



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

Εθνικών και Καποδιστριακών  
Πανεπιστήμιων Αθηνών

— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 —

**Π.Μ.Σ. ΑΘΛΗΣΗ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ**

**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**

**ΙΑΤΡΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ**

**« Μελέτη ετερόπλευρου ελλείμματος δύναμης κάτω άκρων κατά την αλματική  
διαδικασία βάθους σε νεαρούς αθλητές διαφορετικών ειδικοτήτων »**

ΑΘΗΝΑ, ΕΤΟΣ 2024

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Προγράμματος Μεταπτυχιακών  
Σπουδών

**«ΑΘΛΗΣΗ & ΥΓΕΙΑ»**

της Ιατρικής Σχολής του Εθνικού & Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

Εγκρίθηκε την 10/06/2024 από την εξεταστική επιτροπή:

**Τσολάκης Χαρίλαος, Καθηγητής ΣΕΦΑΑ ΕΚΠΑ**

**Κουλουβάρης Παναγιώτης, Αναπληρωτής Καθηγητής, Ιατρική Σχολή ΕΚΠΑ**

**Παπαγιάννης Γιώργος, Επίκουρος Καθηγητής Φυσικοθεραπεία ΠΑΠΕΛ**

<b>Περιεχόμενα:</b>	<b>Σέλ</b>
<b>Περίληψη /Abstract</b>	3-6
<b>Εισαγωγή</b>	6-9
<b>Κεφάλαιο 1ο: Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας</b>	
1.1 Μελέτη Βιβλιογραφίας	10-11
1.2 Διμερές έλλειμμα	11-12
1.3 Ασσυμετρίες στον αθλητισμό	13
1.4 Πιθανά αιτία του ετερόπλευρου ελλείματος και ασυμμετριών	13-18
1.5 Ταξινόμηση ετερόπλευρου ελλείματος και ασυμμετριών	18-19
1.6 Διαθέσιμες μέθοδοι αξιολόγησης ασυμμετριών και ετερόπλευρου ελλείματος	19-22
1.7 Αξιολόγηση ασυμμετριών και ετερόπλευρου ελλείματος στην προπονητική Διαδικασία	22-23
1.8 Επιλογή Κυρίαρχου Άκρου	23-24
1.9 Συμμετρία και Ειδικότητες	24-25
<b>Κεφάλαιο 2ο: Σκοπός και Ερευνητικές Υποθέσεις</b>	25-26
<b>Κεφάλαιο 3ο: Μεθοδολογία</b>	
3.1 Συμμετέχοντες	26
3.2 Πειραματικός σχεδιασμός	26-27
<b>Κεφάλαιο 4ο: Στατιστική ανάλυση- Αποτελέσματα</b>	27-32
<b>Κεφάλαιο 5ο: Συζήτηση</b>	32-36
<b>Κεφάλαιο 6ο: Μελλοντικές συστάσεις</b>	36-37
<b>Κεφάλαιο 7ο: Πρακτικές εφαρμογές</b>	38-39
<b>Κεφάλαιο 8ο: Ηθική δεοντολογία</b>	39
<b>Κεφάλαιο 9ο: Περιορισμοί</b>	40
<b>Κεφάλαιο 10ο: Συμμετοχή στις συγγραφών</b>	41
<b>Κεφάλαιο 11ο: Χρηματοδότηση</b>	41
<b>Κεφάλαιο 12ο: Διευκρινίσεις-Αναγνώριση</b>	41
<b>Κεφάλαιο 13ο: Σύγκρουση ενδιαφέροντος</b>	41
<b>Κεφάλαιο 14ο: Διαθεσιμότητα δεδομένων και υλικών</b>	41
<b>Κεφάλαιο 15ο: Συντομογραφίες</b>	41
<b>Κεφάλαιο 16ο: Βιβλιογραφία</b>	42-69

## **Περίληψη:**

Η παρουσία ισορροπίας σε μέγεθος, σχήμα, μορφή ως προς κάποιο δεδομένο άξονα ορίζεται ως συμμετρία. Στο ανθρώπινο σώμα θεωρούμε συμμετρία αυτή του κάθετου άξονα που χωρίζει το σώμα σε δεξί και αριστερό ήμισυ. Έτσι, οποιαδήποτε απόκλιση από τη συμμετρία αυτή ορίζεται ως ετερόπλευρη ασυμμετρία. Οι όροι της ασυμμετρίας και του ετερόπλευρου ελλείματος δεν θα πρέπει να συγχέονται καθώς είναι δύο διαφορετικά φαινόμενα που μπορεί να επηρεάσουν την απόδοση και την υγεία των αθλητών με διαφορετικούς τρόπους. Η έννοια της ασυμμετρίας έχει υπόσταση ενώ, το ετερόπλευρο έλλειμα είναι ένας μαθηματικός τύπος που εξυπηρετεί σκοπούς ερευνητικούς. Οι ασυμμετρίες αναφέρονται στις διαφορές μεταξύ των δύο πλευρών του σώματος, όπως η διαφορά στη δύναμη, την ευλυγισία ή την κινητικότητα μεταξύ του αριστερού και του δεξιού άκρου και μπορεί να οφείλονται σε πολλούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων τραυματισμών, κληρονομικότητας ή ανακολουθιών στην εκτέλεση ασκήσεων. Αντίθετα, το ετερόπλευρο έλλειμα (bilateral deficit/BLD) αφορά τη μείωση της ικανότητας του σώματος να παράγει δύναμη ή να εκτελέσει κινήσεις όταν χρησιμοποιούνται και τα δύο άκρα ταυτόχρονα σε σχέση με τη χρήση κάθε άκρου χωριστά. Το ετερόπλευρο έλλειμα καθορίζεται συνήθως από την τιμή του διμερούς δείκτη (BI) που προκύπτει από την παρακάτω εξίσωση:  $BI [\%] = 100 \times (\text{bilateral} / \text{right unilateral} + \text{left unilateral}) - 100$ , όπου ετερόπλευρο σημαίνει το άθροισμα των δυνάμεων που παράγονται από κάθε άκρο κατά την ετερόπλευρη σύσπαση, ενώ μονομερής σημαίνει το άθροισμα των μέγιστων δυνάμεων που παράγονται κατά τις μονομερείς συσπάσεις με κάθε άκρο ξεχωριστά. Στον αθλητισμό, η σχέση μεταξύ των ασυμμετριών και του ετερόπλευρου ελλείματος είναι συνήθως διμερής πράγμα που σημαίνει ότι οι ασυμμετρίες μπορούν να επιδεινώσουν το ετερόπλευρο έλλειμα και αντίστροφα. Η ανισορροπία στην ισχύ, για παράδειγμα, μεταξύ των δύο πλευρών του σώματος μπορεί να οδηγήσει σε ανισορροπία στην απόδοση κατά την εκτέλεση ασκήσεων δύναμης ή αντοχής. Για το λόγο αυτό κρίθηκε σκόπιμο για τη συγκεκριμένη μελέτη να αναλυθεί κατά την ανασκόπηση βιβλιογραφίας η σχέση ασυμμετριών και ετερόπλευρου ελλείματος στους αθλητές διαφορετικών φύλων και ειδικοτήτων.

Στόχος της συγκεκριμένης μελέτης είναι να διερευνήσει την επίδραση α) του φύλου και β) της προπονητικής εξειδίκευσης στα ετερόπλευρα ελλείματα θηλέων και αρρένων αθλητών. Στη μελέτη συμμετείχαν 194 αρρένες αθλητές ηλικίας  $18,5 \pm 4,08$  έτη με σωματικό ανάστημα  $180,14 \pm 10,22$  cm και σωματικού βάρους  $73,89 \pm 13,8$  kg και 106 κορίτσια ηλικίας  $16,91 \pm 3,52$  έτη σωματικού αναστήματος  $169,78 \pm 8,10$  cm και σωματικού βάρους  $62,97 \pm 8,46$  kg. Θεωρήθηκαν όλοι υγιείς (34) χωρίς κάποια γνωστή κυριαρχία κάποιου εκ των 2 κάτω άκρων.

Η συγκεκριμένη μελέτη από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας φαίνεται ότι είναι η πρώτη που διερευνά σε βάθος το φαινόμενο του διμερούς ελλείματος όσον αφορά το άλμα βάθους συγκρίνοντας

επίλεκτους νεαρούς αθλητές εθνικών ομάδων ως προς τα δύο φύλα, την εξειδίκευση 16 διαφορετικών αθλημάτων και τα αγωνιστικά χαρακτηριστικά (ομαδικά/ατομικά αθλήματα)

Η διαδικασία της μέτρησης περιλάμβανε την αλματική διαδικασία βάθους αθλητών διαφορετικών ειδικοτήτων, φύλου και ηλικίας (μέγιστο ύψος άλματος σε cm από το έδαφος κατακόρυφα από το ειδικό δάπεδο, τον χρόνο επαφής του αθλητή με το ειδικό δάπεδο μετά την πτώση του από σταθερό ύψος 35cm και υπολογίστηκε ο δείκτης αντιδραστικής δύναμης). Επιλέχθηκε το άλμα βάθους επειδή είναι η αλτική διαδικασία η οποία συνδυάζει έντονα έκκεντρα χαρακτηριστικά (πτώση του σώματος), ισομετρική φάση κατά την αλλαγή κατεύθυνσης και σύγκεντρη δύναμη για την εκτέλεση άλματος. Ελήφθησαν 2-3 μετρήσεις ανά αθλητή και χρησιμοποιήθηκε η βέλτιστη εξ' αυτών. Οι μετρήσεις των ανωτέρων μεταβλητών πραγματοποιήθηκαν ανά αθλητή α) με ταυτόχρονη χρήση και των δύο κάτω άκρων του β) με χρήση μόνο του ενός κάτω άκρου και γ) με χρήση του ετέρου κάτω άκρου (η επιλογή της σειράς χρήσης των κάτω άκρων αφέθηκε στους ίδιους τους αθλητές και συνήθως ξεκινούσαν με το "κυρίαρχο" άκρο τους). Έγινε στατιστική ανάλυση των συλλεχθέντων μετρήσεων με το πρόγραμμα SPSS ενώ για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων αλλά και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων έγινε ανασκόπηση της διεθνούς σχετικής βιβλιογραφίας.

Συμπερασματικά, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο φύλων ως προς το ετερόπλευρο έλλειμμα στο μονοποδικό αντιδραστικό άλμα βάθους (BDDJ) και στον δείκτη αντιδραστικής δύναμης (BDRSI). Ειδικότερα φαίνεται ότι το ετερόπλευρο έλλειμμα στο BDDJ ήταν μεγαλύτερο στους άρρενες αθλητές ( $-10,87 \pm 14,00$  VS  $-2,78 \pm 16,73$ ) από εκείνο των θηλέων ( $p=0.001$ ) ενώ το ετερόπλευρο έλλειμμα στο BDRSI που είναι παράγωγο μέγεθος του χρόνου πτήσης /χρόνου επαφής φαίνεται ότι και τα δύο φύλα είχαν μικρότερη απόδοση μονοποδικά σε σχέση με τη διποδική εκτέλεση ( $p=0.001$ ). Ως προς το ετερόπλευρο έλλειμμα της αντιδραστικής δύναμης ( $p=0.05$ ) φαίνεται ότι το BDRSI των αρρένων αθλητών στα μαχητικά ήταν μεγαλύτερο ( $23.88 \pm 23.82$  VS  $12.88 \pm 20.94$ ) από εκείνο των αθλητών στις αθλοπαιδιές ( $p=0.005$ ) το οποίο ήταν όμοιο εύρημα και για τις αθλήτριες της μελέτης ( $43,11 \pm 50,45$  VS  $18,62 \pm 23,00$ ) ( $p=0.02$ ). Παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές ως προς το χρόνο επαφής μεταξύ αρρένων αθλητών ατομικών σε σύγκριση με τα ομαδικά ( $p=0.032$ ). Ειδικότερα φαίνεται ότι το ετερόπλευρο έλλειμμα του BDCTDJ είναι μεγαλύτερο στα ομαδικά σε σύγκριση με τα ατομικά αθλήματα στους άρρενες αθλητές ( $7,49 \pm 0,91$  VS  $7,57 \pm 0,67$ ) ενώ όμοιο ήταν το αποτέλεσμα και για τις αθλήτριες ( $6,97 \pm 0,88$  VS  $8,72 \pm 1,31$ ). Παρατηρήθηκε επίσης ότι το ετερόπλευρο έλλειμμα του BDRSI ήταν μεγαλύτερο στα ατομικά σε σύγκριση με τα ομαδικά αθλήματα στους άρρενες αθλητές ( $23,96 \pm 2,92$  VS  $20,94 \pm 1,85$ ) με όμοιο αποτέλεσμα να παρατηρείται και στις αθλήτριες ( $46,66 \pm 5,92$  VS  $22,95 \pm 3,45$ ).

Καταλήγοντας, το ετερόπλευρο έλλειμμα μπορεί να έχει διαφορετικές επιπτώσεις στους αθλητές ανάλογα με τον τύπο του αθλήματος και είναι σημαντικό για τους αθλητές και τους προπονητές να αντιμετωπίζουν αυτές τις επιπτώσεις με κατάλληλο τρόπο προκειμένου να βελτιώσουν την απόδοσή

τους και να διατηρήσουν την υγεία τους. Είναι επομένως σημαντικό για τους αθλητές και τους προπονητές να αναγνωρίζουν και να διαχειρίζονται τόσο τις ασυμμετρίες όσο και το ετερόπλευρο έλλειμα προκειμένου να βελτιώσουν την απόδοσή τους και να μειώσουν τον κίνδυνο τραυματισμού.

**Λέξεις κλειδιά:** αθλητικές επιδόσεις, διαφορετικές ειδικότητες, κάτω άκρα, αθλήματα, ασυμμετρίες, ετερόπλευρο έλλειμα

### **Abstract:**

The presence of balance in size, shape, and form with respect to a given axis is defined as symmetry. In the human body, we consider symmetry as that of the vertical axis that divides the body into right and left halves. Thus, any deviation from this symmetry is defined as unilateral asymmetry. The terms asymmetry and bilateral deficit should not be confused as they are two different phenomena that can affect the performance and health of athletes in different ways. The concept of asymmetry is substantive, while bilateral deficit is a mathematical formula serving research purposes. Asymmetries refer to differences between the two sides of the body, such as differences in strength, flexibility, or mobility between the left and right extremities, and may be due to various factors, including injuries, heredity, or inconsistencies in exercise execution. In contrast, unilateral deficit (bilateral deficit/BLD) concerns the reduction in the body's ability to produce force or execute movements when both extremities are used simultaneously compared to the use of each extremity separately. The bilateral deficit is usually determined by the value of the bilateral deficit index (BI) resulting from the following equation:  $BI [\%] = 100 \times (\text{bilateral} / \text{right unilateral} + \text{left unilateral}) - 100$ , where bilateral means the sum of the forces generated by each extremity during bilateral contraction, while unilateral means the sum of the maximum forces generated during bilateral contractions with each extremity separately. In sports, the relationship between asymmetries and unilateral deficit is usually bidirectional, meaning that asymmetries can exacerbate the unilateral deficit and vice versa. Imbalance in strength, for example, between the two sides of the body can lead to performance imbalance during strength or endurance exercises. For this reason, it was deemed appropriate for this particular study to analyze the relationship between asymmetries and bilateral deficit in athletes of different genders and specialties during literature review. The aim of this study is to investigate the effect of a) gender and b) training specialization on unilateral deficits in male and female athletes. The study involved 194 male athletes aged  $18.5 \pm 4.08$  years with a body height of  $180.14 \pm 10.22$  cm and body weight of  $73.89 \pm 13.8$  kg, and 106 female athletes aged  $16.91 \pm 3.52$  years with a body height of  $169.78 \pm 8.10$  cm and body weight of  $62.97 \pm 8.46$  kg. All participants were considered healthy without any known dominance of either lower extremity. This study, based on literature review, appears to be the first to thoroughly investigate the phenomenon of bilateral deficit

concerning the depth jump comparing elite young athletes of national teams regarding both genders, the specialization in 16 different sports, and the competitive characteristics (team/individual sports). The measurement process included the depth jump procedure of athletes of different specialties, genders, and ages (maximum jump height in cm from the ground vertically from the special floor, the athlete's contact time with the special floor after the fall from a stable height of 35 cm, and the reactive force index was calculated). Depth jump was chosen because it combines intense eccentric characteristics (body drop), isometric phase during direction change, and concentric force for jump execution. 2-3 measurements per athlete were taken, and the best of them was used. Statistical analysis of the collected measurements was performed using the SPSS program, while literature review was conducted to draw safe conclusions and interpret the results. In conclusion, statistically significant differences were observed between the two genders regarding unilateral deficit in the depth jump (BDDJ) and the reactive strength index (BDRSI). Specifically, it appears that the unilateral deficit in BDDJ was greater in male athletes ( $-10.87 \pm 14.00$  VS  $-2.78 \pm 16.73$ ) than in females ( $p=0.001$ ), while the unilateral deficit in BDRSI, which is a derived quantity of flight time/ contact time, seems that both genders had lower performance unilaterally compared to bilateral execution ( $p=0.001$ ). Regarding the unilateral deficit of the reactive force ( $p=0.05$ ), it appears that the BDRSI of male athletes in combat sports was higher ( $23.88 \pm 23.82$  VS  $12.88 \pm 20.94$ ) than that of athletes in team sports ( $p=0.005$ ), which was a similar finding for the female athletes of the study ( $43.11 \pm 50.45$  VS  $18.62 \pm 23.00$ ) ( $p=0.02$ ). Significant differences were also observed in the contact time between male individual athletes compared to team sports ( $p=0.032$ ). Specifically, it appears that the unilateral deficit of BDCTDJ was higher in team sports compared to individual sports in male athletes ( $7.49 \pm 0.91$  VS  $7.57 \pm 0.67$ ), while a similar result was observed for female athletes ( $6.97 \pm 0.88$  VS  $8.72 \pm 1.31$ ). It was also observed that the bilateral deficit of BDRSI was higher in individual sports compared to team sports in male athletes ( $23.96 \pm 2.92$  VS  $20.94 \pm 1.85$ ), with a similar result observed in female athletes ( $46.66 \pm 5.92$  VS  $22.95 \pm 3.45$ ). To sum up, unilateral deficit may have different impacts on athletes depending on the type of sport, and it is important for athletes and coaches to address these impacts appropriately in order to improve performance and maintain their health. Therefore, it is important for athletes and coaches to recognize and manage both asymmetries and unilateral deficit in order to improve their performance and reduce the risk of injury.

### **Εισαγωγή**

Υπάρχει μια τάση μεταξύ των ανθρώπων να χρησιμοποιούν κατά προτίμηση τη μία πλευρά του σώματος τους στις εκούσιες κινήσεις και ονομάζεται ετερόπλευρη προτίμηση.

Ως συμμετρία μπορεί να οριστεί η παρουσία ισορροπίας σε μέγεθος, σχήμα, μορφή ως προς κάποιο δεδομένο άξονα. Στο ανθρώπινο σώμα θεωρούμε συμμετρία αυτή του κάθετου άξονα που χωρίζει το σώμα σε δεξί και αριστερό ήμισυ. Έτσι, οποιαδήποτε απόκλιση από τη συμμετρία αυτή ορίζεται ως ετερόπλευρη ασυμμετρία. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι η διατήρηση της ισορροπίας κατά την εκτέλεση ολόκληρης κίνησης είναι απαραίτητη για ποικιλία δραστηριοτήτων της καθημερινής ζωής και του αθλητισμού (158-159) και απαιτεί αλληλεπίδραση μεταξύ διαφορετικών στοιχείων όπως η δραστηριότητα των μυών, ο συγχρονισμός, η σωματοαισθητικότητα, και λοιπές ακουστικές, οπτικές, προκινητικές καθώς και κινητικές λειτουργίες (160-161).

Η έννοια των ασυμμετριών στον αθλητισμό μεταξύ των άκρων συγκρίνει την απόδοση του ενός άκρου σε σχέση με το άλλο και έχει διερευνηθεί ευρέως στη διαθέσιμη βιβλιογραφία. Συχνά οι ασυμμετρίες υπολογίζονται ως ποσοστό κατά το οποίο το ένα άκρο θεωρείται βάση αναφοράς με το άλλο υπό μελέτη άκρο (56). Η προτίμηση του ενός άκρου ξεκινάει από αρχαιοτάτων χρόνων κατά την ανθρώπινη ανάπτυξη. Ακόμα και σε πολύ μικρή ηλικία ο άνθρωπος έδειχνε προτίμηση προς τη μία πλευρά του σώματος του με αποτέλεσμα υποσυνείδητα να δημιουργούνται ασυμμετρίες (206). Παρόλαυτα η προτίμηση αυτή δείχνει μόνο κατά το 10-20% να σχετίζεται με γενετικούς παράγοντες και επηρεάζεται περισσότερο από περιβαλλοντικούς παράγοντες (207). Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν είναι η δυσκολία των ασκήσεων (208), το φύλο (209) και τα χαρακτηριστικά της ανάπτυξης (210). Εικάζεται ότι υπάρχει κάποιο σημείο που πυροδοτεί ασυμμετρίες στα αρχικά στάδια της εφηβείας, αν και αυτού του είδους ασυμμετρίες τείνουν να μειώνονται στα μετέπειτα στάδια της εφηβείας μέχρι περίπου τα 17 έτη. Η μη γραμμική ωρίμανση του του νευρικού συστήματος (220), η βελτιωμένη συνεργασία των ανταγωνιστών μυών (219), η πιθανή μεταμόρφωση των κινητικών μονάδων (214), οι αλλαγές στην απλή κινητική μηχανική (208) έχουν προταθεί πως επηρεάζουν το ρυθμό ανάπτυξης ασυμμετριών κατά την εφηβεία (220). Η παρουσία αυξημένων διακριτών ασυμμετριών θα αναμενόταν σε αθλητικές ενέργειες όπου είναι εμφανής η προτίμηση κυριαρχίας ενός άκρου, παρόλο που τα διαθέσιμα δεδομένα για την υποστήριξη αυτού του ισχυρισμού είναι περιορισμένα(18). Ασυμμετρίες στον αθλητισμό είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει ετερόπλευρες διαφορές σε παραμέτρους όπως η δύναμη και το ύψος άλματος. Πιθανότατα όλοι οι αθλητές θα εμφανίσουν κάποια ασυμμετρία στα κάτω άκρα τους ως αποτέλεσμα των χαρακτηριστικών της ειδικότητας τους και των απαιτήσεων αυτής σε πολλές περιπτώσεις (15). Ασυμμετρίες των κάτω άκρων μπορούν να απορρέουν από ανατομικούς παράγοντες (51), ιστορικό τραυματισμού (52), εξειδικευμένες αθλητικές απαιτήσεις (53), θέση σε κάποιο άθλημα ή και απλά θέμα επιλογής, όπως για παράδειγμα σε αθλητές ολυμπιακών απαιτήσεων οι οποίοι ακολουθούν προγράμματα ετερόπλευρων προπονήσεων για να επιτύχουν απόλυτη νευρομυική και μηχανική ισορροπία (37) Πρόσφατες μελέτες χρησιμοποιούν ως υπόθεση ότι το ασθενέστερο άκρο έχει μεγαλύτερες δυνατότητες προσαρμογής σε σύγκριση με το ισχυρό και μπορεί

να επιδείξει μεγαλύτερη ανταπόκριση στην προπόνηση (18). Πολυάριθμες ταξινομήσεις για την ποσοτικοποίηση αυτών των διακριτών διαφορών μεταξύ των άκρων έχουν καθιερωθεί, περιλαμβάνοντας το κυρίαρχο έναντι του μη κυρίαρχου και το τραυματισμένο έναντι του μη τραυματισμένου άκρου. Η ευρεία γκάμα ταξινομήσεων σημαίνει ότι μέχρι σήμερα δεν υπάρχει καμία ενιαία μέθοδος για την ποσοτικοποίηση των διαφορών μεταξύ των άκρων, με την εξαίρεση της αναφοράς αυτών των ασυμμετριών ως ποσοστιαία διαφορά από το ένα άκρο σε σχέση με το άλλο. Οι αθλητικές ασυμμετρίες θα μπορούσαν να ληφθούν ως ξεχωριστός τύπος ασυμμετρίας που προκύπτει από την μακροχρόνια ενασχόλησή με συγκεκριμένα κινητικά μοτίβα (18) ή νευρομυϊκούς μηχανισμούς. (43)

Στη βιβλιογραφία, φαίνεται ότι έχει διερευνηθεί περισσότερο ο κίνδυνος και η εμφάνιση τραυματισμών σε σύγκριση με τη φυσική ή αθλητική απόδοση όσον αφορά την ύπαρξη ασυμμετριών. Ασυμμετρίες μεταξύ των κάτω άκρων μπορούν να προκαλέσουν αυξημένο κίνδυνο τραυματισμού καθώς το δυνατό άκρο μπορεί να υπομένει υπερβάλλον φορτίο, ενώ το αδύναμο μπορεί να θεωρηθεί σε κίνδυνο ακόμα και με μέσο φορτίο. (219). Από τη διεξοδικότερη μελέτη των διαφορών φαίνεται πως η ύπαρξη ασυμμετρίας σε κάποιο εκ των δυο κάτω άκρων είναι προδιαθεσικός δείκτης για μυϊκό τραυματισμό (41), ενώ αρκετές μελέτες με διαφορετική μεθοδολογία θεωρούν τη σχέση μεταξύ ασυμμετριών και τραυματισμού μη καταληκτική. (42)

Ενώ θα φαινόταν λογικό ότι η ελαχιστοποίηση αυτών των διαφορών είναι επιθυμητή, παραμένει ασαφές εάν αυτό έχει πραγματικά πρακτική σημασία στη φυσική ή αθλητική απόδοση. Η διαθέσιμη βιβλιογραφία έχει δείξει ότι οι διακριτές ασυμμετρίες των άκρων περίπου 10% έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση του ύψους του άλματος και πιο αργούς χρόνους αλλαγής κατεύθυνσης, υποδεικνύοντας ότι η μείωση αυτών των διαφορών μπορεί να είναι ευνοϊκή. Ωστόσο, άλλες μελέτες έχουν δείξει αντικρουόμενα αποτελέσματα. (10)

Συμπερασματικά, κατανοώντας σαφέστερα τις επιδράσεις των διακριτών ασυμμετριών μεταξύ των άκρων στη φυσική και αθλητική απόδοση, παρέχονται στους επαγγελματίες σημαντικές πληροφορίες για τον σχεδιασμό στοχευμένων στρατηγικών προπόνησης. Είναι σαφές ότι οποιαδήποτε προσπάθεια διόρθωσης των ασυμμετριών θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη αφού αποκτηθεί η απαραίτητη εμπειρία και γνώση σχετικά με τον τρόπο δημιουργίας τους (15).

