extensor muscles is enhanced in ballet dancers.', *Medical problems of performing artists*. United States, 29(3), pp. 144–149. doi: 10.21091/mppa.2014.3030.
32. Saito, S. *et al.* (2018) 'On the skilled plantar flexor motor action and unique electromyographic activity of ballet dancers', *Experimental Brain Research*. Springer Berlin Heidelberg, 236(2), pp. 355–364. doi: 10.1007/s00221-017-5131-0.
33. Schubert, M. *et al.* (2008) 'Balance training and ballistic strength training are associated with task-specific corticospinal adaptations', *European Journal of Neuroscience*, 27(8), pp. 2007–2018. doi: 10.1111/j.1460-9568.2008.06186.x.
34. Simpson, C. L. *et al.*(2017) 'Stretch training induces unequal adaptation in muscle fascicles and thickness in medial and lateral gastrocnemii', *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. doi: 10.1111/sms.12822.
35. Skwiot, M. *et al.* (2019) 'Hypermobility of joints in dancers', *PLoS ONE*, 14(2), pp. 1–13. doi: 10.1371/journal.pone.0212188.

36. Smith, P. J. *et al.* (2015) 'Incidence and Prevalence of Musculoskeletal Injury in Ballet: A Systematic Review', *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. doi: 10.1177/2325967115592621.
37. Smith, T. O. *et al.* (2016) 'Prevalence and profile of musculoskeletal injuries in ballet dancers: A systematic review and meta-analysis', *Physical Therapy in Sport*. doi: 10.1016/j.ptsp.2015.12.007.
38. Sobrino, F. J. and Guillén, P. (2017) 'Overuse Injuries in Professional Ballet: Influence of Age and Years of Professional Practice', *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. doi: 10.1177/2325967117712704.
39. Sobrino, F. J., de la Cuadra, C. and Guillén, P. (2015) 'Overuse Injuries in Professional Ballet: Injury-Based Differences Among Ballet Disciplines', *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 3(6), pp. 1–7. doi: 10.1177/2325967115590114.
40. Trepman, E. *et al.* (1994) 'Electromyographic analysis of standing posture and demi-plie in ballet and modern dancers.', *Medicine and science in sports and exercise*. United States, 26(6), pp. 771–782. doi: 10.1249/00005768-199406000-00018.
41. Walter, H. L., Docherty, C. L. and Schrader, J. (2011) 'Ground reaction forces in ballet dancers landing in flat shoes versus pointe shoes.', *Journal of dance medicine & science: official publication of the International Association for Dance Medicine & Science*. United States, 15(2), pp. 61–64.