Το ετερόπλευρο έλλειμμα είναι ένα φαινόμενο που παρατηρείται σε αθλητές, ειδικά στον τομέα της ενδυνάμωσης, όπου η συνδυασμένη δύναμη που παράγεται από κάθε άκρο εργασίας ανεξάρτητα είναι μεγαλύτερη από τη δύναμη που παράγεται όταν και τα δύο άκρα εργάζονται ταυτόχρονα (238). Αυτό σημαίνει ότι η συνολική δύναμη που παράγεται από και τα δύο χέρια ή πόδια εργαζόμενα μαζί είναι μικρότερη από το άθροισμα των δυνάμεων που παράγονται από κάθε άκρο που εργάζεται μόνο του. Οι άνθρωποι μπορούν να εκτελούν κάποιες κινήσεις μονομερώς ή διμερώς (9,26).. Η παραγωγή



δύναμης κατά την ταυτόχρονη μέγιστη εκούσια σύσπαση και των δύο άκρων τείνει να είναι χαμηλότερη από το άθροισμα των δυνάμεων που παράγονται από τα αριστερό και δεξί άκρο ξεχωριστά (μονομερής σύσπαση). (14) Η έρευνα σχετικά με το ετερόπλευρο έλλειμμα (BLD) είναι δυνατή όταν εκτελούνται συγκρίσιμες μονομερείς και διμερείς εργασίες, μονομερή και διμερή άλματα ή μονομερείς και διμερείς μετρήσεις μυϊκής δύναμης. Εκτός από το ετερόπλευρο έλλειμμα που παρουσιάζεται κατά την μέγιστη εκούσια σύσπαση, μελέτες έχουν υποδείξει ότι μια παρόμοια έλλειψη στη διμερή εκτέλεση κινητικών εργασιών συμβαίνει και συγκριτικά στους χρόνους αντίδρασης(238). Το ετερόπλευρο έλλειμμα καθορίζεται συνήθως από την τιμή του διμερούς δείκτη (BI) που προκύπτει από την παρακάτω εξίσωση:  $BI [\%] = 100 \times (\text{bilateral/ right unilateral} + \text{left unilateral}) - 100$ , όπου ετερόπλευρο σημαίνει το άθροισμα των δυνάμεων που παράγονται από κάθε άκρο κατά την ετερόπλευρη σύσπαση, ενώ μονομερής σημαίνει το άθροισμα των μέγιστων δυνάμεων που παράγονται κατά τις μονομερείς συσπάσεις με κάθε άκρο ξεχωριστά(238).

Η παρουσία του ετερόπλευρου ελλείματος έχει αποδειχθεί σε διάφορους τύπους μυϊκών συσπάσεων, τόσο ισομετρικών όσο και αργών ή εκρηκτικών-δυναμικών. Η εμφάνιση του ετερόπλευρου ελλείματος σε δυναμικές μονοαρθρικές κινήσεις έχει αναφερθεί ανεξάρτητα από το είδος της σύσπασης. (238) Το μέγεθος του ετερόπλευρου ελλείματος κατά τις συσπάσεις είναι κατά μέσο όρο 10%, και αυξάνεται με την αύξηση της ταχύτητας της κίνησης. (173) Το ετερόπλευρο έλλειμμα είναι πιο ασταθές σε ισομετρικές συνθήκες σε σύγκριση με δυναμικές.(238) Η εμφάνιση του ετερόπλευρου ελλείματος επιβεβαιώθηκε επίσης σε διάφορων ειδών άλματα όπως εκείνα με αντίθετη κίνηση (CMJ), οριζόντια αντίκρουση και άλματα πτώσης (DJ). Κατά την πραγματοποίηση ενός άλματος, το ετερόπλευρο έλλειμμα μπορεί να προσδιορίζεται με διαφορά στο ύψος ενός άλματος με δύο πόδια σε σύγκριση με το άθροισμα των υψών μονοποδικών αλμάτων, ή μπορεί να προκύπτει από άλλες μετρήσεις άλματος (π.χ., μέση ή ακραία ισχύς, μέση ή ακραία δύναμη, χρόνου επαφής με το έδαφος, μεταβλητές περιόδου ενέργειας δύναμης ή ρυθμού ανάπτυξης δύναμης. (35,132)

Πολλοί πιθανοί μηχανισμοί προτείνονται για να εξηγήσουν το φαινόμενο του ετερόπλευρου ελλείματος. Βάσει βιβλιογραφίας, οι πιθανοί υποκείμενοι παράγοντες έχουν διαχωριστεί σε τέσσερις κατηγορίες: ψυχολογικούς παράγοντες, παράγοντες που σχετίζονται με την εργασία μέτρησης, φυσιολογικούς παράγοντες και νευροφυσιολογικούς παράγοντες. Η πιο ευρέως αποδεκτή εξήγηση του ελλείματος είναι η διαδικασία της εγκεφαλικής αναστολής, ένα φαινόμενο που περιγράφει την αναστολή των αντίθετων εγκεφαλικών ημισφαιρίων. (238)

Αυτό το φαινόμενο έχει μελετηθεί εκτενώς στον τομέα της ενδυνάμωσης. Οι ερευνητές έχουν διαπιστώσει ότι όταν άτομα εκτελούν αυτές τις ασκήσεις με τα δύο άκρα ταυτόχρονα (διμερώς), συχνά παράγουν λιγότερη δύναμη σε σύγκριση με όταν εκτελούν τις ίδιες ασκήσεις με κάθε άκρο να εργάζεται ανεξάρτητα (μονομερώς). (238)

Το ετερόπλευρο έλλειμμα μπορεί να έχει σημαντικές επιπτώσεις στα προγράμματα εκπαίδευσης και την απόδοση των αθλητών. Για παράδειγμα, οι προπονητές μπορούν να ενσωματώσουν μονομερείς ασκήσεις στα προγράμματα εκπαίδευσης για να διορθώσουν ανισορροπίες και πιθανώς να αυξήσουν τη συνολική δύναμη ή ακόμα και την απόδοση. Επιπλέον, η κατανόηση του ετερόπλευρου ελλείμματος μπορεί να είναι σημαντική για την πρόληψη τραυματισμών, καθώς η αντιμετώπιση μυϊκών ανισορροπιών και ασυμμετριών μπορεί να συμβάλει στη μείωση του κινδύνου εμφάνισης τους.

Αρνητικές τιμές του διμερούς δείκτη υποδηλώνουν την παρουσία του ετερόπλευρου ελλείμματος, ενώ θετικές τιμές υποδηλώνουν την παρουσία ενός πρακτικά αντίστροφου φαινομένου, της ετερόπλευρης διευκόλυνσης (238).

Στον αθλητισμό, η σχέση μεταξύ των ασυμμετριών και του ετερόπλευρου ελλείμματος είναι συνήθως διμερής πράγμα που σημαίνει ότι οι ασυμμετρίες μπορούν να επιδεινώσουν το ετερόπλευρο έλλειμα και αντίστροφα. Για το λόγο αυτό κρίθηκε σκόπιμο για τη συγκεκριμένη μελέτη να αναλυθεί κατά την ανασκόπηση βιβλιογραφίας η σχέση ασυμμετριών και ετερόπλευρου ελλείμματος στους αθλητές διαφορετικών φύλων και ειδικοτήτων.

## **Κεφάλαιο 1ο : Ανασκόπηση βιβλιογραφίας**

### **1.1 Μελέτη βιβλιογραφίας**

Η μελέτη της βιβλιογραφίας έγινε αποκλειστικά από τον συγγραφέα μέσω κυρίως της διαδικτυακών βάσεων δεδομένων PubMed και του NCBI (National Center for Biotechnology Information) καθώς και άρθρων παρεχόμενων από το ερευνητικό κέντρο Σουκάκος του Πανεπιστημιακού Γενικού Νοσοκομείου «Αττικών». Περιορισμοί εφαρμόστηκαν ώστε να περιορίσουν τις μελέτες σε άρθρα διαθέσιμα στα αγγλικά. Η βάση δεδομένων περιείχε μελέτες κειμένων και άρθρων πλήρους μεγέθους που μελετούσαν αθλητές και είχαν δημοσιευθεί σε περιοδικά σχετιζόμενα με την άθληση. Άρθρα που δεν σχετιζόνταν με τον αθλητισμό ή που δεν ήταν διαθέσιμα στο πλήρες κείμενο δεν συμπεριλήφθηκαν. Στις αρχικές μελέτες διαπιστώθηκε ότι η κυριαρχία των κάτω άκρων αναφερότανε στο πλήρες κείμενο μολονότι πολλές φορές δεν είχε καμία αναφορά στο abstract. Έτσι, έγινε ανάγνωση πολλών άρθρων στο πλήρες εύρος τους παρότι έπειτα απορρίφθηκαν.

Τα αποδεκτά λοιπόν άρθρα ελέγχθηκαν για την εγκυρότητα τους και εγκρίθηκαν ως προς την ικανότητα τους να συμπεριληφθούν. Τα άρθρα απαιτούνταν να μελετούν την ασυμμετρία μεταξύ άκρων και να παρέχουν κατανοητές και λεπτομερείς μετρήσεις, καθώς και να στηρίζονται σε αποδεκτή βιβλιογραφία.

Κατά τη μελέτη της βιβλιογραφίας ελέγχθηκαν ο σχεδιασμός της, τα χαρακτηριστικά του δείγματος, κριτήρια αποδοχής ή απόρριψης του άρθρου, τα διάφορα τεστ ασυμμετρίας, το κατώφλι συμμετρίας, οι βάσεις σύγκρισης, τα αποτελέσματα, οι παρεμβολές, το follow up, τα κύρια ευρήματα.

## **1.2 Διμερές έλλειμμα (Bilateral Deficit/BLD)**

Οι άνθρωποι μπορούν να εκτελούν κάποιες κινήσεις μονομερώς ή διμερώς. Οι Henry και Smith (170) θεωρούνται οι πρώτοι που εδραίωσαν ότι η παραγωγή δύναμης κατά την ταυτόχρονη μέγιστη εκούσια σύσπαση και των δύο άκρων τείνει να είναι χαμηλότερη από το άθροισμα των δυνάμεων που παράγονται από τα αριστερά και δεξιά άκρα ξεχωριστά (μονομερής σύσπαση). Η έρευνα σχετικά με το διμερές έλλειμμα (BLD) είναι δυνατή όταν εκτελούνται συγκρίσιμες μονομερείς και διμερείς εργασίες, όπως μονομερή και διμερή κατακόρυφα άλματα (SJ) ή μονομερείς και διμερείς μετρήσεις της μυϊκής δύναμης (239). Η σημασία και η ανάγκη καταμέτρησης του BLD εξαρτάται από τον τύπο της αθλητικής δραστηριότητας που αξιολογείται (238). Ένα μικρότερο BLD είναι ευεργετικό για αθλητές που εκτελούν κυρίως διμερείς ενέργειες, ενώ στα περισσότερα ομαδικά αθλήματα (όπου η πλειονότητα των μοτίβων κίνησης εκτελείται μονομερώς), ένα μεγαλύτερο BLD είναι πιθανό να είναι ευεργετικό (238).

Ωστόσο, οι Zeleznik P et al (238) παρουσιάζουν διαφορετικά αποτελέσματα και αναφέρουν κυρίως μικρές έως μέτριες συσχετίσεις μεταξύ BLD και αθλητικής επίδοσης. Πρόσφατες μελέτες για το BLD που αφορούν στην αθλητική επίδοση εστιάζουν κυρίως στην ταχύτητα του σπριντ και στην αλλαγή κατεύθυνσης (238). Ο Ascenzi et al. (240) διερεύνησαν τις συσχετίσεις μεταξύ BLD στα SJ και οριζόντιας CMJ με την ταχύτητα του σπριντ και την αλλαγή κατεύθυνσης σε επαγγελματίες ποδοσφαιριστές και δεν ανέφεραν στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις. Η έλλειψη συσχετίσεων μεταξύ BLD και της απόδοσης στο σπριντ αναφέρθηκε επίσης από τους Bishop et al. (241) που χρησιμοποίησαν διάφορα άλματα για να υπολογίσουν το BLD. Ο Nicholson και ο Masini (242) αναφέρουν επιπλέον την απουσία συνδέσεων μεταξύ BLD στα SJ και της αλλαγής κατεύθυνσης. Το μικρότερο BLD στη μέγιστη ισχύ εξόδου στα SJ έχει επίσης δείξει ότι είναι ευεργετικό στην εκτέλεση διμερούς CMJ (τόσο ως προς τη μέγιστη δύναμη όσο και ως προς τη μέγιστη και μέση ισχύ). Σε αντίθεση με τα προαναφερθέντα ευρήματα, τρεις μελέτες (37,227,241) ανέφεραν μέτρια συσχέτιση μεταξύ BLD στο CMJ και CoD, υποδεικνύοντας ότι μεγαλύτερο BLD είναι ευεργετικό για την απόδοση στο CoD. Οι αντιφατικοί αυτοί ισχυρισμοί μπορεί να οφείλονται σε ποικιλία τεστ κινησιολογικής αξιολόγησης για το BLD και την αθλητική επίδοση. Ένας άλλος παράγοντας που θα μπορούσε να εξηγήσει τη διαφοροποίηση μεταξύ των μελετών είναι ότι περιλαμβάνονταν διαφορετικοί πληθυσμοί (238). Ενώ μπορούμε να υποθέσουμε ότι ένα μεγαλύτερο BLD θα μπορούσε να είναι ευεργετικό για την απόδοση μονομερών ενεργειών, όπως οι αλλαγές κατεύθυνσης ή τα άλματα με ένα πόδι, πρέπει να είμαστε κάπως επιφυλακτικοί για το τελευταίο εύρημα, καθώς

ορισμένες μελέτες δεν έχουν επιβεβαιώσει αυτήν τη συσχέτιση (238). Ειδικότερα, οι μελέτες που επιβεβαίωσαν τη θετική επίδραση του BLD στο CoD σε αθλητές βόλεϊ, μπάσκετ και τένις και φοιτητές πανεπιστημίου (37,227,241) αλλά όχι σε ποδοσφαιριστές (240). Αυτά τα αποτελέσματα είναι δύσκολο να εξηγηθούν, καθώς το μπάσκετ, το τένις και το ποδόσφαιρο χαρακτηρίζονται όλα από υψηλή προσέγγιση των δράσεων της αλλαγής κατεύθυνσης. Ωστόσο, απαιτείται περαιτέρω έρευνα για τον συσχετισμό μεταξύ BLD και της δράσης της αλλαγής κατεύθυνσης σε όλα τα αθλήματα. Τα πιθανά οφέλη του BLD στα ομαδικά αθλήματα επιβεβαιώνονται επίσης στη μελέτη εκπαίδευσης των Gonzalo-Skok et al (203), που διεξήχθη σε νεαρούς μπάσκετμπολίστες. Η μελέτη συγκρίνει περιόδους εκπαίδευσης, περιλαμβάνοντας είτε κυρίως μονομερείς είτε κυρίως διμερείς ασκήσεις στην αθλητική επίδοση, ενώ παρακολουθεί το BLD. Όπως αναμενόταν, σε μια ομάδα που εκπαιδευόταν μονομερώς, το BLD αυξάνονταν. Η επίδοση στα άλματα, η ταχύτητα του σπριντ και η μέγιστη ισχύς ενισχύθηκαν σε και τις δύο ομάδες εκπαίδευσης. Η μονομερής εκπαίδευση προώθησε προσαρμογές που βελτίωσαν τα άλματα, το γρήγορο τρέξιμο και την ταχύτητα αλλαγής κατεύθυνσης, τα οποία είναι κρίσιμα στοιχεία στο μπάσκετ και σε άλλα ομαδικά αθλήματα. Μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η σχέση του BLD με την αθλητική επίδοση εξαρτάται από τις απαιτήσεις του αθλήματος. Υπάρχουν ελάχιστες μελέτες που περιλάμβαναν ειδικά σχεδιασμένες δοκιμές απόδοσης για ένα μόνο άθλημα (238). Ένας τομέας έρευνας που πρέπει να επεκταθεί στο μέλλον είναι η σχέση μεταξύ BLD και αθλητικών δοκιμών, καθώς οι τρέχουσες μελέτες επικεντρώνονται κυρίως σε δοκιμές CoD, sprint και άλματος μόνο. Σύμφωνα με την προηγούμενη βιβλιογραφία, αρκετές μελέτες επιβεβαίωσαν το μεγάλο αντίκτυπο των κινητικών εργασιών και των μεταβλητών εξόδου στο BLD και τις συνδέσεις του με την αθλητική απόδοση, με το BLD να μετριέται συνήθως σε διάφορα είδη άλματος (238). Οι μετρήσεις στα περιλαμβανόμενα άρθρα σπάνια περιλάμβαναν τις μετρήσεις της μυϊκής δύναμης μέσω της μέγιστης εθελοντικής ισομετρικής συστολής. Το BLD σε αυτόν τον τύπο εργασίας δε φαίνεται να σχετίζεται με την αθλητική απόδοση των αθλητών (239, 242). Λαμβάνοντας υπόψη το BLD ως μέτρο της αθλητικής απόδοσης, θα ήταν λογικό να πραγματοποιηθούν μετρήσεις σε διάφορα επίπεδα και κατά τη διάρκεια κινητικών εργασιών που είναι συγκεκριμένες για τον αθλητισμό. Εκτός από την ποικιλία των κινητικών εργασιών, οι μεταβλητές που συμπεριλαμβάνονται στον υπολογισμό του BLD ποικίλλουν επίσης(227,241,239,242). Οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν στις μελέτες για τον υπολογισμό του BLD περιλαμβάνουν μέτρηση του ύψους ή του μήκους του άλματος, μέγιστη ισχύς ή δύναμη, χρόνο αντίδρασης, και το ρυθμό ανάπτυξης δύναμης ή ροπής(243,244,245). Στο μέλλον, θα πρέπει να καθοριστούν οι πλέον κατάλληλες μεταβλητές για τον υπολογισμό του BLD(238).

### **1.3 Ασυμμετρίες στον αθλητισμό :**

Ασυμμετρίες έχουν αποδειχθεί ότι προκύπτουν σε μεγάλες αλλά και σε μικρές μυϊκές ομάδες (66-174) , άντρες και γυναίκες αθλητές (175), αθλητικά και μη αθλητικά άτομα (174-175) και σε άτομα με κινητικές δυσλειτουργίες (75). Οι ασυμμετρίες παρατηρούνται περισσότερο στις δυναμικές συσπάσεις στο κάτω μέρος του σώματος ενώ σχετικά λιγότερο παρουσιάζεται σε εκρηκτικές και βαλλιστικές κινήσεις.

Πρόσφατες μελέτες θέλουν την κατεύθυνση της ασυμμετρίας να κυμαίνεται ανάμεσα στα άκρα ανάλογα την άσκηση, την ψυχολογία, την κόπωση του και πολλούς άλλους παράγοντες (26,132,236). Ο Guiard (218) ομαδοποίησε τις αθλητικές απαιτήσεις και ασυμμετρίες σε τέσσερις ομάδες: α) μονόπλευρη επικράτηση όπως για παράδειγμα άλμα μήκους, β) αμφοτερόπλευρη ασύμμετρη επικράτηση όπως για παράδειγμα βόλεϊ golf, γ) αμφοτερόπλευρη συμμετρική όπως ποδηλασία και δ) ταυτόχρονα συμμετρικό: όπως η άρση βαρών. Για παράδειγμα το ποδόσφαιρο θα μπορούσε να καταταχθεί στην δεύτερη ομάδα όπως και άλλες ασκήσεις που περιλαμβάνουν λάκτισμα, αλλαγή κατεύθυνσης και άλματα. Παρόλο που η ύπαρξη της ετερόπλευρης προτίμησης είναι ξεκάθαρη στις δύο πρώτες ομάδες είναι λιγότερο εμφανής στις υπόλοιπες δύο.

Η εκτίμηση της λειτουργικής απόδοσης μπορεί να παρέχει σημαντικές διαφορές σχετικά με τη δύναμη, την ελαστικότητα, την ισορροπία και το συγχρονισμό που είναι απαραίτητα στοιχεία για μια ποικιλία κινήσεων . Μπορεί επίσης να παρέχει μηχανισμό εκτίμησης ασυμμετριών για το άνω η κάτω μέρος του σώματος(226).

### **1.4 Πιθανά αιτία του ετερόπλευρου ελλείματος και των ασυμμετριών:**

Ο κινητικός μηχανισμός του ανθρώπου τόσο κατά την άθληση όσο και την καθημερινότητα περιλαμβάνει πολύπλοκα, κινητικά μοτίβα που απαιτούν την συνεχή ενεργοποίηση περισσότερων από μια μονάδα του κινητικού συστήματος. Η μέγιστη ικανότητα παραγωγής ισχύος από τον άνθρωπο ποικίλει ανάλογα με το αν οι μύες συσπώνται μόνοι τους ή σε συνεργασία με άλλους (13). Οι μηχανισμοί που οδηγούν σε ετερόπλευρο έλλειμμα κατά τις κινήσεις είναι δύσκολο να ερμηνευθούν καθώς πολλοί παράγοντες μπορεί να επηρεάσουν την ικανότητα παραγωγής δύναμης, περιλαμβανομένων την αλληλεπίδραση μεταξύ ακτίνης και μυοσίνης, την κίνηση είτε μιας άρθρωσης είτε πολλαπλών, την ενεργοποίηση και το είδος των μυών που εμπλέκονται καθώς και τις ταχύτητες σύσπασης (14). Αυτή η ενδιαφέρουσα πτυχή της ανθρώπινης νευρομυϊκής λειτουργίας έχει μελετηθεί σε διάφορα αθλήματα και δραστηριότητες, με τους ερευνητές να προτείνουν διάφορες πιθανές αιτίες:

1. **Νευρική αναστολή:** Μία από τις κύριες θεωρίες είναι η νευρική αναστολή. Το κεντρικό νευρικό σύστημα (ΚΝΣ) μπορεί να αναστείλει τη μέγιστη ταυτόχρονη ενεργοποίηση των μυών και στα

δύο άκρα κατά τη διάρκεια διμερών εργασιών, ενδεχομένως ως προστατευτικό μηχανισμό για την πρόληψη της βλάβης από την παραγωγή υπερβολικής δύναμης(238).

2. **Μεσοημισφαιρικός ανταγωνισμός:** Αυτή η θεωρία προτείνει ότι όταν εμπλέκονται και τα δύο άκρα ταυτόχρονα, υπάρχει ανταγωνισμός των νευρώνων των δύο ημισφαιρίων του εγκεφάλου, ο οποίος μπορεί να μειώσει τη συνολική απόδοση. Κάθε άκρο ελέγχεται κυρίως από το αντίθετο ημισφαίριο του εγκεφάλου και η ταυτόχρονη αμφοτερόπλευρη κίνηση θα μπορούσε να οδηγήσει σε μια μορφή νευρικής παρεμβολής(238,173).
3. **Βαθμός εμπλοκής κινητικών μονάδων:** Έχουν παρατηρηθεί διαφορές στο βαθμό εμπλοκής και πυροδότησης κινητικών μονάδων μεταξύ μονομερών και διμερών κινήσεων. Οι μονομερείς κινήσεις συνήθως επιτρέπουν την αποτελεσματικότερη εμπλοκή των κινητικών μονάδων ή τον υψηλότερο ρυθμό πυροδότησης, συμβάλλοντας σε απόδοση μεγαλύτερης δύναμης ή ισχύς κατά την εκτέλεση ασκήσεων(35,132).
4. **Εμβιομηχανικοί και ανατομικοί παράγοντες:** Η δομή του μυοσκελετικού συστήματος και η εμβιομηχανική της κίνησης μπορούν να επηρεάσουν το ετερόπλευρο έλλειμμα. Για παράδειγμα, σε μονομερείς ασκήσεις, οι αθλητές μπορεί να είναι σε θέση να υιοθετήσουν πιο πλεονεκτικές θέσεις σώματος ή να αξιοποιήσουν μηχανισμούς που δεν είναι δυνατοί σε διμερείς ασκήσεις. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε πιο αποτελεσματική εφαρμογή δύναμης κατά τις μονόπλευρες κινήσεις(227,238).
5. **Μυϊκός συντονισμός και συγχρονισμός:** Οι αμφίπλευρες κινήσεις απαιτούν υψηλό βαθμό συντονισμού και συγχρονισμού μεταξύ των άκρων, κάτι που μπορεί να επηρεάσει την απόδοση. Η πολυπλοκότητα του συντονισμού των μυών σε δύο άκρα μπορεί να οδηγήσει σε λιγότερο αποτελεσματικά μοτίβα μυϊκής ενεργοποίησης σε σύγκριση με τις μονόπλευρες κινήσεις(241,239).
6. **Ειδικότητα του αθλήματος ή των εκτελούμενων ασκήσεων :** Η ιδιαιτερότητα της κίνησης που εκτελείται μπορεί επίσης να συμβάλει στο ετερόπλευρο έλλειμμα. Ορισμένες κινήσεις ή ασκήσεις μπορεί εγγενώς να προσφέρονται για μεγαλύτερες αποκλίσεις μεταξύ μονόπλευρης και αμφίπλευρης απόδοσης λόγω της φύσης της κίνησης, των εμπλεκόμενων μυών ή των απαιτήσεων συντονισμού της κίνησης(242,243,245).
7. **Ιστορικό και ειδικότητα προπόνησης:** Οι αθλητές που προπονούνται κυρίως με μονομερείς ασκήσεις μπορεί να αναπτύξουν μεγαλύτερη νευρομυϊκή αποτελεσματικότητα, δύναμη ή συντονισμό σε αυτές τις κινήσεις σε σύγκριση με τις αμφίπλευρες. Αντίθετα, οι αθλητές που εστιάζουν περισσότερο στη διμερή προπόνηση μπορεί να παρουσιάσουν μειωμένο ή αμελητέο ετερόπλευρο έλλειμμα (238).
8. **Ψυχολογικοί Παράγοντες:** Ψυχολογικά στοιχεία, όπως το κίνητρο ή η συγκέντρωση, μπορούν επίσης να επηρεάσουν την απόδοση σε μονομερείς έναντι διμερών ασκήσεων. Η αντίληψη ενός

αθλητή για την προσπάθεια ή η εστίασή του στο έργο που εκτελεί μπορεί να διαφέρει μεταξύ μονομερών και διμερών ασκήσεων, επηρεάζοντας δυνητικά την απόδοση(248).

Πολλές μελέτες έχουν προτείνει πολυάριθμα πιθανά αίτια για την ύπαρξη ασυμμετριών στους αθλητές. Συγκεκριμένα :

1. Οι κινητικές μονάδες που δρουν αργά περιέχουν κόκκινες μυϊκές ίνες με μικρή ικανότητα παραγωγής ισχύος και μικρότερη δυνατότητα κόπωσης, επιστρατεύονται περισσότερο από τις μονάδες που ενεργοποιούνται γρήγορα (λευκές μυϊκές ίνες) οι οποίες έχουν και υψηλή ικανότητα παραγωγής ενέργειας αλλά και ευκολότερη κόπωση (176). Παρατηρείται ότι σε δυνάμεις προερχόμενες από εμπλοκή κόκκινων μυϊκών ινών η ύπαρξη ασυμμετριών είναι αμετάβλητη ή ακόμα και μειωμένη σε σχέση με εκείνες που προέρχονται από εμπλοκή λευκών μυϊκών ινών (177-178). Είναι ξεκάθαρο ότι η ασυμμετρία προκύπτει μόνο σε περιπτώσεις όπου έχουμε ταυτόχρονη ενεργοποίηση ομώνυμων μυών σε ανάποδα μέρη του σώματός (193-194). Κάποιοι υποστηρίζουν τη θεωρία ότι η ετερόπλευρη ασυμμετρία οφείλεται στην ανικανότητα ενεργοποίησης μονάδων ταχείας σύσπασης, καθώς αυτό αυξάνεται στην ταχεία συγκριτικά με την αργή δυναμική συνδυασμένη κάμψη του ισχίου και του γόνατος και σε μεμονωμένη έκταση του γόνατος (173,195).
2. Η κόπωση έχει βρεθεί να αυξάνει την ετερόπλευρη ασυμμετρία στα κάτω άκρα κατά την αλματική διαδικασία μεταξύ ενηλίκων αθλητών (23).
3. Η επαναλαμβανόμενη συστηματική χρήση του ημίσεος του σώματος: μπορεί να οδηγήσει σε άνιση ελαστικότητα, εύρος κίνησης, δύναμη και νευρική ανάπτυξη στο ένα άκρο που με τη σειρά του καταλήγει σε ετερόπλευρο έλλειμμα (89). Έχει παρατηρηθεί ετερόπλευρη προσαρμογή σε αθλητές που ελέγχονται με παρόμοια τεστ και ανήκουν στην διαφορετικές ειδικότητες (73). Μεγαλύτερες ασυμμετρίες μπορούν να αυξήσουν τον κίνδυνο τραυματισμών μεταξύ αθλητών (129-130). Το ετερόπλευρο έλλειμμα μπορεί να είναι ιδιαίτερης σημασίας σε αθλητές που εκτελούν ετερόπλευρες συσπάσεις αποκλειστικά κατά την διενέργεια του αθλήματος τους όπως για παράδειγμα κωπήλατες, αθλητές άρσης βαρών, σκιέρ που εκτελούν άλματα και πιθανόν σε άλτες και ρίπτες όπου η απόδοση περιορίζεται από ισότητα στην κατανομή της (2). Πολλές κινήσεις κατά την προπόνηση στα διάφορα αθλήματα απαιτούν από τους αθλητές να αναπαράγουν την εκτέλεση μονόπλευρων και ασύμμετρων κινήσεων (όπως είναι η αλλαγή κατεύθυνσης και οι κλωτσιές κατά το ποδόσφαιρο). Με την πάροδο του χρόνου αυτό μπορεί να οδηγήσει σε διαφορές ως προς τη δύναμη, την ισχύ και το εύρος της κίνησης των αρθρώσεων εξαιτίας του επαναλαμβανόμενου φορτίου (30).
4. Ψυχολογικοί παράγοντες(30)

5. Αντίληψη : διαφορές στην αντίληψη μεταξύ ετερόπλευρης και αμφοτερόπλευρης κίνησης κατά τη διάρκεια των συσπάσεων ιδιαίτερα στα κάτω άκρα (14).
6. Επίπεδο δεξιοτεχνίας και εκπαίδευσης: Οι αθλητές μπορεί να έχουν διαφορετικά επίπεδα δεξιοτεχνίας μεταξύ των δύο ακρών τους, καθιστώντας δυνατή την ετερόπλευρη ασυμμετρία. (75)
7. Ελλιπής συγκέντρωση κατά την εκτέλεση την μέτρησης (76)
8. Χρονολογική και προπονητική ηλικία: Τα σκορ ασυμμετρίας μεταξύ των άκρων είναι ανάλογο την χρονολογική ηλικία, παρόλαυτα διαφορές της τάξεως του 5% σχετίζονται με μειωμένη φυσική απόδοση κατά τα άλματα, το τρέξιμο και την αλλαγή κατεύθυνσης (15). Η ασυμμετρία δείχνει να μειώνεται με την προπονητική ηλικία στους επαγγελματίες αθλητές ποδοσφαίρου(116). Με την ωρίμανση φαίνεται πως οι αθλητές ενισχύουν την δύναμη και την ταχύτητά τους, παρόλαυτα συχνά παρατηρείται ταυτόχρονα και μια μείωση του νευρομυϊκού τους ελέγχου γεγονός που δυσχεραίνει το ετερόπλευρο έλλειμα (180). Ορισμένες μελέτες εξηγούν μερικώς τις διαφορές ασυμμετρίας με αλλαγές στην δύναμη εξαιτίας φυσιολογικών προσαρμογών στη μυϊκή αρχιτεκτονική με την πάροδο των ετών προπόνησης. (54) Μεγάλες ασυμμετρίες που παρατηρήθηκαν σε νεαρές ηλικίες σχετίζονται άμεσα με το επίπεδο ωριμότητας κατά το οποίο εμφανίζονται αλλαγές στη φυσική απόδοση των νεαρών αθλητών (221). Ανισορροπίες σε δυνάμεις μεταξύ των άκρων τείνουν να μειωθούν με την αύξηση της ηλικίας των αθλητών (112). Η ασυμμετρία φαίνεται να μειώνεται όσο αυξάνεται η ηλικία του επαγγελματία αθλητή (116). Πιο έμπειροι αθλητές φαίνεται ότι είναι ικανότεροι να αντισταθμίσουν με διαφορετικές νευρομυϊκές προσαρμογές και στρατηγικές εξισορροπώντας την απώλεια ελέγχου εξαιτίας ασυμμετρίας η κόπωσης και να διατηρήσουν στο επίπεδο τις απόδοσης (95). Είναι ξεκάθαρο πως οι παίκτες που ωριμάζουν είναι περισσότερο ικανοί να εκτελέσουν κινητικά τεστ κατά γράμμα από τις παρεχόμενες οδηγίες με άμεση συνέπεια την μεγαλύτερη επιτυχία αλλά και την ακρίβεια των μετρήσεων (22).
9. Η Ικανότητα ισορροπίας/Κυριαρχία Άκρου(103)
10. Παράγοντες εμβιομηχανικής: Διαφορές στις γωνίες των αρθρώσεων και στα μήκη των μυών μπορεί να οδηγήσουν σε διαφορετικές δυνάμεις και αποτελέσματα μεταξύ των δύο ακρών.
11. Συμβολή αγωνιστών και ανταγωνιστών μυών καθώς και μυών του κορμού (77)
12. Η ταχύτητα εκτέλεσης της άσκησης(95)
13. Περιβάλλον: Χαρακτηριστικά περιβάλλοντος που μπορούν να επηρεάσουν τις ασυμμετρίες στο τρέξιμο αποτελούν οι ανωμαλίες στο έδαφος καθώς απαιτούν περαιτέρω κινήσεις, αλλάζουν το μηχανικό φορτίο στις αρθρώσεις και στα κόκκαλα γεγονός που επηρεάζει/εντείνει τις ασυμμετρίες.(221)
14. Το είδος της άσκησης (κλειστή ή ανοικτή κινητική αλυσίδα): Η ισοκινητική εκτίμηση που ποσοτικοποιεί την ετερόπλευρη ασυμμετρία σε ομάδες με έκταση και κάμψη του γόνατος (68)



χρησιμοποιεί ανοιχτή κινητική αλυσίδα, η οποία δεν εξειδικεύεται σε αθλητικές ιδιότητες που χρησιμοποιούμε κλειστή κινητική αλυσίδα και περιλαμβάνουν κύκλους κάμψης έκτασης (62) Δοκιμασίες με άλματα ξεπερνούν τέτοιου είδους δυσκολίες: δεν υπάρχει άμεση μέτρηση της παραγόμενης ισχύος (135).

15. Νευρομυϊκοί παράγοντες: Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει ανισοροπίες στη νευρομυϊκή ακολουθία, καθώς και διαφορές στην μεταφορά των νευρικών σημάτων που ελέγχουν τους μύες κάθε άκρου.(13,182-190)
16. Αναστολή: Υπάρχουν προτάσεις ότι η ενεργοποίηση ενός άκρου μπορεί να οδηγήσει σε μερική αναστολή της ενεργοποίησης του άλλου άκρου, μειώνοντας κατά συνέπεια τη συνολική δύναμη που παράγεται.(68)
17. Ατομική ασυμμετρία (51)
18. Παλιό τραυματισμό (52)
19. Θέση στο εκάστοτε άθλημα (51)
20. Κατά την αμφοτερόπλευρη σύσπαση υπομέγιστης προσπάθειας ένας κοινός μηχανισμός υπάρχει στο κεντρικό νευρικό σύστημα για ταυτόχρονη κίνηση ομολόγων μυών και συντονίζεται κυρίως υπό τον έλεγχο του αριστερού ημισφαιρίου για δεξιόχειρες ανθρώπους (63) Μια πιθανή εξήγηση για το ετερόπλευρο έλλειμα δύναμης που αποδεικνύεται από ηλεκτρομυογραφήματα και δυναμικά ρεύματα ίσως να είναι η νευρική αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο ημισφαιρίων όπως προτείνει ο Ohtsuki (64-66).
21. Εκούσια επίπεδα ενεργοποίησης: Αθλητές που χρησιμοποιούν εξωτερικό φορτίο κατά την προπόνηση τους είναι λογικό να προσαρμόζονται σε αυτό. (3) Υπάρχει μια τάση ότι οι ασυμμετρίες προκύπτουν σε συχνότητες κίνησης επιλεγμένες από τους αθλητές. Αυτές εξαφανίζονται όταν οι αθλητές πραγματοποιούν τις ασκήσεις σε υψηλότερη συχνότητα ή μεγαλύτερη δύναμη. Μια ερμηνεία είναι ότι οι ασυμμετρίες αποτελούν μια επιλεγμένη μέθοδο διαχείρισης δυνάμεων από τον αθλητή για κάποιο λόγο και ότι η συμμετρική κινηματική προκύπτει μόνο στα όρια των ικανοτήτων του αθλητή. (17)
22. Η ηθελημένη σύσπαση και το ερέθισμα που δημιουργείται στο φλοιό του ενός ημισφαιρίου πιθανώς μπορεί να καταπιεστεί από το αντίθετο ημισφαίριο μέσω υπαρχόντων ινών διασύνδεσής τους. (196) Η δραστηριότητα του φλοιού μετρήθηκε με ειδικά φλοιικά δυναμικά και ευρέθη επηρεασμένη διαφορετικά ανάλογα τις ετερόπλευρες η αμφοτερόπλευρες κινήσεις. (190)
23. Μηχανισμοί του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος: Φαίνεται να υπάρχει ένα "ηλεκτρικό" δίκτυο μεταξύ των άκρων αν ληφθεί υπόψη η λειτουργία των αντανακλαστικών. Αυτό το "ηλεκτρικό" δίκτυο παίζει το ρόλο του στην εμφάνιση της κόπωσης και της ευενδοτότητας. (2) Λόγω αυτών των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των διαφορετικών συστημάτων παρατηρείται προσαρμογή στις αδυναμίες και αποζημίωση του ενός συστήματος σε σχέση με το άλλο, όπως

για παράδειγμα το κεντρικό νευρικό σύστημα που δύναται να καλύψει τυχόν ελλείμματα δύναμης.  
(164)

24. Τέλος η ασυμμετρία καθαρής μάζας είναι ένας παράγοντας που εξηγεί διαφορές ανάμεσα σε ισχύ και δύναμη κατά το άλμα. (5)

### **1.5 Ταξινόμηση ετερόπλευρου ελλείμματος και ασυμμετριών :**

Ασυμμετρίες μεταξύ άκρων μπορούν να είναι καταστροφικές για άλματα, λακτίσματα και ποδηλασία. Οι ασυμμετρίες μεταξύ άκρων έχουν ποσοτικοποιηθεί στην ανθρωπομετρία, το τρέξιμο, τη δυναμική ισορροπία, και πολλές κινήσεις σχετικές με τον αθλητισμό και πάντα χωρίς συνεπή αποτελέσματα ακόμα και σε πολύ πρόσφατες μελέτες (10)

Πολλές ταξινομήσεις ποσοτικοποίησης των ασυμμετριών έχουν αναφερθεί: περιλαμβάνοντας κυρίαρχο και μη κυρίαρχο (135-136), δυνατότερο και λιγότερο δυνατό (32,138), δεξί και αριστερό (139-140), τραυματισμένο και μη τραυματισμένο (141-143). Το μεγάλο εύρος των ταξινομήσεων ήταν συνέπεια του ότι καμιά μέθοδος ποσοτικοποίησης των ασυμμετριών δεν ήταν ιδανική με εξαίρεση την αναφορά της ασυμμετρίας ως ποσοστό για το ένα άκρο σε σχέση με το άλλο.

Η ταξινόμηση του ετερόπλευρου ελλείμματος σε αθλητές συνήθως περιλαμβάνει την κατηγοριοποίηση της έκτασης και της φύσης των διαφορών στην απόδοση μεταξύ μονόπλευρων (μονόπλευρων) και αμφοτερόπλευρων (και των δύο άκρων) κινήσεων. Παρακάτω αναφέρονται τα προτεινόμενα είδη ταξινόμησης σύμφωνα με τη μελέτη βιβλιογραφικής ανασκόπησης Bishop et al (237):

#### **Παρουσία ή απουσία:**

Διμερές έλλειμμα: Υπάρχει μια μετρήσιμη διαφορά μεταξύ της συνδυασμένης δύναμης ή ισχύος των μονομερών κινήσεων σε σύγκριση με τις διμερείς κινήσεις. Αυτό δείχνει ότι η συνολική απόδοση και των δύο άκρων μαζί είναι μικρότερη από το άθροισμα των μεμονωμένων εξόδων τους.(173)

Χωρίς διμερές έλλειμμα: Δεν υπάρχει σημαντική διαφορά στην απόδοση μεταξύ μονομερών και διμερών κινήσεων.(35)

Μέγεθος:

Μέγεθος διμερούς ελλείμματος: Ποσοτικοποίηση της διαφοράς απόδοσης μεταξύ μονομερών και διμερών κινήσεων ως προς την ποσοστιαία μείωση της δύναμης, της ισχύος ή άλλων σχετικών μετρήσεων απόδοσης.(132) Έτσι ορίζεται:

Μικρό: < 5% διαφορά

Μέτρια: 5-10% διαφορά

Μεγάλο: >10% διαφορά

Κατεύθυνση:

Θετικό διμερές έλλειμμα: Η συνδυασμένη δύναμη ή ισχύς των μονομερών κινήσεων είναι μεγαλύτερη από αυτή των διμερών κινήσεων. Αυτό υποδηλώνει ότι τα μεμονωμένα άκρα παράγουν περισσότερη δύναμη όταν ενεργούν ανεξάρτητα.(227)

Αρνητικό διμερές έλλειμμα: Η συνδυασμένη δύναμη ή ισχύς των μονομερών κινήσεων είναι μικρότερη από αυτή των διμερών κινήσεων. Αυτό είναι το πιο συνηθισμένο σενάριο και συνήθως αυτό που αναφέρεται ως «διμερές έλλειμμα».(241)

Τύπος κίνησης:

Δύναμη: Διαφορές στην παραγωγή δύναμης μεταξύ μονόπλευρων και αμφοτερόπλευρων ασκήσεων δύναμης όπως squats, deadlifts ή πιέσεις πάγκου.

Διμερές έλλειμμα ισχύος: Διαφορές στην παραγωγή ισχύος μεταξύ μονομερών και διμερών εκρηκτικών κινήσεων όπως άλματα, σπριντ ή ολυμπιακές άρσεις.(239)

Λειτουργικές επιπτώσεις:

Λειτουργικό διμερές έλλειμμα: Οι διαφορές στην απόδοση μεταξύ μονόπλευρων και αμφοτερόπλευρων κινήσεων έχουν πρακτικές συνέπειες για την αθλητική απόδοση, τον κίνδυνο τραυματισμού ή τις καθημερινές δραστηριότητες.(242)

Μη λειτουργικό διμερές έλλειμμα: Οι διαφορές στην απόδοση έχουν ελάχιστη ή καθόλου επίδραση στην αθλητική απόδοση ή στις λειτουργικές ικανότητες.(243)

Βάσει Αθλητικής Ειδικότητας:

Ορισμένα αθλήματα μπορεί να απαιτούν πιο συμμετρικές ή ασύμμετρες κινήσεις και η ταξινόμηση του ετερόπλευρου ελλείματος μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με τις συγκεκριμένες απαιτήσεις του αθλήματος.(244)

Αυτό το πλαίσιο ταξινόμησης μπορεί να βοηθήσει τους ερευνητές, τους προπονητές και τους επιστήμονες του αθλητισμού να κατανοήσουν καλύτερα και να αντιμετωπίσουν το διμερές έλλειμμα στους αθλητές, οδηγώντας σε πιο στοχευμένες προπονητικές παρεμβάσεις και στρατηγικές βελτίωσης της απόδοσης.(245)

### **1.6 Διαθέσιμες μέθοδοι αξιολόγησης ασυμμετριών και ετερόπλευρου ελλείματος:**

Το ετερόπλευρο έλλειμμα δύναμης παίζει καθοριστικό ρόλο σε προπονητικές αποφάσεις και έτσι η μέτρηση του με ετερόπλευρα και αμφοτερόπλευρα άλματα δίνει μια οικονομική λύση για την παρακολούθηση της εξέλιξης των αθλητών. Υπάρχει τόσο μεγάλη ετερογένεια ανάμεσα στις μελέτες που είναι αδύνατη η εύρεση της “σωστότερης” μεθόδου για μελέτη του ελλείματος. Προτείνεται έτσι η χρήση περισσότερων της μίας μεθόδων μέτρησης. (3)

Υπάρχει μεγάλη ποικιλία αλματικών διαδικασιών που μπορεί να εκτιμήσει την ασυμμετρία μεταξύ άκρων (55), παράλλατα άλματα κάθετης φοράς με το ένα πόδι έχουν προταθεί όπως τα πιο ευαίσθητα για την ασυμμετρία μεταξύ κάτω άκρων(56).

Η επιλογή του σωστού τεστ μέτρησης των ασυμμετριών με βάση την ηλικία το φύλο και το άθλημα είναι σημαντική καθότι σε διαφορετική περίπτωση θα δοθούν ασαφή αποτελέσματα.

Διαθέσιμες μέθοδοι:

- Vertical jumping (VJ): Οι προπονητές και οι ειδικοί υγείας συχνά εκτιμούν το κατακόρυφο άλμα ως παράγοντα αθλητικής απόδοσης. Κατά τη διάρκεια ενός κατακόρυφου άλματος είναι τυπικά προσδοκώμενο ότι και τα δύο άκρα θα προσφέρουν ίδια δύναμη διαφορετικά η απόδοση θα επηρεαστεί (99) και ο κίνδυνος ατυχήματος θα αυξηθεί (100). Παρόλαυτα, αυτό μπορεί να αποτελεί λανθασμένη εκτίμηση. Κατά το άλμα, το έργο που παράγεται στον αστράγαλο, το γόνατο και το ισχίο επηρεάζουν την απόδοση. Κατά τη μέγιστη προσπάθεια άλματος παρόλαυτα, το ισχίο έχει τη μεγαλύτερη επιρροή στην απόδοση ανάγοντας την μεγαλύτερη δύναμη, το έργο και την ισχύ, σε σχέση με γόνατο και αστράγαλο. (101) Η πραγματική απόδοση συνήθως εκτιμάται με άλματα ενός άκρου και η ασυμμετρία υπολογίζεται ως ποσοστό του ύψους ή του μήκους των αλμάτων μεταξύ ακρών. Είναι δεδομένο ότι το ετερόπλευρο άλμα παρέχει ενδείξεις σχετικά με την λειτουργία των κάτω άκρων (47,104), παρόλαυτα υπάρχουν ελάχιστες έρευνες που σχετίζονται με την παραπάνω διαπίστωση. Παρόμοια τεστ έχουν αξιοποιηθεί για να εκτιμήσουν αθλητές διαφορετικών αθλημάτων όπως για παράδειγμα το ποδόσφαιρο(105), το rugby(106), το κρίκετ (107), το μπάσκετ (108), το βόλεϊ (109) και τα ομαδικά αθλήματα γενικότερα (110) και τις απαραίτητες κινήσεις που εκτελούνται σωστά στα αθλήματα τους.
- Vertical jump force test (VJFT): Η χρήση του VJFT μπορεί να κριθεί χρήσιμη για την παρακολούθηση μακροπρόθεσμων αλλαγών αμφοτερόπλευρης ασυμμετρίας δύναμης σε μεμονωμένους αθλητές. Εκτελείται με τα δύο πόδια και έτσι το μηχανικό φορτίο του τραυματισμένου άκρου μειώνεται σημαντικά σε σύγκριση με τα τεστ που χρησιμοποιούν το ένα πόδι που κατά την παρούσα φάση χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της λειτουργικότητας των τραυματισμένων αθλητών κατά την αποκατάσταση (32).
- Standing broad jump(sbj)
- Lateral jump (LJ)
- Drop jump (DJ): Μια άλλη μελέτη παρομοίως προτείνει τα ετερόπλευρα DJ ως πιο αξιόπιστη μέθοδο μέτρησης κατακόρυφης σκληρότητας (πηλίκο μεταξύ κορυφαίου GRF προς την κατανομή κέντρου μάζας) σε σχέση με το αμφοτερόπλευρο DJ (174). Το μικρό κόστος αυτής της μέτρησης καθώς και η σχετικά μεγάλη εγκυρότητα είναι που την καθιστούν μια από τις πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες. Ηπιότερη προσγείωση κατά το άλμα χαρακτηρίζεται από αυξημένη κάμψη σε γόνατο και ισχίο καθώς και μειωμένη GRF. Παλαιότερα, ερευνητές έχουν επίσης αναφέρει ότι προσπάθειες για προσγείωση πιο ομαλά μείωσαν την κορυφαία GRF αλλά αύξησαν το μηχανικό φορτίο το κάτω άκρο κατά τις ασκήσεις προσγείωσης (153-154). Ασύμμετρα GRF πρέπει να ερμηνεύονται ως παραλλαγές στην φόρτιση των άκρων καθώς επηρεάζονται από τον

τρόπο που τα κάτω άκρα, η λεκάνη και το σώμα συντονίζονται ώστε να εκτελέσουν άλμα και όχι απαραίτητα από την δύναμη και την ισχύ (27).

- Countermovement jump(cmj): αποτελεί ένα αρκετά ευαίσθητο τεστ στον εντοπισμό ασυμμετριών, παρόλαυτα είναι απαραίτητο να έχουμε μια κριτική ματιά εάν θέλουμε να θεωρήσουμε αυτή την αξία ως παράγοντα κινδύνου για ατύχημα ή μειωμένη απόδοση (25). Ο Benjanuvatra πρότεινε τα ετερόπλευρα cmj σε σχέση με το αμφοτερόπλευρα για την απόκτηση πιο ακριβών μετρήσεων για τις ασυμμετρίες. (27) Cmj ενός ποδιού στηρίζεται στις δυνάμεις έκτασης που παράγονται από το άλλο άκρο και είναι πιο ενδεικτικό της λειτουργικής δυναμικής διαφοράς ανάμεσα στις δύο πλευρές των κάτω άκρων. (27) Σχετικά με τα τεστ κλινικής δύναμης όπως το συγκριτικό cmj, επικεντρώνονται περισσότερο στο άθλημα (172), απαιτούν ελάχιστες πηγές και μπορούν να αξιοποιηθούν πιο εύκολα κατά την κλινική πράξη. (142,171) Cmj ενός άκρου χρησιμοποιείται όταν κάποιος χρειάζεται εκτίμηση της λειτουργικής δυναμικής συμμετρίας των κάτω άκρων παρά τις παλαιότερες προτάσεις για χρήση του cmj και των δύο άκρων σε ασθενείς που ανακάμπτουν από τραυματισμό κάτω άκρου για την ανάδειξη λειτουργικής ασυμμετρίας του. (32) Το single leg CMJ δείχνει να είναι πιο ευαίσθητο στην ανίχνευση ασυμμετριών μεταξύ άκρων από οριζόντια ή πλάγια τεστ αλμάτων αποτελώντας έτσι ένα χρήσιμο τεστ για την ποσοτικοποίηση ασυμμετριών με άλματα. (132)
- Squat jump (SJ)
- Χρήση του ηλεκτρομυογραφήματος (1) για την μελέτη της δύναμης δεν συνίσταται καθώς διαφορετικοί μύες χρησιμοποιούν διαφορετική ενεργοποίηση των ινών για να παράγουν δυνάμεις. (79) Παράδοξο είναι ότι αμφοτερόπλευρη σύσπαση σε πολύ μικρή ισχύ ευνοεί τη διατήρηση της απόδοσης ενώ διακεκομμένες επαναλαμβανόμενες συσπάσεις με υψηλή ισχύ αποδεικνύεται ότι μειώνουν την απόδοση (170-171).
- Μια μέθοδος ποσοτικοποίησης του ετερόπλευρου ελλείμματος αποτελεί και η μέτρηση του δείκτη συμμετρίας (SI). Ο δείκτης συμμετρίας άκρων(Isi) ορίζεται ως η ετερόπλευρη σύγκριση μεταξύ των άκρων σχετικά με διάφορους παράγοντες όπως ισχύς και δύναμη(36) αλλά και ισορροπία (159,162) μεταξύ υπερέχοντος και τραυματισμένου και είναι από τις πιο σύγχρονες μεθόδους ποσοτικοποίησης της ασυμμετρίας ανάμεσα σε διακριτές μεταβλητές, παρόλαυτα απαιτεί την επιλογή ενός μεγέθους αναφοράς, για το λόγο αυτό κρίθηκε δύσχρηστος στη συγκεκριμένη μελέτη (21,32,48).
- Μια ακόμα πρόταση αποτελεί η γωνία συμμετρίας (SA) η οποία δεν έχει τιμή αναφοράς, παρόλα αυτά ούτε αυτός ο τρόπος αντικατοπτρίζει αναλογικά το μέγεθος της διαφοράς ανάμεσα στα δύο άκρα. (21)
- Τέλος υπάρχουν τεστ που χρησιμοποιούνται για τη φορά σύγκλησης της ασυμμετρίας όπως τα άλματα ισορροπίας (star excursion balance test η y balance test). (23)

Σε αθλήματα με μεγάλες σεζόν η συχνή προπόνηση και οι διαγωνισμοί μπορούν να περιορίσουν τις ευκαιρίες για ανάρρωση και κατ' επέκταση την απόδοση με αποτέλεσμα τις αλλαγές στο νευρομυϊκό έλεγχο και στην μηχανική της κίνησης.(112).

Εξ όσων γνωρίζουμε, έως πρόσφατα ελάχιστες έως καμία μελέτη ως σήμερα δεν έχει συγκρίνει άμεσα τα ετερόπλευρα ελλείματα των κάτω άκρων με περισσότερες των δυο ανωτέρων μετρήσεων ποσό μάλλον με όλες. Μια τέτοια μελέτη θα οδηγούσε σε αξιοσημείωτες διαφορές στο μέγεθος της ασυμμετρίας. Έτσι, συνήθως εξετάζεται εάν υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των αλληπαλλήλων μετρήσεων και των μεθόδων υπολογισμού αν δυο με τρεις την κάθε φορά, γεγονός που θα παρέχει στους επαγγελματίες σημαντικές πληροφορίες σχετικά με το ποια μέθοδος μπορεί να είναι ευνοϊκή για τη διαμόρφωση προφίλ ασυμμετρίας μεταξύ των άκρων.(237)

### **1.7 Αξιολόγηση ασυμμετριών και ετερόπλευρου ελλείματος στην προπονητική διαδικασία**

Το ετερόπλευρο έλλειμα μοιάζει να είναι ένα φαινόμενο μη συνεπές, με υψηλή μεταβλητότητα σε μέγεθος, ύπαρξη ακόμα και κατεύθυνση (26,132,236). Πολλοί μηχανισμοί έχουν προταθεί πως υποκινούν το φαινόμενο ανά τα χρόνια παρόλαυτα χωρίς απόλυτη αποσαφήνιση του φαινομένου (2). Αποτελέσματα μελετών συστήνουν ότι δεδομένα σχετικά με το ετερόπλευρο έλλειμα μπορούν να είναι χρήσιμα στη λήψη αποφάσεων σχετικά με την ποσότητα ετερόπλευρων ασκήσεων που απαιτούνται στους αθλητές ανάλογα με την ειδικότητα τους. (86)

Αξίζει να σημειωθεί πως κατά κάποιους δεν είναι ξεκάθαρο εάν η κυριαρχία των κάτω άκρων έχει επιρροή στη συχνότητα τραυματισμού τους (34) ενώ για άλλους η συσχέτιση είναι άμεση (130).

Ασυμμετρίες σε επίπεδο έως 10%-15% αναδεικνύονται ως κλινικά σημαντικές (46). Παρότι οι ασυμμετρίες μεταξύ των κάτω άκρων διαφέρουν ανάμεσα στις διαφορικές ειδικότητες, ηλικίες, φύλα και λόγω πολλών άλλων παραγόντων φαίνεται πως διαφορές πλέον της τάξεως πλέον του 10-15% σχετίζονται με μειωμένη απόδοση κατά τα άλματα, το τρέξιμο και την αλλαγή κατεύθυνσης (15), ενέχουν και αυξημένο κίνδυνο τραυματισμού δίχως επαφή και χρήζουν λήψης μέτρων σε προπονητικό αλλά και ιατρικό επίπεδο (47,145).

Οι μεγαλύτερες του 10-15% ασυμμετρίες αυξάνουν τον κίνδυνο μη τραυματικών ατυχημάτων(π.χ. ρήξη προσθίου χιαστού συνδέσμου) μεταξύ των αθλητών και επηρεάζουν την τεχνική επάρκεια στις διάφορες ειδικότητες (9,32). Είναι επίσης παράγοντας κλειδί για να αποφασιστεί η επιστροφή στο παιχνίδι μετά από κάποιο τραυματισμό, σχετίζονται με μειωμένο νευρομυϊκό έλεγχο στα άλματα και έχουν πολύ σημαντικό αντίκτυπο στην αθλητική απόδοση.(25)

Σε πρόσφατες μελέτες, ασυμμετρίες μικρότερες του 10% έχουν προταθεί ως όριο για επιστροφή αθλητών υψηλού επιπέδου στην προ τραυματισμού τους κατάσταση (10).

Πάρα την εκτεταμένη βιβλιογραφία ένα μεγάλο ποσοστό της ασυμμετρίας αυτής παραμένει ανεξήγητο. (26,132,236)

Η διαθέσιμη βιβλιογραφία έως και σήμερα προτείνει ότι διαφορές ανάμεσα στα άκρα μπορεί να έχουν δραματικό αποτέλεσμα στη φυσιολογία και την αθλητική απόδοση των αθλητών (126), παρότι οριστική απάντηση δεν υπάρχει (18), έτσι συνιστάται οι προπονητές συχνά να εκτιμούν τις διαφορές ανάμεσα στα κάτω άκρα καθόλη τη διάρκεια της προπονητικής σεζόν για να βεβαιωθούν ότι αθλητές δεν ξεπερνάνε το κατώφλι επικινδυνότητας των 10-15 % (26).

Διαφορές μεταξύ των άκρων είναι καλά καταγεγραμμένες στη βιβλιογραφία, παρόλα αυτά οι ασυνέπειες που σχετίζονται με τις μετρήσεις των διαφορών αλλά και οι φυσιολογικές τιμές έχουν περιθώριο περαιτέρω κατανόησης (33).

Οι αθλητικές κινήσεις χαρακτηρίζονται από κινήσεις οι οποίες εναλλακτικά απαιτούν διμερείς ή και μονόπλευρες κινήσεις. Σε κάποια αθλήματα με ασύμμετρα χαρακτηριστικά η επαναλαμβανόμενη κίνηση των βασικών κινήσεων εγκαθιστά διαφορές οι οποίες αξιολογούνται συστηματικά, προκειμένου να διαπιστωθεί η ένταση και η ποιότητα των διαφορών.

## **1.8 Επιλογή κυρίαρχου άκρου**

Η μελέτη σχετικά με την κυριαρχία κάποιου άκρου μπορεί να δώσει πληροφορίες σχετικά με τις ετερόκλητες λειτουργίες των εγκεφαλικών ημισφαιρίων (103). Η κυριαρχία ενός κάτω άκρου είναι λιγότερο σχολιασμένη σε σχέση με την κυριαρχία ενός εκ των δύο άνω άκρων επειδή η δεύτερη αποτελεί κριτήριο ενδεικτικό της εξειδίκευσης των εγκεφαλικών ημισφαιρίων (121). Παρόλαυτα, δεν υπάρχει απόδειξη πώς αθλητές με κυριαρχία ενός άκρου έχουν μειονέκτημα σε σχέση με αθλητές με ισότιμη χρήση των άκρων τους (8).

Το 25-45% του πληθυσμού παρουσιάζει προτίμηση στο δεξί κάτω άκρο ως κυρίαρχο (17).

Στη βιβλιογραφία επιλέγεται υποκειμενικά ως το πόδι που χρησιμοποιείται κατά το λάκτισμα (58,122-124), το πόδι που χρησιμοποιείται για την ανάβαση σκάλες (56) το πόδι που χρησιμοποιείται για την ανάκτηση ισορροπίας σε περίπτωση απώλειας της (60), και πιο λειτουργικά με τους όρους το δυνατότερο και πιο αδύναμο (56) και τέλος εκείνο με το ψηλότερο κατακόρυφο άλμα (57), με βάση την ύπαρξη τραυματισμού ή μη (33). Ο καθορισμός της προτίμησης επίσης μπορεί να γίνει με καταγραφές όπως εκείνη του Waterloo (212), μέσω μετρήσεων δεικτών ασυμμετρίας (213), μέσω λόγων του δεξιού προς το αριστερό (32) ή μέσω στατιστικών διαδικασιών (215-216). Οι δοκιμασίες που περιλαμβάνουν άλματα παρουσιάζουν διαφορές σε σχέση με αυτά που περιλαμβάνουν αλλαγή κατεύθυνσης ή σπριντ, υποδεικνύοντας ότι έχουμε μεγαλύτερη ευαισθησία στην μέτρηση των ασυμμετριών.(132) Ταύτιση του κυρίαρχου άκρου (υποκειμενικά επιλεγμένο) με το δυνατότερο άκρο (επιλεγμένο μέσα από ειδικές μετρήσεις) είναι πιθανόν να μην επιτευχθεί (24,235).

Καθώς τα μονόπλευρα άλματα θεωρούνται αρμόδια για την ποσοτικοποίηση της παραγόμενης ισχύος, δίνουν μεγαλύτερη έμφαση στο ένα πόδι γεγονός αντιπροσωπευτικό, κατά τα περισσότερα αλτικά αθλήματα όπως το μπάσκετ (27).

Αντιθέτως το αμφοτερόπλευρα άλματα είναι πιο αξιόπιστη εναλλακτική κατά τη μέτρηση ταχύτητας δύναμης και εκρηκτικότητάς (26).

Στη βιβλιογραφία όπου κατά βάση μελετώνται ασυμμετρίες ή το ετερόπλευρο έλλειμμα τα άλματα πολλαπλών κατευθύνσεων δείχνουν να κερδίζουν συνεχώς έδαφος ως βασικός τρόπος αξιολόγησης (132).

Ασκήσεις με τη χρήση αλμάτων συστήνονται για την εκτίμηση συμμετρίας δύναμης ανάμεσα στα άκρα λόγω του κύκλου διάτασης-σύσπασης και τον υψηλό βαθμό παραγωγής δύναμης (32). Ειδικά τα μονόπλευρα άλματα εξυπηρετούν επειδή η κίνηση τους βασίζεται στην δύναμη που παράγεται από τη μία πλευρά και την απέναντι ξεχωριστά (27).

Πρόσφατη βιβλιογραφία αποδεικνύει ότι η προτίμηση άκρου να εξαρτάται από την εκάστοτε άσκηση που ζητείται σε κάθε αθλητή να εκτελέσει (28,30,234).

Ανάλογα το άθλημα κάθε κάτω άκρο μπορεί να χρησιμεύει σε συνέργεια με το άλλο ή να υπερτερεί, χωρίς αυτό να σημαίνει πως το εναπομείναν άκρο παραμένει σε αχρησία, καθώς πολλές φορές παίζει το ρόλο του σταθεροποιητή (34) .

Εσφαλμένα πολλές φορές η προσοχή επικεντρώνεται στο κυρίαρχο άκρο, ενώ αναγκαία κρίνεται η μελέτη και των δύο άκρων.(1)

### **1.9 Συμμετρία και ειδικότητες**

Η βιβλιογραφία προτείνει ότι η ασυμμετρία μπορεί να είναι προσαρμοστική αλλά και μη λειτουργική λόγω κάποιας συγκεκριμένης άσκησης που συμμετέχει ένα άτομο επαναλαμβανόμενα (80). Σχετικά με την προτίμησή πλευράς η βιβλιογραφία συστηματικά προτείνει ότι το 90 τοις 100 των ανθρώπων παρουσιάζουν ξεκάθαρη προτίμησή του δεξιού άνω άκρου ενώ μόνο το 25 με 45 τοις 100 παρουσιάζουν προτίμηση του δεξιού κάτω άκρου (97).

Η συμμετρία δύναμης των κάτω άκρων θεωρείται ότι σχετίζεται με την αύξηση της απόδοσης σε αθλητές αμερικανικού ποδόσφαιρο (32).

Άλλες μελέτες αποδεικνύουν αμελητέες διαφορές μεταξύ αθλητών και υποθέτουμε ότι το δυνατότερο άκρο καλύπτει το έλλειμμα δυνάμεις το πιο αδύναμο άκρο κατά τα squat jump (128) αλλά και τα cmj (74).

Τα ομαδικά αθλήματα ευνοούν αθλητές που χρησιμοποιούν εξίσου και τα δυο πόδια αφού τα χαρακτηριστικά της κίνησης συνδέονται με την τεχνική και την τακτική του κάθε αθλήματος. Παρόλα αυτά λίγοι αθλητές ποδοσφαίρου αναπτύσσουν αμφοτερόπλευρη κίνηση και συμμετρική απόδοση ενώ και περισσότεροι απ' αυτούς τείνουν να το ένα άκρο σε σχέση με το άλλο (70).



Επιπλέον μεγαλύτερες ασυμμετρίες σε υψηλότερες κατηγορίες αθλητών ποδοσφαίρου σε σύγκριση με χαμηλότερης κατηγορίας υποδεικνύουν ότι μεγαλύτερα ανταγωνιστικά επίπεδα μπορούν να επηρεάσουν την ασυμμετρία δύναμης (59). Έτσι ασυμμετρίες άκρων μπορεί να είναι επιθυμητές σε μερικές περιπτώσεις.

Το κυρίαρχο άκρο έχει αποδειχθεί να συμπεριφέρεται καλύτερα σε ασκήσεις νευρομυϊκής ενεργοποίησης όταν ελέγχεται με κλειστή κινητική αλυσίδα (45).

Αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι είναι ο νευρομυϊκός έλεγχος μειώνεται κατά την πορεία της αγωνιστικής σεζόν κυρίως μέσω αυξήσεων στις δυνάμεις προσγείωσης γεγονός που μπορεί να αυξήσει το σχετικό κίνδυνο τραυματισμού (7).

Οι Simon and Ferris απέδειξαν ότι ασυμμετρίες στην παραγόμενη δύναμη κατά τη μυϊκή συμμετρική έκταση του γόνατος δεν μπορούν να προβλεφθούν από τις ασύμμετρες δυνάμεις κάθε άκρου ξεχωριστά στην ίδια άσκηση. Παρόλα αυτά όταν και τα δύο άκρα εκτέλεσαν την ίδια άσκηση ταυτόχρονα παρατηρήθηκε σημαντική ασυμμετρία λόγω ασύμμετρων κινητικών εντολών του ΚΝΣ (137).

Προς το παρόν υπάρχουν πεπερασμένα δεδομένα για την εξέταση των εποχιακών παραλλαγών σε απόδοση και κίνδυνο τραυματισμού σε αθλητές διαφορετικών ειδικοτήτων. Άλλες μελέτες προτείνουν τις ασυμμετρίες μεταξύ άκρων ως πιθανό αίτιο τραυματισμού (34,61) ενώ πιο πρόσφατες δεν αποσαφηνίζουν συσχέτιση. (236)

Κατά συνέπεια ασυμμετρίες μέχρι 12% έχουν προταθεί ως στόχος για αποδέσμευση ασθενή αλλά και επιστροφή των αθλητών στο άθλημα (144-145).

## **Κεφάλαιο 2ο: Σκοπός και Ερευνητικές υποθέσεις**

Αυτή η μελέτη έχει ως στόχο να διερευνήσει την επίδραση α) του φύλου και β) της προπονητικής εξειδίκευσης και γ) του είδους του αθλήματος (ατομικό η ομαδικό) στα ετερόπλευρα ελλείματα αθλητών και αθλητριών ηλικίας 14-22 ετών.

### **Ερευνητικές υποθέσεις**

Υποθέσαμε πως το ετερόπλευρο έλλειμα ήταν σε παρόμοια επίπεδα σε όλους τους αθλητές του δείγματος ανεξαρτήτως ποικιλομορφίας προπονήσεων στις διάφορες ειδικότητες.

Το ετερόπλευρο έλλειμα διαφοροποιείται αναμεσά σε αθλητές αντίθετου φύλου;

Επηρεάζει η εκάστοτε ειδικότητα το ετερόπλευρο έλλειμα;

Το είδος του αθλήματος σχετικά με το αν είναι ομαδικό η ατομικό ασκεί επιρροή στο ετερόπλευρο έλλειμα;

## **Κεφάλαιο 3ο: Μεθοδολογία**

### **3.1 Συμμετέχοντες**

Στη μελέτη συμμετείχαν 194 άρρενες αθλητές ηλικίας  $18,5 \pm 4,08$  έτη με σωματικό ανάστημα  $180,14 \pm 10,22$  cm και σωματικού βάρους  $73,89 \pm 13,8$  kg και 106 κορίτσια ηλικίας  $16,91 \pm 3,52$  έτη σωματικού αναστήματος  $169,78 \pm 8,10$  cm και σωματικού βάρους  $62,97 \pm 8,46$  kg. Θεωρήθηκαν όλοι υγιείς (34) χωρίς κάποια γνωστή κυριαρχία κάποιου εκ των 2 κάτω άκρων. Παράγοντες όπως η διατροφή, το περιβάλλον, ο εξοπλισμός των μετρήσεων και η προετοιμασία του αθλητή ελέγχθηκαν όσο είναι δυνατόν. Οι αθλητές έχουν ποικιλομορφία ως προς την προπονητική εμπειρία τους σε διαφορετικά αθλήματα και προπονούνται συστηματικά 5 φορές την εβδομάδα. Τα άτομα αυτά προσήλθαν στο εργαστήριο του ερευνητικού κέντρου Σουκάκος του Πανεπιστημιακού Γενικού Νοσοκομείου Αθηνών «Αττικόν», και αφού υπέγραψαν έντυπο συγκατάθεσης (οι ίδιοι ή ο κηδεμόνας τους) υποβλήθηκαν σε αλτικές δοκιμασίες με διποδική και μονοποδική εκτέλεση στο άλμα βάθους (DJ).

Είναι γεγονός ότι η εμφάνιση κάποιου τραυματισμού ανάμεσα στις μετρήσεις των κάτω άκρων μπορεί να επηρεάσει ανάλογα πάντα και με το άθλημα που μελετάται και έτσι σε μελλοντική μελέτη θα πρέπει να δοθεί προσοχή στα διαφορετικά αθλητικά παρελθόντα των συμμετεχόντων(20).

Οι κατηγορίες αθλημάτων που τελικώς δημιουργήθηκαν περιλαμβάνουν τα:

- Μαχητικά: fencing, judo, karate, taekwondo
- Αθλοπαιδιές με μπάλα: football, futsal, handball, volleyball, basketball, δύαθλο, τρίαθλο, πένταθλο, running
- Ρακέτα: table tennis, tennis
- Χιονοδρομίες: alpine ski

### **3.2 Πειραματικός σχεδιασμός**

Κατά το κατακόρυφο άλμα είναι τυπικά προσδοκώμενο και τα δύο άκρα να συνεισφέρουν ισάξια σε ισχύ και δύναμη, διαφορετικά η απόδοση επηρεάζεται και αυξάνεται η πιθανότητα ατυχήματος. Σε αντίθεση στην πράξη αυτό δεν είναι απολύτως αληθές καθώς οι διαφορετικές ειδικότητες επηρεάζουν το ετερόπλευρο έλλειμμα στα κάτω άκρα νεαρών αθλητών λόγω νευρομυϊκών προσαρμογών κατά τις διαφορετικές προπονητικές διαδικασίες.

Υποθέσαμε λοιπόν πως το ετερόπλευρο έλλειμμα ήταν σε παρόμοια επίπεδα σε όλους τους αθλητές του δείγματος ανεξαρτήτως ποικιλομορφίας προπονήσεων στις διάφορες ειδικότητες.

Το εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Ortojump και η διαδικασία της μέτρησης περιλάμβανε

την αλματική διαδικασία βάθους αθλητών διαφορετικών ειδικοτήτων , φύλου και ηλικίας ως προς το μέγιστο ύψος άλματος σε cm από το έδαφος κατακόρυφα από το ειδικό δάπεδο, τον χρόνο επαφής του αθλητή με το ειδικό δάπεδο μετά την πτώση του από σταθερό ύψος 35cm(κύβος) καθώς και την αντιδραστική δύναμη του εδάφους (RSI). Ελήφθησαν πέντε μετρήσεις ανά αθλητή και χρησιμοποιήθηκε η βέλτιστη εξ'αυτών. Οι μετρήσεις των ανωτέρων μεταβλητών πραγματοποιήθηκαν ανά αθλητή α) με ταυτόχρονη χρήση και των δύο κάτω άκρων του β) με χρήση μόνο του ενός κάτω άκρου και γ) με χρήση του ετέρου κάτω άκρου(η επιλογή της σειράς χρήσης των κάτω άκρων αφέθηκε στους ίδιους τους αθλητές και συνήθως ξεκινούσαν με το ‘κυρίαρχο’ άκρο τους).

Πριν την πραγματοποίηση των πέντε αλμάτων ανά αθλητή κάθε συμμετέχοντας αναγνωρίστηκε με αριθμό. Το φύλο, το ύψος, το βάρος, η ηλικία και το άθλημα όλων όσων συμμετείχαν καταγράφη. Όλες οι πληροφορίες, τα αποτελέσματα, το ύψος και ο χρόνος επαφής καταγράφονταν σε κάθε συμμετέχοντα στη σελίδα δεδομένων. Κάθε συμμετέχοντας έλαβε οδηγίες να κάνει ζέσταμα ποδηλατώντας με ελάχιστη αντίσταση πριν την εξέταση. Όλοι οι συμμετέχοντες πραγματοποίησαν από πέντε άλματα βάθους στα οποία καταμετρήθηκε το μέγιστο ύψος από το έδαφος κι ο χρόνος επαφής των κάτω άκρων με αυτόν πρώτα στο ένα άκρο έπειτα στο άλλο και τέλος με κοινή χρήση και των δύο κάτω άκρων. Μετά το ζέσταμα πραγματοποιήθηκαν τα άλματα με κάθε επόμενο να απέχει 0,05min από το προηγούμενο. Πριν από κάθε άλμα λεπτομερείς οδηγίες δίνονταν εκ νέου σε κάθε συμμετέχοντα. Όλοι συμμετέχοντες επιβλέπονταν λεπτομερώς με στόχο την αποφυγή διαφοροποιήσεων μεταξύ των ασκήσεων τους. Η μηχανική των κινήσεων και οι νευρομυϊκές διεργασίες κατά την εκτέλεση του άλματος έχουν ιδιαίτερο επιστημονικό ενδιαφέρον και απαιτούν περαιτέρω διερεύνηση (27).Θα υπολογιστεί το ποσοστό ασυμμετρίας του ενός άκρου σε σχέση με το άλλο καθώς και με άλματα με χρήση του ενός αλλά και των δύο άκρων εφαρμόζοντας τον τύπο  $BI\% = 100 \times (\text{Απόδοση σε διποδική εκτέλεση/μονοποδική απόδοση με δεξί} + \text{Μονοποδική απόδοση με αριστερό}) - 100$ .

#### **Κεφάλαιο 4ο: Στατιστική ανάλυση-Αποτελέσματα**

Για την στατιστική ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS v.29. οι τιμές στους πίνακες αναφέρονται ως μεσοί οροί και τυπικές αποκλίσεις. Για την διερεύνηση διαφορών μεταξύ των πλευρών και φυλών χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) για κάθε μεταβλητή ξεχωριστά ως προς την προπονητική εξειδίκευση και το είδος του αθλήματος(ατομικό ή ομαδικό) για κάθε σημαντικό αποτέλεσμα της ANOVA έγιναν post-hoc αναλύσεις κατά Bonferroni. Η τιμή p value <0,05 καθορίστηκε σαν επίπεδο σημαντικότητας.

Ο μέσος ορός και η τυπική απόκλιση υπολογίστηκαν για κάθε μεταβλητή. Διεξήχθη μια 1-way ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) για να ελεγχθούν οι μέσες διαφορές στο ετερόπλευρο έλλειμμα ανά φύλο(πίνακας 1), ειδικότητα(πίνακες 2,3) και είδος αθλήματος(πίνακες 4,5).

Πίνακας 1: Ετερόπλευρα ελλείμματα ως προς το φύλο

	ΑΓΟΡΙΑ(N=150)	ΚΟΡΙΤΣΙΑ(N=106)	p
BDDJ (cm)	-10,87 ± 14,00	-2,78±16,73	0,001
BDCTDJ (msec)	-60,61 ±7,61	-61,61 ±7,86	NS
BDRSI	15,60 ±22,29	31,10 ±39,3	0,001

BDDJ: ετερόπλευρο έλλειμμα στο μονοποδικό αντιδραστικό άλμα βάθους

BDCTDJ: ετερόπλευρο έλλειμμα χρόνου επαφής στο μονοποδικό αντιδραστικό άλμα βάθους

BDRSI: ετερόπλευρο έλλειμμα αντιδραστικής δύναμης στο μονοποδικό αντιδραστικό άλμα βάθους

Παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο φύλων ως προς το ετερόπλευρο έλλειμμα στο μονοποδικό αντιδραστικό άλμα βάθους (BDDJ) και στον δείκτη αντιδραστικής δύναμης (BDRSI). Ειδικότερα φαίνεται ότι το ετερόπλευρο έλλειμμα στο BDDJ ήταν μεγαλύτερο στους άρρενες αθλητές (-10,87 ± 14,00 VS -2,78±16,73) από εκείνο των θηλέων (p=0.001).

Υπάρχει επομένως καλύτερη κατανομή στα φορτία, το οποίο όμως εξαρτάται και από την ένταση των ερεθισμάτων που στην συγκεκριμένη μελέτη παρατήρησης δεν μπορούμε να γνωρίζουμε πώς προέκυψαν στα αγόρια τα δυνατότερα μονοποδικά χαρακτηριστικά. Αυτό συμβαίνει πιθανώς λόγω εκτέλεσης των κινητικών απαιτήσεων μεγαλύτερης έντασης στα κυρίαρχα άκρα, είτε λόγω αλλαγών κατεύθυνσης που είναι αναγκαίες στο άθλημα τους. Θεωρητικά τα αγόρια έχουν μεγαλύτερο κίνδυνο τραυματισμού από τα κορίτσια.

Όσον αφορά το ετερόπλευρο έλλειμμα στο BDRSI που είναι παράγωγο μέγεθος του χρόνου πτήσης /χρόνου επαφής φαίνεται ότι και τα δύο φύλα έχουν μικρότερη απόδοση μονοποδικά σε σχέση με τη διποδική εκτέλεση. (p=0.001) Αυτό δείχνει ότι δεν υπάρχει επαρκής προπόνηση η ακόμα και ικανότητα παραγωγής αντιδραστικής δύναμης.

Πίνακας 2: Ετερόπλευρα ελλείμματα ως προς την ειδικότητα(μαχητικά, αθλοπαιδιές μπάλας, ρακέτα, χιονοδρομικά) σε άρρενες αθλητές

	ΜΑΧΗΤΙΚΑ	ΑΘΛΟΠΑΙΔΙΕΣ ΜΠΑΛΑΣ	ΡΑΚΕΤΑ	ΧΙΟΝΟΔΡΟΜΙΚΑ	p
BDDJ(cm)	-9,96± 17,55	-11,15± 13,33	-12,00± 13,53	-9,79± 10,72	NS
BDCTDJ (msec)	-63,12± 7,69	-59,76± 7,57	-60,03-9,67	-61,56± 5,16	NS
BDRSI	23,88± 23,82	12,88± 20,94	13,65± 24,80	18,21± 23,88	0,05

Παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές ως προς το ετερόπλευρο έλλειμμα της αντιδραστικής δύναμης( $p=0.05$ ). Ειδικότερα φαίνεται ότι το ετερόπλευρο έλλειμμα (οντάς θετικό) στο BDRSI των αρρένων αθλητών στα μαχητικά ήταν μεγαλύτερο ( $23.88\pm 23.82$  VS  $12.88\pm 20.94$ ) από εκείνο των αθλητών στις αθλοπαιδιές ( $p=0.005$ ). Θετικό σημαίνει ότι η διποδική δύναμη ήταν μεγαλύτερη σε σχέση με το άθροισμα των μονοποδικών. Το δείγμα όμως στην προκείμενη μελέτη αποτελούνταν από μεγάλο αριθμό αθλητών χειροσφαίρισης και ποδοσφαίρισης, αθλήματα με εκ διαμέτρου αντίθετα χαρακτηριστικά. Στην πετοσφαίριση είχαμε κυρίως διπολικές κινήσεις ενώ στη χειροσφαίριση μονοποδικές. Επίσης στα μαχητικά αθλήματα έχουμε έντονες μονοποδικές κινήσεις και με τα δύο άκρα, ενώ στις αθλοπαιδιές λόγω των θέσεων υπάρχει μεγαλύτερη επίδραση της κυριαρχίας στο αποτέλεσμα. Στο σημείο αυτό γίνεται ξεκάθαρη η ανάγκη περαιτέρω διερεύνησης του φαινομένου ελέγχοντας την επίδραση των επιμέρους συστατικών του άλματος βάθους στο διμερές έλλειμμα της αντιδραστικής δύναμης.

Πίνακας 3: Ετερόπλευρα ελλείματα ως προς την ειδικότητα(μαχητικά, αθλοπαιδιές μπάλας, ρακέτα, χιονοδρομικά) σε αθλήτριες

	ΜΑΧΗΤΙΚΑ	ΑΘΛΟΠΑΙΔΙΕΣ ΜΠΑΛΑΣ	ΡΑΚΕΤΑ	ΧΙΟΝΟΔΡΟΜΙΚΑ	p
BDDJ (cm)	-1,36± 14,87	-4,5± 20,61	-1,60± 14,62	-3,65± 6,64	NS

BDCTDJ (msec)	-64,25± 5,90	-58,99± 8,97	-58,92± 8,67	-64,30± 4,86	0,006
BDRSI	43,11± 50,45	18,62± 23,00	23,90± 30,27	36,16± 18,47	0,03

Παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές ως προς το ετερόπλευρο έλλειμμα του χρόνου επαφής στις αθλήτριες( $p=0.006$ ). Ειδικότερα φαίνεται ότι το ετερόπλευρο έλλειμμα στο BDCTDJ των θηλέων αθλητριών στα μαχητικά ήταν μεγαλύτερο από εκείνο που είχαν είτε αθλοπαιδιές( $-64.25\pm 5.90$  VS  $-58.99\pm 8.94$ )( $p=0.01$ ). Αυτό συνάδει με τη γνώση πως τα μαχητικά χρησιμοποιούν και τα δύο πόδια εξίσου επομένως η διποδική εκτέλεση θα εμφανίσει ελλείματα.

Παρατηρήθηκαν επίσης σημαντικές διαφορές ως προς τον δείκτη αντιδραστικής δύναμης στις αθλήτριες( $p=0.03$ ). Ειδικότερα φαίνεται ότι το ετερόπλευρο έλλειμμα στο BDRSI των θηλέων αθλητριών είναι θετικό και απεδείχθη μεγαλύτερο στα μαχητικά έναντι στις αθλοπαιδιές ( $43,11\pm 50,45$ VS $18,62\pm 23,00$ ) ( $p=0.02$ ). Θετικό σημαίνει ότι η διποδική δύναμη ήταν μεγαλύτερη σε σχέση με το άθροισμα των μονοποδικών. Το δείγμα όμως στην προκείμενη μελέτη αποτελούνταν από μεγάλο αριθμό αθλητών χειροσφαίρισης και πετοσφαίρισης, αθλήματα με εκ διαμέτρου αντίθετα χαρακτηριστικά όπως αναφέραμε στους άρρενες αθλητές και εξηγήσαμε την ιδιαιτερότητα των κινητικών μοτίβων των αθλημάτων υπό μελέτη

Πίνακας 4: Ετερόπλευρα ελλείματα ως προς τα ομαδικά και ατομικά αθλήματα σε άρρενες αθλητές

	ΑΤΟΜΙΚΑ	ΟΜΑΔΙΚΑ	p
BDDJ (cm)	15,28± 1,86	13,33± 1,18	NS
BDCTDJ (msec)	7,49± 0,91	7,57± 0,67	0,032
BDRSI	23,96± 2,92	20,94± 1,85	0,019

Παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές ως προς το χρόνο επαφής μεταξύ αρρένων αθλητών ατομικών σε σύγκριση με τα ομαδικά ( $p=0.032$ ). Ειδικότερα φαίνεται ότι το ετερόπλευρο έλλειμα του BDCTDJ είναι θετικό και μεγαλύτερο στα ομαδικά σε σύγκριση με τα ατομικά αθλήματα στους άρρενες αθλητές ( $7,49 \pm 0,91$  VS  $7,57 \pm 0,67$ ). Παρά τις σημαντικές διαφορές όμως δεν έχει πρακτική σημασία το ότι το ετερόπλευρο έλλειμα (διευκόλυνση) διέφερε μεταξύ ατομικών και ομαδικών διότι οι διαφορές μεταξύ τους είναι πολύ μικρές. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι υπάρχει διευκόλυνση δηλαδή υπερτερεί το άθροισμα των μονοποδικών. Για να εξάγουμε συμπεράσματα ως προς την προδιάθεση τραυματισμών θα έπρεπε να έχουν ταυτόχρονα μελετηθεί τυχόν ασυμμετρίες των αθλητών κάτι το οποίο δεν εξετάσθη στην παρούσα μελέτη μιας και όπως αναφέρεται στη βιβλιογραφία η μελέτη του ετερόπλευρου ελλείματος δεν αρκεί.

Παρατηρήθηκαν επίσης σημαντικές διαφορές ως προς τον δείκτη αντιδραστικής δύναμης μεταξύ αρρένων αθλητών ατομικών και ομαδικών αθλημάτων ( $p=0.019$ ). Ειδικότερα φαίνεται ότι το ετερόπλευρο έλλειμα του BDRSI είναι μεγαλύτερο στα ατομικά σε σύγκριση με τα ομαδικά αθλήματα στους άρρενες αθλητές ( $23,96 \pm 2,92$  VS  $20,94 \pm 1,85$ ).

Συνολικά φαίνεται ότι στα αγόρια τόσο των ατομικών όσο και των ομαδικών υπάρχει επαρκής μονοποδική εκτέλεση κινήσεων.

Πίνακας 5: Ετερόπλευρα ελλείματα ως προς τα ομαδικά και ατομικά αθλήματα σε αθλήτριες

	ΑΤΟΜΙΚΑ	ΟΜΑΔΙΚΑ	p
BDDJ(cm)	$15,01 \pm 1,90$	$18,96 \pm 2,85$	NS
BDCTDJ(msec)	$6,97 \pm 0,88$	$8,72 \pm 1,31$	0,045
BDRSI	$46,66 \pm 5,92$	$22,95 \pm 3,45$	0,036

Παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές ως προς το χρόνο επαφής μεταξύ θηλαίων αθλητριών ατομικών σε σύγκριση με τα ομαδικά ( $p=0.045$ ). Ειδικότερα φαίνεται ότι το ετερόπλευρο έλλειμα του BDCTDJ είναι και εδώ θετικό και μεγαλύτερο στα ομαδικά σε σύγκριση με τα ατομικά αθλήματα στις αθλήτριες ( $6,97 \pm 0,88$  VS  $8,72 \pm 1,31$ ). Παρά τις σημαντικές διαφορές όμως και εδώ δεν έχει πρακτική σημασία το ότι το ετερόπλευρο έλλειμα (διευκόλυνση) διέφερε μεταξύ ατομικών και ομαδικών διότι οι διαφορές μεταξύ τους είναι πολύ μικρές.

Παρατηρήθηκαν τέλος σημαντικές διαφορές ως προς τον δείκτη αντιδραστικής δύναμης μεταξύ θηλέων αθλητριών ατομικών και ομαδικών αθλημάτων( $p=0.036$ ). Ειδικότερα φαίνεται ότι το ετερόπλευρο έλλειμμα του BDRSI είναι θετικό και μεγαλύτερο στα ατομικά σε σύγκριση με τα ομαδικά αθλήματα στις αθλήτριες ( $46,66 \pm 5,92$  VS  $22,95 \pm 3,45$ ). Αυτό που φαίνεται επομένως στις γυναίκες είναι ότι στα ατομικά αθλήματα η διευκόλυνση είναι σημαντικά μεγαλύτερη το οποίο δείχνει πως στα ομαδικά αθλήματα δεν δίνεται η πρόποση στην ένταση της προπόνησης σε αυτή την ηλικία εξατομικευμένα, αλλά μόνο με γενικά προγράμματα φυσικής κατάστασης, με αποτέλεσμα να υστερούν σε σχέση με εκείνες στα ατομικά.

## **Κεφάλαιο 5ο: Συζήτηση**

Οι προπονητικές παρεμβάσεις για το ετερόπλευρο έλλειμμα και οι συνέπειες τους στην απόδοση είναι ασαφείς. Ωστόσο, είναι δυνατόν να υποθέσουμε ότι ακόμη κι αν διαπιστωθεί ότι συμβάλλουν θετικά στις αθλητικές επιδόσεις, είναι ικανές να προκαλέσουν αύξηση του κινδύνου τραυματισμού. (236)

Αυτή η μελέτη έχει ως στόχο: α) να εξετάσει κατά ποσό το φύλο επηρεάζει τις ασυμμετρίες των κάτω άκρων στους αθλητές διαφορετικών ειδικοτήτων β) πως η ειδικότητα(μαχητικά, αθλοπαιδιές μπάλας, ρακέτα, χιονοδρομικά) και οι κινητικές δεξιότητες της καθεμίας επηρεάζουν τις ασυμμετρίες των κάτω άκρων, γ) πως τα ομαδικά και ατομικά αθλήματα σε άρρενες αθλητές και αθλήτριες επηρεάζουν τις ασυμμετρίες των κάτω άκρων.

Πρόσφατες μελέτες καταδεικνύουν το φαινόμενο του ετερόπλευρου ελλείματος ως αρκετά ασταθές. Η έκταση της ασυνέπειας των αποτελεσμάτων δυσχεραίνει τη δημιουργία σωστών συστάσεων σχετικά με την ασυμμετρία των κάτω άκρων και την απόδοση των αθλητών.(235)

Στη συγκεκριμένη μελέτη, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο φύλων ως προς το ετερόπλευρο έλλειμμα στο μονοποδικό αντιδραστικό άλμα βάθους (BDDJ) και στον δείκτη αντιδραστικής δύναμης (BDRSI). Ειδικότερα φαίνεται ότι το ετερόπλευρο έλλειμμα στο BDDJ ήταν μεγαλύτερο στους άρρενες αθλητές ( $-10,87 \pm 14,00$  VS  $-2,78 \pm 16,73$ ) από εκείνο των θηλέων ( $p=0.001$ ). Υπάρχει επομένως καλύτερη κατανομή στα φορτία, το οποίο όμως εξαρτάται και από την ένταση των ερεθισμάτων που στην συγκεκριμένη μελέτη παρατήρησης δεν μπορούμε να γνωρίζουμε πώς προέκυψαν στα αγόρια τα δυνατότερα μονοποδικά χαρακτηριστικά. Αυτό συμβαίνει πιθανώς λόγω εκτέλεσης των κινητικών απαιτήσεων μεγαλύτερης έντασης στα κυρίαρχα άκρα, είτε λόγω αλλαγών κατεύθυνσης που είναι αναγκαίες στο άθλημα τους. Θεωρητικά τα αγόρια έχουν



μεγαλύτερο κίνδυνο τραυματισμού από τα κορίτσια. Πιο αναλυτικά η επιρροή του φύλου στις ασυμμετρίες των κάτω άκρων στους αθλητές διαφορετικών ειδικοτήτων εντοπίζεται στο ότι οι άντρες παρουσιάζουν μεγαλύτερα ετερόπλευρα ελλείματα σε σχέση με τις γυναίκες αθλήτριες. Αυτά τα συμπεράσματα συμφωνούν με παλαιότερη βιβλιογραφία που συσχετίζει απόδοση σε άλματα με το φύλο και την ηλικία (228-230). Οι K. Häkkinen et al αναφέρουν ωστόσο ότι η βιβλιογραφία που συσχετίζει το φύλο με το ετερόπλευρο έλλειμα είναι πολύ περιορισμένη. (195). Έτσι, κατά την ανασκόπηση βιβλιογραφίας εντοπίστηκαν και μελέτες που δεν εντοπίζουν στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στο μέγεθος του ετερόπλευρου ελλείματος και το φύλο (9) αλλά και άλλες που το κάνουν (17).

Όσον αφορά το ετερόπλευρο έλλειμμα στο BDRSI που είναι παράγωγο μέγεθος του χρόνου πτήσης /χρόνου επαφής φαίνεται ότι και τα δύο φύλα έχουν μικρότερη απόδοση μονοποδικά σε σχέση με τη διποδική εκτέλεση. ( $p=0.001$ ) Αυτό δείχνει ότι δεν υπάρχει επαρκής προπόνηση η ακόμα και ικανότητα παραγωγής αντιδραστικής δύναμης. Ειδικότερα φαίνεται ότι το ετερόπλευρο έλλειμμα (οντάς θετικό) στο BDRSI των αρρένων αθλητών στα μαχητικά ήταν μεγαλύτερο ( $23.88 \pm 23.82$  VS  $12.88 \pm 20.94$ ) από εκείνο των αθλητών στις αθλοπαιδιές ( $p=0.005$ ). Θετικό σημαίνει ότι η διποδική δύναμη ήταν μεγαλύτερη σε σχέση με το άθροισμα των μονοποδικών. Το δείγμα όμως στην προκείμενη μελέτη αποτελούνταν από μεγάλο αριθμό αθλητών χειροσφαίρισης και ποδοσφαίρισης, αθλήματα με εκ διαμέτρου αντίθετα χαρακτηριστικά. Στην πετοσφαίριση είχαμε κυρίως διπολικές κινήσεις ενώ στη χειροσφαίριση μονοποδικές. Επίσης στα μαχητικά αθλήματα έχουμε έντονες μονοποδικές κινήσεις και με τα δύο άκρα, ενώ στις αθλοπαιδιές λόγω των θέσεων υπάρχει μεγαλύτερη επίδραση της κυριαρχίας στο αποτέλεσμα. Στο σημείο αυτό γίνεται ξεκάθαρη η ανάγκη περαιτέρω διερεύνησης του φαινομένου ελέγχοντας την επίδραση των επιμέρους συστατικών του άλματος βάθους στο διμερές έλλειμα της αντιδραστικής δύναμης. Παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές ως προς το ετερόπλευρο έλλειμμα του χρόνου επαφής στις αθλήτριες ( $p=0.006$ ). Ειδικότερα φαίνεται ότι το ετερόπλευρο έλλειμμα στο BDCTDJ των θηλέων αθλητριών στα μαχητικά ήταν μεγαλύτερο από εκείνο που είχαν είτε αθλοπαιδιές ( $-64.25 \pm 5.90$  VS  $-58.99 \pm 8.94$ ) ( $p=0.01$ ). Αυτό συνάδει με τη γνώση πως τα μαχητικά χρησιμοποιούν και τα δύο πόδια εξίσου επομένως η διποδική εκτέλεση θα εμφανίσει ελλείματα.

Παρατηρήθηκαν επίσης σημαντικές διαφορές ως προς τον δείκτη αντιδραστικής δύναμης στις αθλήτριες ( $p=0.03$ ). Ειδικότερα φαίνεται ότι το ετερόπλευρο έλλειμμα στο BDRSI των θηλέων αθλητριών είναι θετικό και απεδείχθη μεγαλύτερο στα μαχητικά έναντι στις αθλοπαιδιές ( $43,11 \pm 50,45$  VS  $18,62 \pm 23,00$ ) ( $p=0.02$ ). Θετικό σημαίνει ότι η διποδική δύναμη ήταν μεγαλύτερη σε σχέση με το άθροισμα των μονοποδικών. Το δείγμα όμως στην προκείμενη μελέτη αποτελούνταν από μεγάλο αριθμό αθλητών χειροσφαίρισης και πετοσφαίρισης, αθλήματα με εκ διαμέτρου αντίθετα

χαρακτηριστικά όπως αναφέραμε στους άρρενες αθλητές και εξηγήσαμε την ιδιαιτερότητα των κινητικών μοτίβων των αθλημάτων υπό μελέτη.

Όσο αφορά την ειδικότητα φαίνεται πως αθλητές αθλοπαιδιών παρουσιάζουν μεγαλύτερες ασυμμετρίες σε σχέση με εκείνες των μαχητικών αθλημάτων. Εξ ορισμού η φύση της ασυμμετρίας κατά τη διάρκεια των αλμάτων καταδεικνύει την μειωμένη ικανότητα του ενός άκρου σε σχέση με το άλλο. Η μελέτη Carpes FP et al, εξέτασε το αποτέλεσμα που είχε η χρόνια ενασχόληση με κάποιο συγκεκριμένο άθλημα στο διμερές ετερόπλευρο έλλειμα στην δύναμη των κάτω άκρων όπως μετρήθηκε με τη χρήση μονοποδικών και διποδικών αλμάτων βάθους(17). Η χρήση μονοποδικού άλματος, όπως στη συγκεκριμένη μελέτη, σε συνδυασμό με αμφοτερόπλευρα άλματα δεν συναντάται συχνά στη βιβλιογραφία(17). Τα αποτελέσματα έχουν αποδοθεί κυρίως σε συγκεκριμένες νευρομυϊκές απαιτήσεις κάθε αθλήματος (4), βελτιωμένο συγχρονισμό, ενισχυμένη παραγωγή δύναμης (7) και κόπωση. (114) Παλαιότερες αλλά και πρόσφατες μελέτες συμφωνούν στη μέτρια προς ισχυρή επιρροή της ειδικότητας στα ετερόπλευρα ελλείματα (9,28,30,132,146-147,148,150,236) ενώ άλλες καταλήγουν σε αντιδιαμετρικά αντίθετα αποτελέσματα. (16,133) Υψηλής απόδοσης αθλητές παρουσιάζονται ως πιο "συμμετρικοί" σχετικά με τους λιγότερο έμπειρους παρόλο που η κίνηση και ανατομία τους δεν είναι το ίδιο συμμετρική (217). Στην περίπτωση της δικής μας μελέτης διαφορές ετερόπλευρων ελλειμάτων αναμεσα σε αθλήματα ρακέτας και χιονοδρομίων δεν θεωρήθηκαν στατιστικά σημαντικές παρότι στη βιβλιογραφία έχουν βρεθεί μελέτες που υποστηρίζουν το αντίθετο (91,231,232,233).

Παρατηρήθηκαν επίσης σημαντικές διαφορές ως προς τον δείκτη αντιδραστικής δύναμης μεταξύ αρρένων αθλητών ατομικών και ομαδικών αθλημάτων( $p=0.019$ ). Ειδικότερα φαίνεται ότι το ετερόπλευρο έλλειμα του BDRSI είναι μεγαλύτερο στα ατομικά σε σύγκριση με τα ομαδικά αθλήματα στους άρρενες αθλητές ( $23,96 \pm 2,92$  VS  $20,94 \pm 1,85$ ). Συνολικά φαίνεται ότι στα αγόρια τόσο των ατομικών όσο και των ομαδικών υπάρχει επαρκής μονοποδική εκτέλεση κινήσεων. Παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές ως προς το χρόνο επαφής μεταξύ θηλέων αθλητριών ατομικών σε σύγκριση με τα ομαδικά( $p=0.045$ ). Ειδικότερα φαίνεται ότι το ετερόπλευρο έλλειμα του BDCTDJ είναι και εδώ θετικό και μεγαλύτερο στα ομαδικά σε σύγκριση με τα ατομικά αθλήματα στις αθλήτριες ( $6,97 \pm 0,88$  VS  $8,72 \pm 1,31$ ). Παρά τις σημαντικές διαφορές όμως και εδώ δεν έχει πρακτική σημασία το ότι το ετερόπλευρο έλλειμα (διευκόλυνση) διέφερε μεταξύ ατομικών και ομαδικών διότι οι διαφορές μεταξύ τους είναι πολύ μικρές.

Παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές ως προς το χρόνο επαφής μεταξύ αρρένων αθλητών ατομικών σε σύγκριση με τα ομαδικά( $p=0.032$ ). Ειδικότερα φαίνεται ότι το ετερόπλευρο έλλειμα του BDCTDJ είναι θετικό και μεγαλύτερο στα ομαδικά σε σύγκριση με τα ατομικά αθλήματα στους άρρενες αθλητές ( $7,49 \pm 0,91$  VS  $7,57 \pm 0,67$ ). Παρά τις σημαντικές διαφορές όμως δεν έχει πρακτική σημασία το ότι το ετερόπλευρο έλλειμα (διευκόλυνση) διέφερε μεταξύ ατομικών και ομαδικών διότι οι

διαφορές μεταξύ τους είναι πολύ μικρές. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι υπάρχει διευκόλυνση δηλαδή υπερτερεί το άθροισμα των μονοποδικών. Για να εξάγουμε συμπεράσματα ως προς την προδιάθεση τραυματισμών θα έπρεπε να έχουν ταυτόχρονα μελετηθεί τυχόν ασυμμετρίες των αθλητών κάτι το οποίο δεν εξετάσθη στην παρούσα μελέτη μιας και όπως αναφέρεται στη βιβλιογραφία η μελέτη του ετερόπλευρου ελλείματος δεν αρκεί.

Παρατηρήθηκαν τέλος σημαντικές διαφορές ως προς τον δείκτη αντιδραστικής δύναμης μεταξύ θηλέων αθλητριών ατομικών και ομαδικών αθλημάτων( $p=0.036$ ). Ειδικότερα φαίνεται ότι το ετερόπλευρο έλλειμα του BDRSI είναι θετικό και μεγαλύτερο στα ατομικά σε σύγκριση με τα ομαδικά αθλήματα στις αθλήτριες ( $46,66 \pm 5,92$  VS  $22,95 \pm 3,45$ ). Αυτό που φαίνεται επομένως στις γυναίκες είναι ότι στα ατομικά αθλήματα η διευκόλυνση είναι σημαντικά μεγαλύτερη το οποίο δείχνει πως στα ομαδικά αθλήματα δεν δίνεται η πρόποση στην ένταση της προπόνησης σε αυτή την ηλικία εξατομικευμένα, αλλά μόνο με γενικά προγράμματα φυσικής κατάστασης, με αποτέλεσμα να υστερούν σε σχέση με εκείνες στα ατομικά.

Πιο αναλυτικά σε άρρενες αθλητές αλλά και αθλήτριες φαίνεται πως οι αθλητές των ομαδικών αθλημάτων έχουν μικρότερα ετερόπλευρα ελλείματα σε σχέση με εκείνους των ομαδικών. Το ετερόπλευρο έλλειμα μπορεί να επηρεάσει τους αθλητές τόσο σε ατομικά όσο και σε ομαδικά αθλήματα, αλλά οι επιπτώσεις του μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με τον τύπο του αθλήματος. Ας εξετάσουμε τις συγκρίσεις μεταξύ των δύο.(227) Στα Ατομικά Αθλήματα εξυπηρετούνται η αντίληψη, ο προπονητικός σχεδιασμός και η μείωση κίνδυνου ,ενώ στα ομαδικά εξετάζεται ανά την βιβλιογραφία η επιρροή τυχόν ελλειμάτων σε όλη την ομάδα, στην επίτευξη συνεργασίας μεταξύ των αλλά και σε κοινωνικές επιπτώσεις πέραν της ομάδας(132). Στη μελέτη Lockie et al. εντόπισαν ετερόπλευρα ελλείματα σε αθλητές ομαδικών αθλημάτων όπως και σε ατομικά αθλήματα όπως το τρέξιμο που δεν έχει συμπεριληφθεί στην παρούσα μελέτη (6,17). Πρόσφατες μελέτες έδειξαν ότι ομαδικά αθλήματα όπως το μπάσκετ, το χάντμπολ ή το βόλεϊ μπορεί να ενισχύσουν τις ασυμμετρίες των άνω άκρων λόγω εξαιρετικά εξειδικευμένων απαιτήσεων, και το ίδιο θα μπορούσαμε να πούμε για τα αθλήματα ρακέτας όπως τένις, padel και badminton(17). Στην περίπτωση των κάτω άκρων (που μελετάμε και στην παρούσα μελέτη),τα ετερόπλευρα ελλείματα αποτελούν τον κανόνα τόσο στα ομαδικά αλλά και στα ατομικά. (26,132,236).

Αποτελέσματα πολλαπλών μελετών υποδηλώνουν ότι εφόσον οι ασυμμετρίες αλμάτων δεν είναι της τάξεως του 15% και άνω τότε δεν θα πρέπει να υπάρχει καμία επιρροή στην ταχύτητα και την αλλαγή κατεύθυνσης και συχνά αυτό το κατώφλι χρησιμοποιείται ως κριτήριο για την επιστροφή στο παιχνίδι (90,91). Καθαρή σύνδεση μεταξύ ετερόπλευρης ασυμμετρίας και αθλητικής απόδοσης δεν μπορεί προς το παρόν να τεκμηριωθεί δεδομένης της έλλειψης συνέπειας των ερευνών.

Στη βιβλιογραφία φαίνεται πως για τη μελέτη της ασυμμετρίας σε ομαδικά αθλήματα το άλμα πολλαπλών κατευθύνσεων φαίνεται πιο έγκυρο από το άλμα βάθους καθώς κατακόρυφο και

πλευρικό άλμα είναι πιο αποτελεσματικά κατά την ανίχνευση υφιστάμενων διαφορών μεταξύ των άκρων γεγονός που θα μπορούσε να φανεί χρήσιμο σε κάποια μελλοντική μελέτη (132).

Συνολικά, το ετερόπλευρο έλλειμα μπορεί να έχει διαφορετικές επιπτώσεις στους αθλητές ανάλογα με τον τύπο του αθλήματος, αλλά είναι σημαντικό για τους αθλητές και τους προπονητές να αντιμετωπίζουν αυτές τις επιπτώσεις με κατάλληλο τρόπο προκειμένου να βελτιώσουν την απόδοσή τους και να διατηρήσουν την υγεία τους.(91)

## **Κεφάλαιο 6ο: Μελλοντικές συστάσεις**

Είναι σημαντικό να αποφασίσουμε εάν αθλητές που χρησιμοποιούν αμφοτερόπλευρες κινήσεις, όπως οι κολυμβητές, οι αθλητές του κανό καγιάκ και οι σπρίντερς επωφελούνται από την μονόπλευρη προπόνηση περισσότερο από την αμφοτερόπλευρη και το αντίθετο, γεγονός που δείχνει να είναι το φυσιολογικό επί του παρόντος αν και ελάχιστες μελέτες έχουν ασχοληθεί με το ανώτερο θέμα (181). Πρόσφατες μελέτες συστήνουν ότι οι ερευνητές θα πρέπει να χρησιμοποιούν εξατομικευμένες(234) αλλά και ομαδικές αναλύσεις όταν μελετάνε συμμετρίες σε τέτοιους αθλητές (46). Παλαιότερες μελέτες αναδεικνύουν ότι η προπόνηση αμφοτέρων των άκρων (202), η μονόπλευρη προπόνηση δύναμης (203) καθώς και ο συνδυασμός των ανωτέρω(204) μπορούν να έχουν ευεργετικά αποτελέσματα στη μείωση των ελλειμμάτων. Επιπλέον, ο Bishop (205) έχει προτείνει την προσθήκη μονόπλευρων ασκήσεων σε αθλήματα όπως το ποδόσφαιρο, καθώς τη θεωρεί ευεργετική για ασκήσεις που εκτελούνται με το ένα άκρο, όπως το σπριντ, η αλλαγή κατεύθυνσης και το σουτ. Οι αλματικές ασυμμετρίες πολλαπλών κατευθύνσεων δείχνουν να είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους. Όπως έχει συζητηθεί όχι μόνο οι διαφορές μεταξύ των δύο άκρων μειώνονται κατά τις ασκήσεις που χρησιμοποιούν και τα δύο πόδια, αλλά η υπεροχή του ενός μπορεί εν τέλει να συμβάλει στην δημιουργία δυο δυνατότερων κάτω άκρων (170).

Το ερώτημα παραμένει κατά πόσο το ετερόπλευρο έλλειμα και οι αντιστάσεις στην προπόνηση πρέπει να αντικατασταθούν από αμφοτερόπλευρης παραλλαγές των ανωτέρω ασκήσεων (69). Λόγω των πολλών αντιθέσεων, προτείνεται η μέτρηση περαιτέρω παραγόντων απόδοσης ώστε να επιλυθεί το θέμα σχετικά με την μυϊκή λειτουργία, την απόδοση, τον τραυματισμό και την ασυμμετρία (5). Περαιτέρω μελέτη απαιτείται σχετικά με το αποτέλεσμα που προκαλεί η κόπωση στις ασυμμετρίες μεταξύ άκρων (3). Η έκταση των ασυμμετριών εξαρτάται από την άσκηση που εκτελείται και έτσι θα πρέπει πάντοτε αυτές να μετρούνται με πλέον του ενός τρόπου(9).

Η σημασία της έρευνας σχετικά με την ασυμμετρία των άκρων μπορεί να δώσει πληροφορίες σχετικά με τις λειτουργίες εγκεφαλικών ημισφαιρίων(103).

Περαιτέρω μελέτες χρειάζονται για να επιβεβαιώσουν ότι η μεταφορά της κινητικής εκμάθησης θα προκύψει κατά τα ανταγωνιστικά αθλητικά περιβάλλοντα(19).

Πιθανότατα τα έλλειμμα οφείλονται σε κάποια μικρή παρέκκλιση στο κεντρικό πρόσταγμα καθώς αυτό μεταφέρεται από τον κεντρικό στον περιφερικό νευρώνα. Για να εντοπιστεί η περιοχή του νευρικού συστήματος που επηρεάζεται ωστόσο, εξειδικευμένη μελέτη στον νευρωνικό έλεγχο πρέπει να διεξαχθεί(14).



Είναι γεγονός ότι η εμφάνιση κάποιου τραυματισμού ανάμεσα στις μετρήσεις των κάτω άκρων μπορεί να επηρεάσει ανάλογα πάντα και με το άθλημα που μελετάται και έτσι σε μελλοντική μελέτη θα πρέπει να δοθεί προσοχή στα διαφορετικά αθλητικά παρελθόντα των συμμετεχόντων(20).

Περισσότερη έρευνα χρειάζεται ώστε να αποφασιστεί σχετικά με αθλητές που εμφανίζουν ελλείμματα στις μετρήσεις τους ως προς το κατά πόσο τα εμφανίζουν ως αποτέλεσμα των δραστηριοτήτων στους.

Μια ποικιλία μετρήσεων θα πρέπει να διεξαχθεί ώστε να καταγραφεί αντικειμενικά η ασυμμετρία των άκρων εξαιτίας της μεγάλης γκάμας σε τεχνικές μέτρησης (36). Μελλοντικοί ερευνητές θα πρέπει να σκέφτονται την επανεξέταση των τεστ δύο ή τρεις φορές πριν την εξαγωγή των τελικών αποτελεσμάτων(33). Πρόσφατες μελέτες καταδεικνύουν ότι είναι προτιμότερο για το καλό του πρακτικού να αντληφθεί τις ασυμμετρίες του αθλητισμού ως παράγοντα εξέλιξης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επίτευξη νευρομυικών προσαρμογών.(18)

## Suggestions for Future Studies in Bilateral Asymmetry Research

8 suggestions for research aiming to establish relationships between asymmetries and injuries or performance outcomes.

	<b>Test &amp; Metric Specificity</b>	Limb dominance is task- and metric-specific. Assess test-retest reliability for each asymmetry metric of interest to understand whether an observed asymmetry is significant. Metrics with low test-retest reliability will likely have a wider range of "normal" results.
	<b>Intraindividual Variability</b>	Individuals are likely to elicit different magnitudes of asymmetry between test sessions. Therefore, be sure to compare any change in asymmetry between test sessions to the baseline coefficient of variation (CV), to determine whether these changes are real or inside the natural variability of the test.
	<b>Testing Frequency &amp; Conditions</b>	Tests must be performed frequently and under relatively stable conditions (e.g., time of day, ambient temperature); otherwise, normal fluctuations in an athlete's performance in the test may be misinterpreted as noteworthy changes (this is valid for all testing, not just for bilateral asymmetries).
	<b>Seasonal Response Variation</b>	If an individual responds consistently to a given test, perhaps that test can be used to assess the effects of a training intervention or presence of fatigue. However, analyze dose-response relationships and perform retention tests where possible to see how robust the changes are to seasonal variation.
	<b>Quantify Sport-specific Performance</b>	Assess sports-specific performance, preferably under competition-like conditions. Standardized physical tests may not be representative of performance during actual competition. In order to establish asymmetry-performance relationships, the quantification of meaningful sport-specific performance outcomes in the competitive environment is required.
	<b>Correlation vs. Causation</b>	Future training interventions should focus on establishing cause-and-effect relationships. For example, can certain interventions reduce asymmetries, but also, does that reduction result in improved performance in the sport or key performance indicators? These interventions should preferably include load-equated controls, be randomized, and apply blind testing.
	<b>Verify Injuries and Follow Up</b>	If the goal is to establish the relationships between bilateral asymmetries and injury occurrence, make sure to verify injury or reinjury rates, otherwise studies will remain speculative. Determining that certain athletes have asymmetries (accepting these are true asymmetries) should not allow researchers to suggest those asymmetries may increase injury occurrence.
	<b>Consider Sample Size</b>	In most sports, injuries are relatively low-frequency events. To gather enough injury data to make inferences requires large samples, large time windows, and/or repeated measures study designs. Performance data (from competition) is generally higher-frequency and may afford researchers to use lower samples and/or shorter time windows.

Πηγή εικόνας J.Afonso et al.(236)

## **Κεφάλαιο 7ο: Πρακτικές εφαρμογές**

Είναι πιθανό πως όλοι οι αθλητές θα αναπτύξουν κάποιου επιπέδου ασυμμετρία(197). Παρόλαυτα, αυτό ίσως να είναι αποτέλεσμα της συμμετοχής σε ανταγωνιστικά αθλήματα κατά τη διάρκεια του χρόνου (198-199,135). Οι ομάδες καλώς ή κακώς ευνοούν αμφίποδες αθλητές περισσότερο από αυτούς με καλή τεχνική και τακτική.

Οι ασυμμετρίες που προκύπτουν νωρίς κατά την εφηβεία τείνουν να εξομαλύνονται σε αργότερα στάδια της εφηβείας λόγω σωστής προσοχής και επικεντρωμένης προπόνησης. Σημασία λοιπόν θα πρέπει να δοθεί στην εξισορρόπηση της ασυμμετρίας μέσω προπονητικών στόχων κατά βάση σε αυτή την ηλικία.(22)

Κατανόηση της επιρροής των ασυμμετριών στα κάτω άκρα σε αθλητές διαφορετικών ειδικοτήτων πιθανόν να βοηθήσει στη δημιουργία προγραμμάτων εκγύμνασης προς αποφυγή τραυματισμών τους. Δεδομένης της αρνητικής συσχέτισης των ασυμμετριών άλματος και μείωσης στην απόδοση, ο Maloney πρότεινε την εφαρμογή εκπαιδευτικών παρεμβάσεων με πρόθεση να μειωθούν οι ασυμμετρίες μεταξύ των άκρων (174).

Οι ασυμμετρίες λοιπόν, αποτελούν ένα παράγοντα κλειδί που πρέπει να ληφθεί υπόψη για την επιστροφή στην αθλητική δραστηριότητα μετά από τραυματισμό(201), και σχετίζονται με μειωμένο νευρομυϊκό έλεγχο κατά την αλματική διαδικασία(200). Προγράμματα αποφυγής τραυματισμού μπορούν να παρέχουν διορθωτικές στρατηγικές για να εξομαλύνουν την ασυμμετρία και να μειώσουν το κίνδυνο τραυματισμού (24,40,130). Η πρότερα οργάνωση ασυμμετριών που προκύπτουν σε κάθε άθλημα μπορούν να βοηθήσουν τους ιατρούς και τους προπονητές να καθοδηγήσουν τον αθλητή στην δημιουργία προγράμματος αποκατάστασης και επιστροφής στο παιχνίδι μετά από ενδεχόμενο τραυματισμό (4). Είναι προφανές από τη βιβλιογραφία ότι η επαναφορά των νευρομυϊκών σχεδίων μπορεί να είναι σημαντική στην μεγιστοποίηση της μετεγχειρητικής ενεργοποίησης και τη μείωση του κινδύνου επανατραυματισμού. Οι ρήξεις πρόσθιου χιαστού συνδέσμου αποτελούν ένα από τα βασικότερα ατυχήματα στον αθλητισμό. Για να μειωθούν οι χωρίς επαφή ρήξεις στον πρόσθιο χιαστό είναι σημαντικό να κατανοήσουμε τα αποτελέσματα προγραμμάτων παρέμβασης στο νευρομυϊκό έλεγχο και στις ασυμμετρίες προκαλούνται από αυτόν (19).

Το φαινόμενο της διασταυρούμενης εκμάθησης κατά το οποίο κατά την προπόνηση του ενός άκρου αυξάνεται η δύναμη του αντίθετο άκρο, μπορεί να αποκρύψει δυνητικά ως αποτέλεσμα της προπόνησης στο ετερόπλευρο έλλειμμα, ειδικά όταν χρησιμοποιείται αμφοτερόπλευρη προπόνηση(86).

Πρόσφατες μελέτες καταλήγουν ότι οι Προπονητικές παρεμβάσεις μπορούν να μειώσουν τις ασυμμετρίες και να βελτιώσουν την απόδοση γεγονός που στη μέχρι τώρα βιβλιογραφία δεν έχει αποσαφηνιστεί πλήρως.(18)

Έχει προταθεί ότι η ύπαρξη ετερόπλευρου ελλείματος δεν θα πρέπει απαραίτητως να θεωρείται αρνητική(43). Η ετερόπλευρη προπόνηση μειώνει το ετερόπλευρο έλλειμμα ενώ η αμφοτερόπλευρη το αυξάνει (44,82,83,84,85), πράγμα αρκετά χρήσιμο σε συγκεκριμένες ειδικότητες όπως το βόλεϊ, η άρση βαρών και το μπάσκετ. Το ετερόπλευρο έλλειμμα μπορεί έτσι να είναι χρήσιμο κατά τη δημιουργία προπονητικών προγραμμάτων. Προτείνεται έτσι εναλλασσόμενη προπόνηση για την προώθηση της μείωσης των ασυμμετριών(132).

Προπονητικοί μέθοδοι πρέπει να πάρουν μια ολιστική προσέγγιση προς διόρθωση ασυμμετριών με ετερόπλευρη αλλά και αμφοτερόπλευρη δυναμική ισορροπία και προπόνηση κορμού σύμφωνα με πρόσφατη μελέτη του C.Bishop et al. (10) Προγράμματα παρέμβασης διάρκειας τεσσάρων εβδομάδων μπορούν αποτελεσματικά να αλλάξουν τα κινητικά πρότυπα των κάτω άκρων και τα αποτελέσματα τους μπορούν να διατηρηθούν για ένα σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα(19).Οι προπονητές θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν της ειλημμένη μέθοδο μετρήσεων, γλυτώνοντας χρόνο και κόστος, σε σχέση με εναλλακτικές μεθόδους με ακριβό εξοπλισμό εργαστηρίου. Είναι σημαντικός στόχος των προπονήσεων να εστιάζει και σε νευρομυϊκούς παράγοντες της απόδοσης για να περιορίσει τις ανισοροπίες.(22)

Αθλητές και προπονητές που ενδιαφέρονται για την ελαχιστοποίηση των διαφορών ανάμεσα στα άκρα πρέπει να σκέφτονται προπονητικές συνταγές με στόχο τη διόρθωση της ασυμμετρίας, γεγονός που μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την τεχνική που τρέχουν μέσω επιρροής που ασκείται στις κινήσεις που εκτελούνται φυσιολογικά. Έχουμε έτσι ένα καθοριστικό αποτέλεσμα στις μετρήσεις της φυσικής απόδοσης (192). Κατά την κίνηση κλωτσιάς των παιχτών έχει αποκαλυφθεί σε μεγάλο εύρος μελετών συσχέτιση με την διαδικασία εκμάθησης των ομαδικών αθλημάτων. Για την επίλυση του αυτού του σεναρίου συστήνεται η αύξηση της εξάσκησης με το κυρίαρχο άκρο (30). Επιπλέον, οι προπονητές θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψιν ότι κάθε κίνηση κατά την άθληση είναι ένα μεταβλητό και πολύπλοκο φαινόμενο που δύσκολα μπορεί να προβλεφθεί μόνο μελετώντας τις αρθρώσεις και την ταχύτητα εκτέλεσης της κίνησης.

## **Κεφάλαιο 8ο: Ηθική δεοντολογία**

Τα στοιχεία των αθλητών που περιλαμβάνονται σε αυτή τη μελέτη έχουν εγκριθεί από την ειδική επιτροπή δεοντολογίας μετά από γραπτή αίτηση και σύμφωνα με τους νόμους που βρίσκονται σε ισχύ. Τα δεδομένα που παράχθηκαν κατά τη μελέτη δεν είναι δημοσιοποιημένα και απλά έγιναν διαθέσιμα στο συγγραφέα για την εκπόνηση της παρούσης εργασίας.

## Κεφάλαιο 9ο: Περιορισμοί

Η κατανομή του αριθμού των αθλητών ανά άθλημα κρίθηκε ως μη ισορροπημένη. Η ποικιλία του πληθυσμού μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την έλλειψη στατιστικής ισχύος στην αναγνώριση σημαντικών διαφορών μεταξύ αμφοτερόπλευρων και ετερόπλευρων τεστ (14).

Δεν ελήφθησαν υπόψιν παράγοντες όπως η ηλικία, το επίπεδο στην άθληση, το περιβάλλον(κλίμα), το ιστορικό πρόσφατου ή παλαιού τραυματισμού, ανθρωπομετρικοί παράγοντες, το φυσικό φορτίο κόπωση (3), ο μειωμένος νευρομυϊκός έλεγχος λόγω αυξημένης πίεσης το προηγούμενο διάστημα και αυξημένο άγχος(7), η ελαστικότητα των μυών, η δυναμική ισορροπία, ο χρόνος άθλησης, ο νευρομυϊκός έλεγχος, η μυϊκή δύναμη, οι διασταυρούμενες περιοχές μυϊκής επικάλυψης, η συνεργεία των αρθρώσεων και η φυσική τους κατάσταση (20) που μπορούν να επηρεάσουν τις ασυμμετρίες.

Είναι πιθανόν όταν ένας αθλητής πλησιάζει στην επιστροφή του στην άθληση μετά από ένα τραυματισμό, το τραυματισμένο άκρο να επιδεικνύει αυξημένη απόδοση σχετικά με το μη τραυματισμένο, γεγονός που μπορεί να “μπερδέψει” τον υπολογισμό των αποτελεσμάτων. Στις μονόπλευρες μετρήσεις πολλές φορές συγκαλύπτονται ασυμμετρίες γεγονός που έχει αναφερθεί στο παρελθόν(69).

Το μέγεθος του δείγματος θεωρείται επαρκές. Σαφώς και μία μεγαλύτερης έκτασης μελέτη θα μπορούσε να δώσει περισσότερες λεπτομέρειες στο μέλλον.

Κάθε είδος δυναμοδαπέδου προτείνει μια μικρή διαφορά στα αποτελέσματα των μετρήσεων. Η χρήση του τους άκρου ως και κυρίαρχο και άρα ως άκρο ελέγχου προβάλλει ως αυθαίρετη. Μόνο 40-50% των συμμετεχόντων έχουν την ικανότητα να προβλέψουν ποιο από τα άκρα τους θα δώσει τα υψηλότερα αποτελέσματα σε ύψος άλματος και άρα είναι το κυρίαρχο (57), επομένως η υποκειμενική επιλογή του κυρίαρχου άκρου ίσως να μην έχει θέση σε τέτοιου είδους μετρήσεις.

Η μέτρηση έγινε σε μια δεδομένη χρονική στιγμή με την εκάστοτε απόδοση του αθλητή.

Πολλαπλοί παλαιότεροι ερευνητές έχουν αναφέρει αλλαγές στο ύψος άλματος προκαλούμενες από αλλαγή στην τεχνική προσγείωσης(155-157).

Καταστάσεις όπως η Μεταβολή του κέντρου μάζας κατά τη διάρκεια οποιοσδήποτε άλματος που επηρεάζει την δυναμική ισορροπία και τον καταμερισμό των δυνάμεων προσγείωσης (113), η ποικιλομορφία της ασυμμετρίας του κάθε αθλητή κατά την περίοδο παρακολούθησης (20), και η αποζημίωση του δυνατότερου ποδιού για το πιο αδύναμο επιτρέποντας πλάγιες κινήσεις το σώματος έτσι ώστε να μοιράσει εξίσου τα φορτία (111) δεν κατέστη δυνατό να συνυπολογιστούν.

Είναι σημαντικό τέλος να σημειωθεί πως το ύψος άλματος βάθους που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη μπορεί και να μην είναι ο ιδανικότερος τρόπος μέτρησης της απόδοσης καθώς εξαρτάται από την ομαλοποίηση του ύψους σε όρθια θέση (71) και του ύψους κατά την απογείωση (72).



## **Κεφάλαιο 10ο: Συμμετογή στις συγγραφές**

Ο συγγραφέας έχει παραλάβει ανώνυμα μετρήσεις αθλητών διαφορετικών ειδικοτήτων από το κέντρο μελέτης αθλητών Σουκάκος, ανέλυσε στατιστικά τα αποτελέσματα τους και κατέληξε στα αναφερόμενα συμπεράσματα.

Οι συγγραφείς συμμετείχαν στην ανάλυση δεδομένων, στη συγγραφή και στον επανέλεγχο του κειμένου, συμφώνησαν για τυχόν δημοσίευση του, έδωσαν τελική έγκριση για την εκτύπωση και συναποφάσισαν για όλες τις παραμέτρους παράμετρος.

## **Κεφάλαιο 11ο: Χρηματοδότηση**

Κανένα είδος χρηματοδότησης δεν απαιτήθηκε.

## **Κεφάλαιο 12ο: Διευκρινίσεις-Αναγνώριση**

Οι μετρήσεις που χρησιμοποιήθηκαν είναι από το αρχείο του ερευνητικού κέντρου Σουκάκος του Π.Γ.Ν.Α. Αττικών και ελήφθησαν ανώνυμα ούτως ώστε να μην χρειαστεί να συμπεριληφθεί ατομική συγκατάθεση του κάθε αθλητή.

Ο συγγραφέας αναγνωρίζει τους συμμετέχοντες για την συμβολή τους στην μελέτη.

Οι συγγραφείς ευχαριστούν το κέντρο Σουκάκος και τους αθλητές που συμμετείχαν στην παρούσα μελέτη.

**Κεφάλαιο 13ο: Σύγκρουση ενδιαφέροντος:** Δεν υπάρχει καμία σύγκρουση ενδιαφέροντος προς αναφορά.

**Κεφάλαιο 14ο: Διαθεσιμότητα δεδομένων και υλικών:** Το πλήρες εύρος των δεδομένων καθώς και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι ανά πάσα στιγμή διαθέσιμα έπειτα από λογικό αίτημα.

## **Κεφάλαιο 15ο: Συντομογραφίες:**

Vertical Jumping (VJ), Vertical Jump Force Test (VJFT), Standing Broad Jump (SBJ), Lateral Jump (LJ), Drop Jump (DJ), Single Leg Countermovement Jump (SLCMJ), Broad Jump (BJ), Squat Jump (SJ), ετερόπλευρο έλλειμα στο μονοποδικό αντιδραστικό άλμα βάθους (BDDJ), ετερόπλευρο έλλειμα χρόνου επαφής στο μονοποδικό αντιδραστικό άλμα βάθους (BDCTDJ), ετερόπλευρο έλλειμα αντιδραστικής δύναμης στο μονοποδικό αντιδραστικό άλμα βάθους (BDRSI)

## **Κεφάλαιο 16ο: Βιβλιογραφία:**

- 1.ODA, S. (1997). Motor Control for Bilateral Muscular Contractions in Humans. *The Japanese Journal of Physiology*, 47(6), pp.487–498. doi:10.2170/jjphysiol.47.487.
- 2.Škarabot, J., Cronin, N., Strojnik, V. and Avela, J. (2016). Bilateral deficit in maximal force production. *European Journal of Applied Physiology*, 116(11-12), pp.2057–2084. doi:10.1007/s00421-016-3458-z.
- 3.Heil, J., Loffing, F. and Büsch, D. (2020). The Influence of Exercise-Induced Fatigue on Inter-Limb Asymmetries: a Systematic Review. *Sports Medicine - Open*, 6(1). doi:10.1186/s40798-020-00270-x.
- 4.McGrath, T.M., Waddington, G., Scarvell, J.M., Ball, N.B., Creer, R., Woods, K. and Smith, D. (2015). The effect of limb dominance on lower limb functional performance – a systematic review. *Journal of Sports Sciences*, 34(4), pp.289–302. doi:10.1080/02640414.2015.1050601.
- 5.Bell, D.R., Sanfilippo, J.L., Binkley, N. and Heiderscheit, B.C. (2014). Lean Mass Asymmetry Influences Force and Power Asymmetry During Jumping in Collegiate Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(4), pp.884–891. doi:10.1519/jsc.0000000000000367.
- 6.Lockie, R.G., Callaghan, S.J., Berry, S.P., Cooke, E.R.A., Jordan, C.A., Luczo, T.M. and Jeffriess, M.D. (2014). Relationship Between Unilateral Jumping Ability and Asymmetry on Multidirectional Speed in Team-Sport Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(12), pp.3557–3566. doi:10.1519/jsc.0000000000000588.
- 7.Lloyd, R.S., Oliver, J.L., Myer, G.D., De Ste Croix, M. and Read, P.J. (2020). Seasonal variation in neuromuscular control in young male soccer players. *Physical Therapy in Sport*, 42, pp.33–39. doi:10.1016/j.ptsp.2019.12.006.
- 8.Liu, T. and Jensen, J.L. (2012). Age-Related Differences in Bilateral Asymmetry in Cycling Performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 83(1), pp.114–119. Doi:10.1080/02701367.2012.10599832.
- 9.Phukan, M.I., Thapa, R.K., Kumar, G., Bishop, C., Chaabene, H. and Ramirez-Campillo, R. (2021). Inter-Limb Jump Asymmetries and Their Association with Sport-Specific Performance in Young Male and Female Swimmers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(14), p.7324. doi:10.3390/ijerph18147324.
- 10.Bishop, C., Turner, A. and Read, P. (2017). Effects of inter-limb asymmetries on physical and sports performance: a systematic review. *Journal of Sports Sciences*, 36(10), pp.1135–1144. Doi:10.1080/02640414.2017.1361894.

11. Dai, B., Garrett, W.E., Gross, M.T., Padua, D.A., Queen, R.M. and Yu, B. (2014). The Effects of 2 Landing Techniques on Knee Kinematics, Kinetics, and Performance During Stop-Jump and Side-Cutting Tasks. *The American Journal of Sports Medicine*, 43(2), pp.466–474. doi:10.1177/0363546514555322.
12. Schorderet, C., Allet, L. and Hilfiker, R. (2020). The role of the dominant leg while assessing balance performance. A systematic review and meta-analysis. *Gait & Posture*. doi:10.1016/j.gaitpost.2020.11.008.
13. Archontides, C. and Fazez, J.A. (1993). Inter-limb interactions and constraints in the expression of maximum force: A review, some implications and suggested underlying mechanisms. *Journal of Sports Sciences*, 11(2), pp.145–158. Doi:10.1080/02640419308729978.
14. Jakobi, J.M. and Chilibeck, P.D. (2001). Bilateral and Unilateral Contractions: Possible Differences in Maximal Voluntary Force. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 26(1), pp.12–33. doi:10.1139/h01-002.
15. Bishop, C., Brashill, C., Abbott, W., Read, P., Lake, J. and Turner, A. (2019). Jumping Asymmetries Are Associated With Speed, Change of Direction Speed, and Jump Performance in Elite Academy Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, p.1. doi:10.1519/jsc.0000000000003058.
16. Dos'Santos, Thomas, et al. "Asymmetries in Isometric Force-Time Characteristics Are Not Detrimental to Change of Direction Speed." *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 32, no. 2, Feb. 2018, pp. 520–527, <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002327>. Accessed 23 Nov. 2020.
17. Carpes, F.P., Mota, C.B. and Faria, I.E. (2010). On the bilateral asymmetry during running and cycling – A review considering leg preference. *Physical Therapy in Sport*, 11(4), pp.136–142. doi:10.1016/j.ptsp.2010.06.005.
18. Maloney, S.J. (2019). The Relationship Between Asymmetry and Athletic Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(9), pp.2579–2593. doi:10.1519/jsc.0000000000002608.
19. Yang, C., Yao, W., Garrett, W.E., Givens, D.L., Hacke, J., Liu, H. and Yu, B. (2018). Effects of an Intervention Program on Lower Extremity Biomechanics in Stop-Jump and Side-Cutting Tasks. *The American Journal of Sports Medicine*, 46(12), pp.3014–3022. Doi:10.1177/0363546518793393.
20. Guan, Y., Bredin, S.S.D., Taunton, J., Jiang, Q., Wu, N. and Warburton, D.E.R. (2022). Association between Inter-Limb Asymmetries in Lower-Limb Functional Performance and Sport

- Injury: A Systematic Review of Prospective Cohort Studies. *Journal of Clinical Medicine*, 11(2), p.360. doi:10.3390/jcm11020360.
21. Zifchock, R.A., Davis, I., Higginson, J. and Royer, T. (2008). The symmetry angle: A novel, robust method of quantifying asymmetry. *Gait & Posture*, 27(4), pp.622–627. doi:10.1016/j.gaitpost.2007.08.006.
22. Atkins, S.J., Bentley, I., Hurst, H.T., Sinclair, J.K. and Hesketh, C. (2016). The Presence of Bilateral Imbalance of the Lower Limbs in Elite Youth Soccer Players of Different Ages. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(4), pp.1007–1013. doi:10.1519/jsc.0b013e3182987044.
23. Guan, Y., Bredin, S., Jiang, Q., Taunton, J., Li, Y., Wu, N., Wu, L. and Warburton, D. (2021). The effect of fatigue on asymmetry between lower limbs in functional performances in elite child taekwondo athletes. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 16(1). doi:10.1186/s13018-020-02175-7.
24. Fort-Vanmeerhaeghe, A., Gual, G., Romero-Rodríguez, D. and Unnitha, V. (2016). Lower Limb Neuromuscular Asymmetry in Volleyball and Basketball Players. *Journal of Human Kinetics*, 50(1), pp.135–143. doi:10.1515/hukin-2015-0150.
25. Madruga-Parera, M., Romero-Rodríguez, D., Bishop, C., Beltran-Valls, M.R., Latinjak, A.T., Beato, M. and Fort-Vanmeerhaeghe, A. (2019). Effects of Maturation on Lower Limb Neuromuscular Asymmetries in Elite Youth Tennis Players. *Sports*, 7(5), p.106. doi:10.3390/sports7050106.
26. Pérez-Castilla, A., García-Ramos, A., Janicijevic, D., Miras-Moreno, S., De la Cruz, J.C., Rojas, F.J. and Cepero, M. (2021). Unilateral or Bilateral Standing Broad Jumps: Which Jump Type Provides Inter-Limb Asymmetries with a Higher Reliability? *Journal of Sports Science and Medicine*, pp.317–327. doi:10.52082/jssm.2021.317.
27. Benjanuvatra, N., Lay, B.S., Alderson, J.A. and Blanksby, B.A. (2013). Comparison of Ground Reaction Force Asymmetry in One- and Two-legged Countermovement Jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(10), pp.2700–2707. doi:10.1519/jsc.0b013e318280d28e.
28. Coratella, G., Beato, M. and Schena, F. (2018). Correlation between quadriceps and hamstrings inter-limb strength asymmetry with change of direction and sprint in U21 elite soccer-players. *Human Movement Science*, 59, pp.81–87. doi:10.1016/j.humov.2018.03.016.
29. Barbieri, F.A., Gobbi, L.T.B., Santiago, P.R.P. and Cunha, S.A. (2015). Dominant–non-dominant asymmetry of kicking a stationary and rolling ball in a futsal context. *Journal of Sports Sciences*, 33(13), pp.1411–1419. doi:10.1080/02640414.2014.990490.

30. Read, P.J., McAuliffe, S., Bishop, C., Oliver, J.L., Graham-Smith, P. and Farooq, M.A. (2020). Asymmetry Thresholds for Common Screening Tests and Their Effects on Jump Performance in Professional Soccer Players. *Journal of Athletic Training*. doi:10.4085/1062-6050-0013.20.
31. Vieira, L.H.P., de Souza Serenza, F., de Andrade, V.L., de Paula Oliveira, L., Mariano, F.P., Santana, J.E. and Santiago, P.R.P. (2016). Kicking Performance and Muscular Strength Parameters with Dominant and Nondominant Lower Limbs in Brazilian Elite Professional Futsal Players. *Journal of Applied Biomechanics*, 32(6), pp.578–585. doi:10.1123/jab.2016-0125.
32. IMPELLIZZERI, F.M., RAMPININI, E., MAFFIULETTI, N. and MARCORA, S.M. (2007). A Vertical Jump Force Test for Assessing Bilateral Strength Asymmetry in Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(11), pp.2044–2050. doi:10.1249/mss.0b013e31814fb55c.
33. Parkinson, A.O., Apps, C.L., Morris, J.G., Barnett, C.T. and Lewis, M.G.C. (2021). The Calculation, Thresholds and Reporting of Inter-Limb Strength Asymmetry: A Systematic Review. *Journal of Sports Science and Medicine*, pp.594–617. doi:10.52082/jssm.2021.594.
34. DeLang, M.D., Salamh, P.A., Farooq, A., Tabben, M., Whiteley, R., van Dyk, N. and Chamari, K. (2021). The dominant leg is more likely to get injured in soccer players: systematic review and meta-analysis. *Biology of Sport*, 38(3), pp.397–435. doi:10.5114/biolsport.2021.100265.
35. Bishop, C. and Turner, A. (n.d.) et al. Interlimb asymmetry during rehabilitation. *SPORTS MEDICINE JOURNAL*.
36. Sullivan, S.W., Fleet, N.A., Brooks, V.A., Bido, J., Nwachukwu, B.U. and Brubaker, P.H. (2021). Comparison of Different Functional Tests for Leg Power and Normative Bilateral Asymmetry Index in Healthy Collegiate Athletes. *Open Access Journal of Sports Medicine*, Volume 12, pp.119–128. doi:10.2147/oajsm.s315162.
37. Pleša, J., Kozinc, Ž. and Šarabon, N. (2022). Bilateral Deficit in Countermovement Jump and Its Influence on Linear Sprinting, Jumping, and Change of Direction Ability in Volleyball Players. *Frontiers in Physiology*, 13. doi:10.3389/fphys.2022.768906.
38. Hoffman, J.R., Ratamess, N.A., Klatt, M., Faigenbaum, A.D. and Kang, J. (2007). Do Bilateral Power Deficits Influence Direction-Specific Movement Patterns? *Research in Sports Medicine*, 15(2), pp.125–132. doi:10.1080/15438620701405313.
39. Bishop, C.J., Tarrant, J., Jarvis, P.T. and Turner, A.N. (2017). Using the Split Squat to Potentiate Bilateral and Unilateral Jump Performance. *Journal of strength and conditioning research*, [online] 31(8), pp.2216–2222. doi:10.1519/JSC.0000000000001696.

40. Bennell, Kim, et al. "Intra-Rater and Inter-Rater Reliability of a Weight-Bearing Lunge Measure of Ankle Dorsiflexion." *Australian Journal of Physiotherapy*, vol. 44, no. 3, 1998, pp. 175–180, [https://doi.org/10.1016/s0004-9514\(14\)60377-9](https://doi.org/10.1016/s0004-9514(14)60377-9).
41. Croisier, Jean-Louis, et al. "Hamstring Muscle Strain Recurrence and Strength Performance Disorders." *The American Journal of Sports Medicine*, vol. 30, no. 2, Mar. 2002, pp. 199–203, [journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/03635465020300020901](https://doi.org/10.1177/03635465020300020901), <https://doi.org/10.1177/03635465020300020901>.
42. TW, Worrell, et al. "Comparison of Isokinetic Strength and Flexibility Measures between Hamstring Injured and Noninjured Athletes." *Clinical Journal of Sport Medicine*, vol. 1, no. 3, July 1991, p. 213, <https://doi.org/10.1097/00042752-199107000-00024>.
43. Škarabot, Jakob, et al. "Bilateral Deficit in Maximal Force Production." *European Journal of Applied Physiology*, vol. 116, no. 11-12, 31 Aug. 2016, pp. 2057–2084, <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3458-z>.
44. Botton, Cíntia E., et al. "Neuromuscular Adaptations to Unilateral vs. Bilateral Strength Training in Women." *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 30, no. 7, July 2016, pp. 1924–1932, <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001125>.
45. Del Bel, Michael J., et al. "Effect of Limb Dominance and Sex on Neuromuscular Activation Patterns in Athletes under 12 Performing Unanticipated Side-Cuts." *Journal of Electromyography and Kinesiology*, vol. 36, Oct. 2017, pp. 65–72, <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2017.07.005>.
46. Álvaro Huerta Ojeda, et al. "Relationship between Asymmetries and Functional Autonomy in Older Chilean Adults." *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 19, no. 22, 16 Nov. 2022, pp. 15063–15063, [www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9690387/](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9690387/), <https://doi.org/10.3390/ijerph192215063>. Accessed 11 Mar. 2024.
47. BARBER, SUE D., et al. "Quantitative Assessment of Functional Limitations in Normal and Anterior Cruciate Ligament-Deficient Knees." *Clinical Orthopaedics and Related Research*, vol. &NA;, no. 255, June 1990, p. 204??214, <https://doi.org/10.1097/00003086-199006000-00028>.

48. Risberg, M. A., et al. "Reliability of Functional Knee Tests in Normal Athletes." *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, vol. 5, no. 1, 30 Jan. 2007, pp. 24–28, <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.1995.tb00006.x>.
49. östenberg, A., et al. "Isokinetic Knee Extensor Strength and Functional Performance in Healthy Female Soccer Players." *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, vol. 8, no. 5, Oct. 1998, pp. 257–264, <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.1998.tb00480.x>.
50. Menzel, Carolin, et al. "Molecular Structure of Citric Acid Cross-Linked Starch Films." *Carbohydrate Polymers*, vol. 96, no. 1, July 2013, pp. 270–276, <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.03.044>. Accessed 10 Aug. 2021.
51. Fousekis. *Lower Limb Strength in Professional Soccer Players: Profile, Asymmetry, and Training Age*. 2010.
52. Paterno, Mark V., et al. "Biomechanical Measures during Landing and Postural Stability Predict Second Anterior Cruciate Ligament Injury after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction and Return to Sport." *The American Journal of Sports Medicine*, vol. 38, no. 10, 11 Aug. 2010, pp. 1968–1978, <https://doi.org/10.1177/0363546510376053>.
53. Newton, Robert U., et al. "Four Weeks of Optimal Load Ballistic Resistance Training at the End of Season Attenuates Declining Jump Performance of Women Volleyball Players." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 20, no. 4, 2006, p. 955, <https://doi.org/10.1519/r-5050502x.1>.
54. Nimphius, Sophia, et al. "Changes in Muscle Architecture and Performance during a Competitive Season in Female Softball Players." *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 26, no. 10, Oct. 2012, pp. 2655–2666, <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e318269f81e>.
55. Meylan, César, and Davide Malatesta. "Effects of In-Season Plyometric Training within Soccer Practice on Explosive Actions of Young Players." *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 23, no. 9, Dec. 2009, pp. 2605–2613, <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181b1f330>.

56. Ceroni, Dimitri, et al. "Bilateral and Gender Differences during Single-Legged Vertical Jump Performance in Healthy Teenagers." *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 26, no. 2, Feb. 2012, pp. 452–457, <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e31822600c9>.
57. Stephens, Francis B., et al. "New Insights Concerning the Role of Carnitine in the Regulation of Fuel Metabolism in Skeletal Muscle." *The Journal of Physiology*, vol. 581, no. 2, 23 May 2007, pp. 431–444, <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2006.125799>.
58. Theoharopoulos, A., and G. Tsitskaris. "Isokinetic Evaluation of the Ankle Plantar and Dorsiflexion Strength to Determine the Dominant Limb in Basketball Players." *Isokinetics and Exercise Science*, vol. 8, no. 4, 1 Oct. 2000, pp. 181–186, <https://doi.org/10.3233/ies-2000-0049>.
59. Jacielle Carolina Ferreira. *Impact of Competitive Level and Age on the Strength and Asymmetry of Young Soccer Players*. 2018.
60. Hewitt, Graeme, et al. "Telomeres Are Favoured Targets of a Persistent DNA Damage Response in Ageing and Stress-Induced Senescence." *Nature Communications*, vol. 3, no. 1, 28 Feb. 2012, pp. 1–9, [www.nature.com/articles/ncomms1708](http://www.nature.com/articles/ncomms1708), <https://doi.org/10.1038/ncomms1708>.
61. Brumitt, Jason, et al. "Lower Extremity Functional Tests and Risk of Injury in Division Iii Collegiate Athletes." *International Journal of Sports Physical Therapy*, vol. 8, no. 3, 1 June 2013, pp. 216–227, [pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23772338/](http://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23772338/).
62. Abernethy, Peter, et al. "Strength and Power Assessment." *Sports Medicine*, vol. 19, no. 6, June 1995, pp. 401–417, <https://doi.org/10.2165/00007256-199519060-00004>.
63. *Japanese Journal of Physiology* 47,487-498. 1997.
64. Otsuki, T. *Changes in Strength, Speed, and Reaction Time Induced by Simultaneous Bilateral Muscular Activity*.1994.
65. Ohtsuki, Tatsuyuki. "Decrease in Human Voluntary Isometric Arm Strength Induced by Simultaneous Bilateral Exertion." *Behavioural Brain Research*, vol. 7, no. 2, Feb. 1983, pp. 165–178, [https://doi.org/10.1016/0166-4328\(83\)90190-0](https://doi.org/10.1016/0166-4328(83)90190-0). Accessed 13 Nov. 2021.



66. OHTSUKI, TATSUYUKI. “Decrease in Grip Strength Induced by Simultaneous Bilateral Exertion with Reference to Finger Strength.” *Ergonomics*, vol. 24, no. 1, Jan. 1981, pp. 37–48, <https://doi.org/10.1080/00140138108924828>. Accessed 8 May 2021.
67. Henry & Smith. *Reaction Time and Movement Time in Four Large Muscle Movements*. 1961.
68. Croisier, J. L., and J. M. Crielaard. “[Isokinetic Exercise and Sports Injuries].” *Revue Medicale de Liege*, vol. 56, no. 5, 1 May 2001, pp. 360–368, [pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11475934/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11475934/). Accessed 11 Oct. 2023.
69. Myer, Gregory D., et al. “Utilization of Modified NFL Combine Testing to Identify Functional Deficits in Athletes Following ACL Reconstruction.” *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, vol. 41, no. 6, June 2011, pp. 377–387, <https://doi.org/10.2519/jospt.2011.3547>.
70. Carey, David P., et al. “Footedness in World Soccer: An Analysis of France ’98.” *Journal of Sports Sciences*, vol. 19, no. 11, Jan. 2001, pp. 855–864, <https://doi.org/10.1080/026404101753113804>.
71. VANSOEST, A J, et al. “A Comparison of One-Legged and Two-Legged Countermovement Jumps.” *Medicine & Science in Sports & Exercise*, vol. 17, no. 6, Dec. 1985, pp. 635–639, <https://doi.org/10.1249/00005768-198512000-00002>. Accessed 3 Apr. 2020.
72. HAY, DAVID C., et al. “Audit Fees: A Meta-Analysis of the Effect of Supply and Demand Attributes.” *Contemporary Accounting Research*, vol. 23, no. 1, 1 Mar. 2006, pp. 141–191, <https://doi.org/10.1506/4xr4-kt5v-e8cn-91gx>. Accessed 28 Oct. 2019.
73. Pain, Matthew T.G. “Considerations for Single and Double Leg Drop Jumps: Bilateral Deficit, Standardizing Drop Height, and Equalizing Training Load.” *Journal of Applied Biomechanics*, vol. 30, no. 6, Dec. 2014, pp. 722–727, <https://doi.org/10.1123/jab.2014-0035>.
74. “The Effect of Bilateral Asymmetry of Muscle Strength on Jumping Height of the Countermovement Jump: A Computer Simulation Study.” *Journal of Sports Sciences*, vol. 28, no. 2, Jan. 2010, pp. 209–218, <https://doi.org/10.1080/02640410903428566>. Accessed 7 May 2020.

75. SECHER, N. H., et al. “Strength of Two- and One-Leg Extension in Man.” *Acta Physiologica Scandinavica*, vol. 134, no. 3, Nov. 1988, pp. 333–339, <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1988.tb08500.x>.
76. Michikawa, Takehiro, et al. “One-Leg Standing Test for Elderly Populations.” *Journal of Orthopaedic Science*, vol. 14, no. 5, Sept. 2009, pp. 675–685, <https://doi.org/10.1007/s00776-009-1371-6>.
77. McCurdy, Kevin, et al. “Comparison of Lower Extremity Emg between the 2-Leg Squat and Modified Single-Leg Squat in Female Athletes.” *Journal of Sport Rehabilitation*, vol. 19, no. 1, Feb. 2010, pp. 57–70, <https://doi.org/10.1123/jsr.19.1.57>.
78. DE RUITER, CORNELIS J., et al. “Fast Unilateral Isometric Knee Extension Torque Development and Bilateral Jump Height.” *Medicine & Science in Sports & Exercise*, vol. 38, no. 10, Oct. 2006, pp. 1843–1852, <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000227644.14102.50>.
79. Solomonow, Moshe, et al. “The EMG-Force Relationships of Skeletal Muscle; Dependence on Contraction Rate, and Motor Units Control Strategy.” *PubMed*, vol. 30, no. 3, 1 Apr. 1990, pp. 141–52. Accessed 4 Oct. 2023.
80. Carpes, Felipe P., et al. “On the Bilateral Asymmetry during Running and Cycling – a Review Considering Leg Preference.” *Physical Therapy in Sport*, vol. 11, no. 4, Nov. 2010, pp. 136–142, <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2010.06.005>. Accessed 20 Apr. 2020.
81. Archontides, C., and J.A. Fazez. “Inter-Limb Interactions and Constraints in the Expression of Maximum Force: A Review, Some Implications and Suggested Underlying Mechanisms.” *Journal of Sports Sciences*, vol. 11, no. 2, Apr. 1993, pp. 145–158, <https://doi.org/10.1080/02640419308729978>. Accessed 22 May 2021.
82. HAKKINEN, K., et al. “Neuromuscular Adaptations during Bilateral versus Unilateral Strength Training in Middle-Aged and Elderly Men and Women.” *Acta Physiologica Scandinavica*, vol. 158, no. 1, Aug. 1996, pp. 77–88, <https://doi.org/10.1046/j.1365-201x.1996.523293000.x>.

83. Kuruganti, Usha, et al. “Bilateral Isokinetic Training Reduces the Bilateral Leg Strength Deficit for Both Old and Young Adults.” *European Journal of Applied Physiology*, vol. 94, no. 1-2, 16 Feb. 2005, pp. 175–179, <https://doi.org/10.1007/s00421-004-1313-0>. Accessed 14 Oct. 2021.
84. Taniguchi, Yuko. “Lateral Specificity in Resistance Training: The Effect of Bilateral and Unilateral Training.” *European Journal of Applied Physiology*, vol. 75, no. 2, 1 Jan. 1997, pp. 144–150, <https://doi.org/10.1007/s004210050139>.
85. Y. Taniguchi et al. “Relationship between the Modifications of Bilateral Deficit in Upper and Lower Limbs by Resistance Training in Humans.” *European Journal of Applied Physiology*, vol. 78, no. 3, 1 July 1998, pp. 226–230, <https://doi.org/10.1007/s004210050411>. Accessed 1 July 2019.
86. Carroll, Timothy J., et al. “Contralateral Effects of Unilateral Strength Training: Evidence and Possible Mechanisms.” *Journal of Applied Physiology*, vol. 101, no. 5, Nov. 2006, pp. 1514–1522, <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00531.2006>.
87. Sale D and MacDougall D. *Specificity in Strength Training: A Review for the Coach and Athlete*. 1981.
88. Hernandez, Juliane P, et al. “Bilateral Index Expressions and IEMG Activity in Older versus Young Adults.” *The Journals of Gerontology*, vol. 58, no. 6, 1 June 2003, pp. M536–M541, <https://doi.org/10.1093/gerona/58.6.m536>. Accessed 4 Oct. 2023.
89. Parrington L, Ball K. *Biomechanical Considerations of Laterality in Sport*. 2016.
90. Girard, Olivier, et al. “Lower Limb Mechanical Asymmetry during Repeated Treadmill Sprints.” *Human Movement Science*, vol. 52, Apr. 2017, pp. 203–214, <https://doi.org/10.1016/j.humov.2017.02.008>.
91. JORDAN, MATTHEW J., et al. “Asymmetry and Thigh Muscle Coactivity in Fatigued Anterior Cruciate Ligament–Reconstructed Elite Skiers.” *Medicine & Science in Sports & Exercise*, vol. 49, no. 1, Jan. 2017, pp. 11–20, <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000001076>. Accessed 18 Mar. 2021.

92. Bishop, Chris, et al. "Effects of Inter-Limb Asymmetries on Physical and Sports Performance: A Systematic Review." *Journal of Sports Sciences*, vol. 36, no. 10, 2 Aug. 2017, pp. 1135–1144, <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1361894>.
93. S. Maloney et al. "The Relationship between Asymmetry and Athletic Performance." *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 33, no. 9, Sept. 2019, pp. 2579–2593, <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002608>.
94. Bromley, Tom, et al. "Effects of a Competitive Soccer Match on Jump Performance and Interlimb Asymmetries in Elite Academy Soccer Players." *Journal of Strength and Conditioning Research*, Nov. 2018, p. 1, <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002951>.
95. Bishop, Chris, et al. "Acute Effect of Repeated Sprints on Interlimb Asymmetries during Unilateral Jumping." *Journal of Strength and Conditioning Research*, Mar. 2019, p. 1, <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003109>.
96. Hebbal, Gurusiddappa V., and Viswanath R. Mysorekar. "Evaluation of Some Tasks Used for Specifying Handedness and Footedness." *Perceptual and Motor Skills*, vol. 102, no. 1, Feb. 2006, pp. 163–164, <https://doi.org/10.2466/pms.102.1.163-164>. Accessed 26 July 2020.
97. Tonka Čuk, et al. *Lateral Asymmetry of Human Long Bones*. 2001.
98. FLANAGAN, EAMONN P., and ANDREW J. HARRISON. "MUSCLE DYNAMICS DIFFERENCES between LEGS in HEALTHY ADULTS." *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 21, no. 1, Feb. 2007, pp. 67–72, <https://doi.org/10.1519/00124278-200702000-00013>.
99. Stephens, Thomas M., et al. "Gender and Bilateral Differences in Single-Leg Countermovement Jump Performance with Comparison to a Double-Leg Jump." *Journal of Applied Biomechanics*, vol. 23, no. 3, Aug. 2007, pp. 190–202, [pdfs.semanticscholar.org/58d5/9233bfdb4f7661206d2482f4be16bab90d49.pdf](https://pdfs.semanticscholar.org/58d5/9233bfdb4f7661206d2482f4be16bab90d49.pdf), <https://doi.org/10.1123/jab.23.3.190>.
100. Hewit, Jennifer, et al. "Multidirectional Leg Asymmetry Assessment in Sport." *Strength and Conditioning Journal*, vol. 34, no. 1, Feb. 2012, pp. 82–86, <https://doi.org/10.1519/ssc.0b013e31823e83db>.

101. Lees, Adrian, et al. "The Maximal and Submaximal Vertical Jump: Implications for Strength and Conditioning." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 18, no. 4, 2004, p. 787, <https://doi.org/10.1519/14093.1>.
102. Burr, Jamie F., et al. "Evaluation of Jump Protocols to Assess Leg Power and Predict Hockey Playing Potential." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 21, no. 4, 2007, p. 1139, <https://doi.org/10.1519/r-21496.1>.
103. O. Pompeiano. *Experimental Central Nervous System Lesions and Posture* . 1985.
104. M. Bračić, M. Supej. AN INVESTIGATION of the INFLUENCE of BILATERAL DEFICIT on the COUNTER-MOVEMENT JUMP PERFORMANCE in ELITE SPRINTERS. 2010.
105. Maio Alves, José Manuel Vilaça, et al. "Short-Term Effects of Complex and Contrast Training in Soccer Players' Vertical Jump, Sprint, and Agility Abilities." *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 24, no. 4, Apr. 2010, pp. 936–941, [journals.lww.com/nsca-jscr/Pages/articleviewer.aspx?year=2010&issue=04000&article=00007&type=Fulltext](http://journals.lww.com/nsca-jscr/Pages/articleviewer.aspx?year=2010&issue=04000&article=00007&type=Fulltext), <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181c7c5fd>.
106. Gabbett, Tim J, et al. "Speed, Change of Direction Speed, and Reactive Agility of Rugby League Players." *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 22, no. 1, Jan. 2008, pp. 174–181, <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e31815ef700>.
107. Lockie, Robert G., et al. "Analysis of Specific Speed Testing for Cricketers." *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 27, no. 11, Nov. 2013, pp. 2981–2988, <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e31828a2c56>.
108. Delextrat, Anne, and Daniel Cohen. "Strength, Power, Speed, and Agility of Women Basketball Players according to Playing Position." *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 23, no. 7, Oct. 2009, pp. 1974–1981, <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181b86a7e>.
109. Gabbett, Tim, et al. "Changes in Skill and Physical Fitness Following Training in Talent-Identified Volleyball Players." *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 20, no. 1, 1 Feb. 2006, pp. 29–35, [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16503688](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16503688), <https://doi.org/10.1519/R-16814.1>.

110. Sassi, Radhouane Haj, et al. "Relative and Absolute Reliability of a Modified Agility T-Test and Its Relationship with Vertical Jump and Straight Sprint." *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 23, no. 6, Sept. 2009, pp. 1644–1651, journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2009/09000/Relative\_and\_Absolute\_Reliability\_of\_a\_Modified.3.aspx, <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181b425d2>.
111. Yoshioka, Shinsuke, et al. "The Effect of Bilateral Asymmetry of Muscle Strength on Jumping Height of the Countermovement Jump: A Computer Simulation Study." *Journal of Sports Sciences*, vol. 28, no. 2, Jan. 2010, pp. 209–218, <https://doi.org/10.1080/02640410903428566>.
112. Casajús, J. A. "Seasonal Variation in Fitness Variables in Professional Soccer Players." *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, vol. 41, no. 4, 1 Dec. 2001, pp. 463–469, <pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11687765/>. Accessed 28 Apr. 2022.
113. Goossens, L., et al. "Lower Eccentric Hamstring Strength and Single Leg Hop for Distance Predict Hamstring Injury in PETE Students." *European Journal of Sport Science*, vol. 15, no. 5, 5 Sept. 2014, pp. 436–442, <https://doi.org/10.1080/17461391.2014.955127>.
114. Ishida, Ai, et al. "Seasonal Changes and Relationships in Training Loads, Neuromuscular Performance, and Recovery and Stress State in Competitive Female Soccer Players." *Frontiers in Sports and Active Living*, vol. 3, 11 Oct. 2021, <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.757253>.
115. Padua, Darin A, et al. "Fatigue, Vertical Leg Stiffness, and Stiffness Control Strategies in Males and Females." *Journal of Athletic Training*, vol. 41, no. 3, 2006, pp. 294–304, <www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1569557/>.
116. Fousekis, K., et al. "Intrinsic Risk Factors of Non-Contact Quadriceps and Hamstring Strains in Soccer: A Prospective Study of 100 Professional Players." *British Journal of Sports Medicine*, vol. 45, no. 9, 30 Nov. 2010, pp. 709–714, <https://doi.org/10.1136/bjism.2010.077560>.
117. D. Hallahan, J. Kauffman. *Introduction to Learning Disabilities : A Psycho-Behavioral Approach*. 1976.

118. “The Relationship of Hand Dominance to the Motor Coordination, Mental Ability, and Right-Left Awareness of Young Normal Children.” *Child Development*, vol. 49, no. 3, 1 Sept. 1978, [pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/710197/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/710197/). Accessed 10 Oct. 2023.
119. Tan, L. E. “Laterality and Motor Skills in Four-Year-Olds.” *Child Development*, vol. 56, no. 1, 1 Feb. 1985, pp. 119–124, [pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3987397/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3987397/). Accessed 10 Oct. 2023.
120. Peter F. MacNeilage. *The “Postural Origins” Theory of Primate Neurobiological Asymmetries*. 1991.
121. Peters, Michael. “Neuropsychological Identification of Motor Problems: Can We Learn Something from the Feet and Legs That Hands and Arms Will Not Tell Us?” *Neuropsychology Review*, vol. 1, no. 2, June 1990, pp. 165–183, <https://doi.org/10.1007/bf01108716>. Accessed 22 Nov. 2019.
122. Chapman, Jean P., et al. “The Measurement of Foot Preference.” *Neuropsychologia*, vol. 25, no. 3, Jan. 1987, pp. 579–584, [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(87\)90082-0](https://doi.org/10.1016/0028-3932(87)90082-0). Accessed 23 Feb. 2022.
123. Peters, Michael. “Footedness: Asymmetries in Foot Preference and Skill and Neuropsychological Assessment of Foot Movement.” *Psychological Bulletin*, vol. 103, no. 2, 1988, pp. 179–192, <https://doi.org/10.1037/0033-2909.103.2.179>.
124. Previc, Fred H. “A General Theory Concerning the Prenatal Origins of Cerebral Lateralization in Humans.” *Psychological Review*, vol. 98, no. 3, 1991, pp. 299–334, <https://doi.org/10.1037/0033-295x.98.3.299>. Accessed 20 July 2021.
125. Mark C. Ellis. *Tempo Perception and Performance of Elementary Students, Grades 3-6*. 1992.
126. Bishop, Chris MSc1; Read, Paul PhD, CSCS\*D2; Lake, Jason PhD3; Chavda, Shyam MSc1; Turner, Anthony PhD, CSCS\*D1. Cite Share Favorites Permissions ARTICLE Interlimb Asymmetries: Understanding How to Calculate Differences from Bilateral and Unilateral Tests. 2018.

127. Bayliss, A. J., et al. "Achilles Tendon Material Properties Are Greater in the Jump Leg of Jumping Athletes." *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions*, vol. 16, no. 2, 1 June 2016, pp. 105–112, [pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27282454/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27282454/). Accessed 20 Mar. 2023.
128. "The Effect of Bilateral Asymmetry of Muscle Strength on the Height of a Squat Jump: A Computer Simulation Study." *Journal of Sports Sciences*, vol. 29, no. 8, May 2011, pp. 867–877, <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.568512>.
129. Chalmers, Samuel, et al. "Asymmetry during Preseason Functional Movement Screen Testing Is Associated with Injury during a Junior Australian Football Season." *Journal of Science and Medicine in Sport*, vol. 20, no. 7, July 2017, pp. 653–657, <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.12.076>.
130. Fort-Vanmeerhaeghe, Azahara, et al. "Higher Vertical Jumping Asymmetries and Lower Physical Performance Are Indicators of Increased Injury Incidence in Youth Team-Sport Athletes." *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. Publish Ahead of Print, no. 8, 1 Oct. 2020, <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003828>.
131. Dos'Santos, Thomas PhD1; Thomas, Christopher PhD2; Jones, Paul A. PhD2. *Assessing Interlimb Asymmetries: Are We Heading in the Right Direction?* 2021.
132. Madruga-Parera, Marc, et al. "Jumping-Based Asymmetries Are Negatively Associated with Jump, Change of Direction, and Repeated Sprint Performance, but Not Linear Speed, in Adolescent Handball Athletes." *Journal of Human Kinetics*, vol. 71, no. 1, 31 Jan. 2020, pp. 47–58, <https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0095>.
133. Loturco, Irineu, et al. "Do Asymmetry Scores Influence Speed and Power Performance in Elite Female Soccer Players?" *Biology of Sport*, vol. 36, no. 3, 2019, pp. 209–216, <https://doi.org/10.5114/biol sport.2019.85454>. Accessed 12 Aug. 2021.
134. dos Santos, T. , Thomas, C. , Jones, P. A. , Comfort, P. *Asymmetries in Single and Triple Hop Are Not Detrimental to Change of Direction Speed.* 2017.



135. Newton, Robert U., et al. "Determination of Functional Strength Imbalance of the Lower Extremities." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 20, no. 4, 2006, p. 971, <https://doi.org/10.1519/r-5050501x.1>.
136. Rouissi, Mehdi, et al. "Effect of Leg Dominance on Change of Direction Ability amongst Young Elite Soccer Players." *Journal of Sports Sciences*, vol. 34, no. 6, 29 Dec. 2015, pp. 542–548, <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1129432>.
137. Simon, Ann M., and Daniel P. Ferris. "Lower Limb Force Production and Bilateral Force Asymmetries Are Based on Sense of Effort." *Experimental Brain Research*, vol. 187, no. 1, 5 Feb. 2008, pp. 129–138, <https://doi.org/10.1007/s00221-008-1288-x>.
138. Sato, Kimitake, and Gary D Heise. "Influence of Weight Distribution Asymmetry on the Biomechanics of a Barbell Back Squat." *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 26, no. 2, Feb. 2012, pp. 342–349, <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e318220e0a3>. Accessed 6 May 2019.
139. Zifchock, Rebecca Avrin, et al. "The Symmetry Angle: A Novel, Robust Method of Quantifying Asymmetry." *Gait & Posture*, vol. 27, no. 4, May 2008, pp. 622–627, <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2007.08.006>.
140. Atkins, Stephen J., et al. "The Presence of Bilateral Imbalance of the Lower Limbs in Elite Youth Soccer Players of Different Ages." *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 30, no. 4, Apr. 2016, pp. 1007–1013, <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3182987044>.
141. Ardern, Clare L., et al. "Return to the Preinjury Level of Competitive Sport after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Surgery." *The American Journal of Sports Medicine*, vol. 39, no. 3, 23 Nov. 2010, pp. 538–543, <https://doi.org/10.1177/0363546510384798>.
142. Noyes, Frank R., et al. "Abnormal Lower Limb Symmetry Determined by Function Hop Tests after Anterior Cruciate Ligament Rupture." *The American Journal of Sports Medicine*, vol. 19, no. 5, Sept. 1991, pp. 513–518, <https://doi.org/10.1177/036354659101900518>.
143. Greenberger, Hilary B., and Mark V. Paterno. "Relationship of Knee Extensor Strength and Hopping Test Performance in the Assessment of Lower Extremity Function." *Journal of Orthopaedic*

& Sports Physical Therapy, vol. 22, no. 5, Nov. 1995, pp. 202–206, <https://doi.org/10.2519/jospt.1995.22.5.202>.

144. Rohman, Eric, et al. “Changes in Involved and Uninvolved Limb Function during Rehabilitation after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction.” *The American Journal of Sports Medicine*, vol. 43, no. 6, 31 Mar. 2015, pp. 1391–1398, <https://doi.org/10.1177/0363546515576127>.

145. Kyritsis, Polyvios, et al. “Likelihood of ACL Graft Rupture: Not Meeting Six Clinical Discharge Criteria before Return to Sport Is Associated with a Four Times Greater Risk of Rupture.” *British Journal of Sports Medicine*, vol. 50, no. 15, 23 May 2016, pp. 946–951, <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095908>.

146. Exell, T., et al. “Strength and Performance Asymmetry during Maximal Velocity Sprint Running.” *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, vol. 27, no. 11, 27 Sept. 2016, pp. 1273–1282, <https://doi.org/10.1111/sms.12759>. Accessed 15 Dec. 2019.

147. Meyers, Robert W., et al. “Asymmetry during Maximal Sprint Performance in 11- to 16-Year-Old Boys.” *Pediatric Exercise Science*, vol. 29, no. 1, Feb. 2017, pp. 94–102, <https://doi.org/10.1123/pes.2016-0018>. Accessed 7 Nov. 2019.

148. Robert Stanton<sup>1</sup>, Associate Professor Peter Reaburn<sup>1</sup> and Luke Delvecchio<sup>1</sup>. Assymetry of Lower Limb Functional Performance in Amateur Male Kickboxers. 2015.

149. Evershed, Jo, et al. “Musculoskeletal Screening to Detect Asymmetry in Swimming.” *Physical Therapy in Sport*, vol. 15, no. 1, Feb. 2014, pp. 33–38, <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2013.02.002>. Accessed 13 Mar. 2021.

150. Schiltz, Marc, et al. “Explosive Strength Imbalances in Professional Basketball Players.” *Journal of Athletic Training*, vol. 44, no. 1, Jan. 2009, pp. 39–47, <https://doi.org/10.4085/1062-6050-44.1.39>.

151. BUCKERIDGE, ERICA, et al. “Kinematic Asymmetries of the Lower Limbs during Ergometer Rowing.” *Medicine & Science in Sports & Exercise*, vol. 44, no. 11, Nov. 2012, pp. 2147–2153, <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3182625231>.

152. Bell, David R., et al. "Lean Mass Asymmetry Influences Force and Power Asymmetry during Jumping in Collegiate Athletes." *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 28, no. 4, Apr. 2014, pp. 884–891, <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000000367>.
153. Devita, P., and W. A. Skelly. "Effect of Landing Stiffness on Joint Kinetics and Energetics in the Lower Extremity." *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 24, no. 1, 1 Jan. 1992, pp. 108–115, [pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1548984/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1548984/).
154. ZHANG, SONG-NING, et al. "Contributions of Lower Extremity Joints to Energy Dissipation during Landings." *Medicine & Science in Sports & Exercise*, vol. 32, no. 4, Apr. 2000, pp. 812–819, <https://doi.org/10.1097/00005768-200004000-00014>. Accessed 13 Feb. 2020.
155. Dowling, Ariel V., et al. "Inertial Sensor-Based Feedback Can Reduce Key Risk Metrics for Anterior Cruciate Ligament Injury during Jump Landings." *The American Journal of Sports Medicine*, vol. 40, no. 5, 28 Mar. 2012, pp. 1075–1083, <https://doi.org/10.1177/0363546512437529>.
156. Myers, Casey A., and David Hawkins. "Alterations to Movement Mechanics Can Greatly Reduce Anterior Cruciate Ligament Loading without Reducing Performance." *Journal of Biomechanics*, vol. 43, no. 14, Oct. 2010, pp. 2657–2664, <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2010.06.003>. Accessed 22 May 2020.
157. Walsh, Mark S., et al. "Gender Bias on the Effects of Instruction on Kinematic and Kinetic Jump Parameters of High-Level Athletes." *Research in Sports Medicine*, vol. 15, no. 4, 29 Nov. 2007, pp. 283–295, <https://doi.org/10.1080/15438620701693306>. Accessed 11 Jan. 2021.
158. Johnson, Shanthi, and Krista Leck. "The Effects of Dietary Fasting on Physical Balance among Healthy Young Women." *Nutrition Journal*, vol. 9, no. 1, 13 Apr. 2010, <https://doi.org/10.1186/1475-2891-9-18>. Accessed 25 Nov. 2019.
159. Knight, Adam C., et al. "Assessment of Balance among Adolescent Track and Field Athletes." *Sports Biomechanics*, vol. 15, no. 2, 2 Apr. 2016, pp. 169–179, <https://doi.org/10.1080/14763141.2016.1159324>. Accessed 7 Jan. 2020.
160. Emery, C.A. "Is There a Clinical Standing Balance Measurement Appropriate for Use in Sports Medicine? A Review of the Literature." *Journal of Science and Medicine in Sport*, vol. 6, no. 4, Dec. 2003, pp. 492–504, [https://doi.org/10.1016/s1440-2440\(03\)80274-8](https://doi.org/10.1016/s1440-2440(03)80274-8). Accessed 9 Mar. 2022.

161. Fay B. Horak. *Clinical Assessment of Balance Disorders*. 1987.
162. Muehlbauer, Thomas, et al. "One-Leg Standing Performance and Muscle Activity: Are There Limb Differences?" *Journal of Applied Biomechanics*, vol. 30, no. 3, June 2014, pp. 407–414, <https://doi.org/10.1123/jab.2013-0230>. Accessed 8 Mar. 2020.
163. Sinsurin, Komsak, et al. "Side-To-Side Differences in Lower Extremity Biomechanics during Multi-Directional Jump Landing in Volleyball Athletes." *European Journal of Sport Science*, vol. 17, no. 6, 10 Apr. 2017, pp. 699–709, <https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1308560>. Accessed 26 Nov. 2019.
164. Horak, Fay B, et al. "The Balance Evaluation Systems Test (BESTest) to Differentiate Balance Deficits." *Physical Therapy*, vol. 89, no. 5, 2009, pp. 484–98, [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19329772](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19329772), <https://doi.org/10.2522/ptj.20080071>.
165. McGrath, Timothy M., et al. "The Effect of Limb Dominance on Lower Limb Functional Performance – a Systematic Review." *Journal of Sports Sciences*, vol. 34, no. 4, 8 June 2015, pp. 289–302, <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1050601>.
166. F. A. Hellebrandt, and Sara Jane Houtz. *Influence of Bimanual Exercise on Unilateral Work Capacity*. 1950.
167. Hellebrandt, F. A., et al. "Influence of Alternate and Reciprocal Exercise on Work Capacity." *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol. 32, no. 12, 1 Dec. 1951, pp. 766–776, [pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14904177/](http://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14904177/). Accessed 11 Oct. 2023.
168. F. HELLEBRANDT et al. "Physiological Effects of Simultaneous Static and Dynamic Exercise." *American Journal of Physical Medicine*, vol. 35, no. 2, 1 Apr. 1956, pp. 106–117, [pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/13313733/](http://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/13313733/). Accessed 11 Oct. 2023.
169. Asmussen, E., and B. Mazin. "Recuperation after Muscular Fatigue by ?Diverting Activities?" *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, vol. 38, no. 1, 1978, pp. 1–7, <https://doi.org/10.1007/bf00436747>.

170. Franklin M. Henry & Leon E. Smith. Simultaneous vs. Separate Bilateral Muscular Contractions in Relation to Neural Overflow Theory and Neuromoter Specificity. 1961.
171. Keskula, D R, et al. "Functional Outcome Measures for Knee Dysfunction Assessment." *Journal of Athletic Training*, vol. 31, no. 2, 1996, pp. 105–10, [www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1318439/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1318439/). Accessed 11 Oct. 2023.
172. Cordova, Mitchell L., and Charles W. Armstrong. "Reliability of Ground Reaction Forces during a Vertical Jump: Implications for Functional Strength Assessment." *Journal of Athletic Training*, vol. 31, no. 4, 1996, pp. 342–345, [www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1318919/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1318919/).
173. Vandervoort, A. A., et al. "Comparison of Motor Unit Activation during Unilateral and Bilateral Leg Extension." *Journal of Applied Physiology*, vol. 56, no. 1, 1 Jan. 1984, pp. 46–51, <https://doi.org/10.1152/jappl.1984.56.1.46>. Accessed 15 May 2020.
174. Maloney, Sean J., et al. "A Comparison of Bilateral and Unilateral Drop Jumping Tasks in the Assessment of Vertical Stiffness." *Journal of Applied Biomechanics*, vol. 34, no. 3, 1 June 2018, pp. 199–204, <https://doi.org/10.1123/jab.2017-0094>. Accessed 29 Feb. 2020.
175. SCHANTZ, P. G., et al. "Maximal Voluntary Force of Bilateral and Unilateral Leg Extension." *Acta Physiologica Scandinavica*, vol. 136, no. 2, June 1989, pp. 185–192, <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1989.tb08651.x>. Accessed 18 Dec. 2019.
176. Henneman, Elwood, and Camille B. Olson. "RELATIONS between STRUCTURE and FUNCTION in the DESIGN of SKELETAL MUSCLES." *Journal of Neurophysiology*, vol. 28, no. 3, 1 May 1965, pp. 581–598, <https://doi.org/10.1152/jn.1965.28.3.581>. Accessed 17 Dec. 2020.
177. N H Secher, S Rørsgaard, O Secher. Contralateral Influence on Recruitment of Type I Muscle Fibers during Maximal Voluntary Contractions of the Legs. 1976.
178. Secher, Niels H., et al. "Contralateral Influence on Recruitment of Curarized Muscle Fibres during Maximal Voluntary Extension of the Legs." *Acta Physiologica Scandinavica*, vol. 103, no. 4, Aug. 1978, pp. 456–462, <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1978.tb06240.x>. Accessed 13 Nov. 2020.

179. A. Vandervoort et al. “Strength-Velocity Relationship and Fatiguability of Unilateral versus Bilateral Arm Extension.” *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, vol. 56, no. 2, 1987, pp. 201–205, <https://doi.org/10.1007/bf00640644>. Accessed 2 Mar. 2023.
180. Hewett, Timothy E., et al. “Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Athletes.” *The American Journal of Sports Medicine*, vol. 34, no. 2, Feb. 2006, pp. 299–311, <https://doi.org/10.1177/0363546505284183>.
181. RUBE, N., and N. H. SECHER. “Effect of Training on Central Factors in Fatigue Following Two- and One-Leg Static Exercise in Man.” *Acta Physiologica Scandinavica*, vol. 141, no. 1, Jan. 1991, pp. 87–95, <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1991.tb09048.x>. Accessed 20 Mar. 2020.
182. Herbert Heuer . *Motor Learning as a Process of Structural Constriction and Displacement*. 1984.
183. Heuer,H. *Pseudoautomization in Manual Control; a Simulation Study*. 1988.
184. Secher, N. H. “Isometric Rowing Strength of Experienced and Inexperienced Oarsmen.” *Medicine and Science in Sports*, vol. 7, no. 4, 1975, pp. 280–283, [pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1235151/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1235151/). Accessed 11 Oct. 2023.
185. Moritani, T., and H. A. deVries. “Neural Factors versus Hypertrophy in the Time Course of Muscle Strength Gain.” *American Journal of Physical Medicine*, vol. 58, no. 3, 1 June 1979, pp. 115–130, [pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/453338/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/453338/).
186. Coleman, A. E. “Effect of Unilateral Isometric and Isotonic Contractions on the Strength of the Contralateral Limb.” *Research Quarterly*, vol. 40, no. 3, 1 Oct. 1969, pp. 490–495, [pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5260675/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5260675/). Accessed 11 Oct. 2023.
187. Arthur T. Slater-Hammel. *Bilateral Effects of Muscle Activity*. 2013.
188. Lagasse, P. P. “Muscle Strength: Ipsilateral and Contralateral Effects of Superimposed Stretch.” *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol. 55, no. 7, 1 July 1974, pp. 305–310, [pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4842369/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4842369/). Accessed 11 Oct. 2023.

189. Asanuma, H., and O. Okuda. “Effects of Transcallosal Volleys on Pyramidal Tract Cell Activity of Cat.” *Journal of Neurophysiology*, vol. 25, 1 Mar. 1962, pp. 198–208, [pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/13862744/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/13862744/), <https://doi.org/10.1152/jn.1962.25.2.198>. Accessed 11 Oct. 2023.
190. Oda, Shingo, and Toshio Moritani. “Movement-Related Cortical Potentials during Handgrip Contractions with Special Reference to Force and Electromyogram Bilateral Deficit.” *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, vol. 72, no. 1-2, 1995, pp. 1–5, <https://doi.org/10.1007/bf00964106>. Accessed 16 Oct. 2020.
191. J. Duncan Macdougall (Author), Howard A. Wenger (Author), Howard J. Green (Editor). *Physiological Testing of the High Performance Athlete*. 1990.
192. “Vertical and Horizontal Asymmetries Are Related to Slower Sprinting and Jump Performance in Elite Youth Female Soccer Players.” *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 35, no. 1, Feb. 2018, p. 1, <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002544>.
193. Herbert, R. D., and S. C. Gandevia. “Muscle Activation in Unilateral and Bilateral Efforts Assessed by Motor Nerve and Cortical Stimulation.” *Journal of Applied Physiology* (Bethesda, Md.: 1985), vol. 80, no. 4, 1 Apr. 1996, pp. 1351–1356, [pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8926266/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8926266/), <https://doi.org/10.1152/jappl.1996.80.4.1351>. Accessed 11 Oct. 2023.
194. Kawakami, Yoshikazu, et al. “Bilateral Deficit in Plantar Flexion: Relation to Knee Joint Position, Muscle Activation, and Reflex Excitability.” *European Journal of Applied Physiology*, vol. 77, no. 3, 1 Feb. 1998, pp. 212–216, <https://doi.org/10.1007/s004210050324>. Accessed 21 Apr. 2023.
195. Häkkinen, K., et al. “Muscle Activation and Force Production during Bilateral and Unilateral Concentric and Isometric Contractions of the Knee Extensors in Men and Women at Different Ages.” *Electromyography and Clinical Neurophysiology*, vol. 37, no. 3, 1997, pp. 131–142, [pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9187864/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9187864/). Accessed 11 Oct. 2023.
196. Ferbert, A, et al. “Interhemispheric Inhibition of the Human Motor Cortex.” *The Journal of Physiology*, vol. 453, no. 1, 1 July 1992, pp. 525–546, <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1992.sp019243>. Accessed 15 Oct. 2020.

197. Read, Paul J., et al. "The Effects of Maturation on Measures of Asymmetry during Neuromuscular Control Tests in Elite Male Youth Soccer Players." *Pediatric Exercise Science*, vol. 30, no. 1, 1 Feb. 2018, pp. 168–175, <https://doi.org/10.1123/pes.2017-0081>. Accessed 29 Oct. 2020.
198. Gray, Janine, et al. "Symmetry, Not Asymmetry, of Abdominal Muscle Morphology Is Associated with Low Back Pain in Cricket Fast Bowlers." *Journal of Science and Medicine in Sport*, vol. 19, no. 3, Mar. 2016, pp. 222–226, <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2015.04.009>. Accessed 26 Apr. 2020.
199. HART, NICOLAS H., et al. "Musculoskeletal Asymmetry in Football Athletes." *Medicine & Science in Sports & Exercise*, vol. 48, no. 7, July 2016, pp. 1379–1387, <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000000897>.
200. "Multivariate Isokinetic Strength Asymmetries of the Knee and Ankle in Professional Soccer Players." *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, vol. 50, no. 4, 1 Dec. 2010, pp. 465–474, [pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21178934/](http://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21178934/).
201. Sugimoto, Dai, et al. "Effect of Graft Type on Balance and Hop Tests in Adolescent Males Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction." *Journal of Sport Rehabilitation*, vol. 28, no. 5, July 2019, pp. 468–475, <https://doi.org/10.1123/jsr.2017-0244>. Accessed 30 Oct. 2020.
202. Caleb D. Bazyler ;Christopher A. Bailey ;Chieh-Ying Chiang;Michael H. Stone;Kimitake SAto. The Effects of Str Ects of Strength T Ength Training on Isometric F Aining on Isometric Force Production Oduction Symmetry in Recreationally Trained Males . 2014.
203. Gonzalo-Skok, Oliver, et al. "Single-Leg Power Output and Between-Limbs Imbalances in Team-Sport Players: Unilateral versus Bilateral Combined Resistance Training." *International Journal of Sports Physiology and Performance*, vol. 12, no. 1, Jan. 2017, pp. 106–114, <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0743>.
204. Sannicandro, Italo, et al. "Balance Training Exercises Decrease Lower-Limb Strength Asymmetry in Young Tennis Players." *Journal of Sports Science & Medicine*, vol. 13, no. 2, 2014, pp. 397–402, [www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3990896/#:~:text=The%20significant%20reduction%20in%20lower](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3990896/#:~:text=The%20significant%20reduction%20in%20lower). Accessed 11 Oct. 2023.



205. Bishop, Chris MSc1; Turner, Anthony PhD, CSCS\*D1; Read, Paul PhD, CSCS\*D,2. Training Methods and Considerations for Practitioners to Reduce Inter-Limb Asymmetries. 2017.
206. McCartney, Glenda, and Peter Hepper. "Development of Lateralized Behaviour in the Human Fetus from 12 to 27 Weeks' Gestation." *Developmental Medicine & Child Neurology*, vol. 41, no. 2, Feb. 1999, pp. 83–86, <https://doi.org/10.1017/s0012162299000183>.
207. Ashton, Geoffrey C. "Handedness: An Alternative Hypothesis." *Behavior Genetics*, vol. 12, no. 2, Mar. 1982, pp. 125–147, <https://doi.org/10.1007/bf01065761>. Accessed 29 Mar. 2021.
208. Caputo, Jennifer L., et al. "Longitudinal Stratification of Gait Economy in Young Boys and Girls: The Locomotion Energy and Growth Study." *European Journal of Applied Physiology*, vol. 91, no. 1, 1 Jan. 2004, pp. 30–34, <https://doi.org/10.1007/s00421-003-0945-9>. Accessed 22 Jan. 2023.
209. Amunts, Katrin, et al. "Interhemispheric Asymmetry of the Human Motor Cortex Related to Handedness and Gender." *Neuropsychologia*, vol. 38, no. 3, Mar. 2000, pp. 304–312, [https://doi.org/10.1016/s0028-3932\(99\)00075-5](https://doi.org/10.1016/s0028-3932(99)00075-5). Accessed 28 Jan. 2020.
210. Boles, David B., et al. "Asymmetry and Performance: Toward a Neurodevelopmental Theory." *Brain and Cognition*, vol. 66, no. 2, Mar. 2008, pp. 124–139, <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2007.06.002>. Accessed 2 Dec. 2020.
211. Carl Gabbard & Susan Hart. *A Question of Foot Dominance*. 1996.
212. Elias, Lorin J., et al. "Footedness Is a Better Predictor than Is Handedness of Emotional Lateralization." *Neuropsychologia*, vol. 36, no. 1, Jan. 1998, pp. 37–43, [https://doi.org/10.1016/s0028-3932\(97\)00107-3](https://doi.org/10.1016/s0028-3932(97)00107-3). Accessed 9 Mar. 2021.
213. P. Chavet a b \*, M.A. Lafortune a, J.R. Gray a. *Asymmetry of Lower Extremity Responses to External Impact Loading*. 1997.
214. Van Praagh, Emmanuel, and Eric Dore. "Short-Term Muscle Power during Growth and Maturation." *Sports Medicine*, vol. 32, no. 11, 2002, pp. 701–728, <https://doi.org/10.2165/00007256-200232110-00003>.

215. Crenshaw, Stephanie J., and James G. Richards. "A Method for Analyzing Joint Symmetry and Normalcy, with an Application to Analyzing Gait." *Gait & Posture*, vol. 24, no. 4, Dec. 2006, pp. 515–521, <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2005.12.002>. Accessed 10 May 2020.
216. Sanchis-Moysi, J, et al. "Inter-Arm Asymmetry in Bone Mineral Content and Bone Area in Postmenopausal Recreational Tennis Players." *Maturitas*, vol. 48, no. 3, July 2004, pp. 289–298, <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2004.03.008>. Accessed 1 Apr. 2020.
217. Cavanagh,PR,Petak,K.L.,Shapiro,R.,Daly,D. Bilateral Asymmetry in Workout Output during Cycling Ergometer Pedaling. 1974.
218. FORD, KEVIN R., et al. "Valgus Knee Motion during Landing in High School Female and Male Basketball Players." *Medicine & Science in Sports & Exercise*, vol. 35, no. 10, Oct. 2003, pp. 1745–1750, <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000089346.85744.d9>.
219. Frost, Gail, et al. "Cocontraction in Three Age Groups of Children during Treadmill Locomotion." *Journal of Electromyography and Kinesiology*, vol. 7, no. 3, Sept. 1997, pp. 179–186, [https://doi.org/10.1016/s1050-6411\(97\)84626-3](https://doi.org/10.1016/s1050-6411(97)84626-3). Accessed 8 Dec. 2021.
220. Papaiakevou, Georgios, et al. "The Effect of Chronological Age and Gender on the Development of Sprint Performance during Childhood and Puberty." *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 23, no. 9, Dec. 2009, pp. 2568–2573, <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181c0d8ec>.
221. Armstrong, Neil, and Alison M. McManus. "Physiology of Elite Young Male Athletes." *The Elite Young Athlete*, 2010, pp. 1–22, <https://doi.org/10.1159/000320618>.
222. Lake, Jason P, et al. "The Effect That Side Dominance Has on Barbell Power Symmetry during the Hang Power Clean." *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 24, no. 11, Nov. 2010, pp. 3180–3185, <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181da77ca>. Accessed 28 Feb. 2021.
223. Flanagan, Sean P., and George J. Salem. "Bilateral Differences in the Net Joint Torques during the Squat Exercise." *The Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 21, no. 4, 2007, p. 1220, <https://doi.org/10.1519/r-21156.1>.
224. Lake,JP and Lauder,MA. Squat Asymmetry a Case Study. 2008.

225. Lauder, Mike A, and Jason P Lake. “Biomechanical Comparison of Unilateral and Bilateral Power Snatch Lifts.” *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 22, no. 3, May 2008, pp. 653–660, <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181660c89>.
226. Jonathan D. Mills, Jack E. Taunton, William A. Mills. *The Effect of a 10-Week Training Regimen on Lumbo-Pelvic Stability and Athletic Performance in Female Athletes: A Randomized-Controlled Trial*. 2005.
227. Kozinc, Žiga, and Nejc Šarabon. “Bilateral Deficit in Countermovement Jump and Its Association with Change of Direction Performance in Basketball and Tennis Players.” *Sports Biomechanics*, 16 June 2021, pp. 1–14, <https://doi.org/10.1080/14763141.2021.1942965>.
228. Barber-Westin, Sue D., et al. “Jump-Land Characteristics and Muscle Strength Development in Young Athletes: A Gender Comparison of 1140 Athletes 9 to 17 Years of Age.” *The American Journal of Sports Medicine*, vol. 34, no. 3, 1 Mar. 2006, pp. 375–384, [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16282578](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16282578), <https://doi.org/10.1177/0363546505281242>.
229. Temfemo, Abdou, et al. “Relationship between Vertical Jumping Performance and Anthropometric Characteristics during Growth in Boys and Girls.” *European Journal of Pediatrics*, vol. 168, no. 4, 1 Apr. 2009, pp. 457–464, [pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18597112/](http://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18597112/), <https://doi.org/10.1007/s00431-008-0771-5>.
230. Ferretti, G., et al. “Determinants of Peak Muscle Power: Effects of Age and Physical Conditioning.” *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, vol. 68, no. 2, Feb. 1994, pp. 111–115, <https://doi.org/10.1007/bf00244022>. Accessed 3 May 2021.
231. Overmoyer, Grant V., and Raoul F. Reiser. “Relationships between Asymmetries in Functional Movements and the Star Excursion Balance Test.” *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 27, no. 7, July 2013, pp. 2013–2024, <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3182779962>. Accessed 7 Mar. 2020.
232. A. Fort-Vanmeerhaeghe et al. “Neuromuscular Asymmetries in the Lower Limbs of Elite Female Youth Basketball Players and the Application of the Skillful Limb Model of Comparison.” *Physical*

Therapy in Sport, vol. 16, no. 4, Nov. 2015, pp. 317–323, <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2015.01.003>. Accessed 1 Dec. 2020.

233. Lijewski, Marcin, et al. “Asymmetry of Muscle Mass Distribution and Grip Strength in Professional Handball Players.” *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 18, no. 4, 16 Feb. 2021, p. 1913, <https://doi.org/10.3390/ijerph18041913>. Accessed 24 Mar. 2021.

234. C. Bishop et al. “Interlimb Asymmetries.” *Journal of Strength and Conditioning Research*, June 2018, p. 1, <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002729>. Accessed 8 May 2020.

235. Virgile, Adam, and Chris Bishop. “A Narrative Review of Limb Dominance: Task Specificity and the Importance of Fitness Testing.” *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 35, no. 3, 15 Jan. 2021, pp. 846–858, <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003851>.

236. Afonso, José, et al. “Why Sports Should Embrace Bilateral Asymmetry: A Narrative Review.” *Symmetry*, vol. 14, no. 10, 23 Sept. 2022, p. 1993, <https://doi.org/10.3390/sym14101993>. Accessed 28 Oct. 2022.

237. C. Bishop et al. “Using Unilateral Strength, Power and Reactive Strength Tests to Detect the Magnitude and Direction of Asymmetry: A Test-Retest Design.” *Sports*, vol. 7, no. 3, 4 Mar. 2019, p. 58, <https://doi.org/10.3390/sports7030058>. Accessed 11 Apr. 2019.

238. Železnik, Petra, et al. “The Association between Bilateral Deficit and Athletic Performance: A Brief Review.” *Sports*, vol. 10, no. 8, 27 July 2022, p. 112, .

239. Turnes, T.; Silva, B.A.; Kons, R.L.; Detanico, D. Is Bilateral Deficit in Handgrip Strength Associated with Performance in Specific Judo Tasks? *J. Strength Cond. Res.* 2022, 36, 455–460

240. Ascenzi, Giampiero, et al. “Bilateral Deficit and Bilateral Performance: Relationship with Sprinting and Change of Direction in Elite Youth Soccer Players.” *Sports*, vol. 8, no. 6, 3 June 2020, p. 82, <https://doi.org/10.3390/sports8060082>.

241. C.Bishop et al. “Bilateral Deficit during Jumping Tasks.” *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. Publish Ahead of Print, 6 Feb. 2019, <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003075>.

242. Nicholson, Gareth, and Dario Masini. "Bilateral Deficit: Relationships with Training History and Functional Performance." *Kinesiology*, vol. 53, no. 1, 2021, pp. 86–94, <https://doi.org/10.26582/k.53.1.11>. Accessed 1 May 2021.
243. Ruiz-Cárdenas, J.D., et al. "Bilateral Deficit in Explosive Force Related to Sit-To-Stand Performance in Older Postmenopausal Women." *Archives of Gerontology and Geriatrics*, vol. 74, Jan. 2018, pp. 145–149, <https://doi.org/10.1016/j.archger.2017.10.023>. Accessed 23 Nov. 2019.
244. Sarabon, N., et al. "Factors Influencing Bilateral Deficit and Inter-Limb Asymmetry of Maximal and Explosive Strength: Motor Task, Outcome Measure and Muscle Group." *European Journal of Applied Physiology*, vol. 120, no. 7, 29 May 2020, pp. 1681–1688, <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04399-1>. Accessed 3 Nov. 2021.
245. Solveig Vieluf, et al. "Lifespan Development of the Bilateral Deficit in a Simple Reaction Time Task." *Experimental Brain Research*, vol. 235, no. 4, 20 Dec. 2016, pp. 985–992, <https://doi.org/10.1007/s00221-016-4856-5>. Accessed 4 Apr. 2024.