

**UNIVERSITATEA BABEȘ-BOLYAI CLUJ-NAPOCA
FACULTATEA DE EDUCAȚIE FIZICĂ ȘI SPORT
ȘCOALA DOCTORALĂ**

REITMAYER HANS ERIC

REZUMAT

**DEZVOLTAREA STABILITĂȚII
TRENULUI INFERIOR UTILIZÂND UN
DISPOZITIV CU VOLANT LA
JUCĂTORII DE VOLEI**

**Conducător de doctorat:
CONF. UNIV. DR. DAN MONEA**

2023

Cuprins

Lista figurilor.....	V
Lista abrevierilor.....	IX
Importanța și actualitatea temei.....	1
Elemente de noutate și originalitate.....	3
Partea I. Stadiul cunoașterii cu privire la tema de cercetare.....	4
Capitolul 1. Patologia sportivă în volei – incidență și mecanisme de producere a traumatismelor	5
1.1.Incidența și mecanismul de producere a accidentărilor la nivelul gleznei.....	9
1.2.Incidența și mecanismul de producere a accidentărilor la nivelul genunchiul.....	10
1.3.Incidența și mecanismul de producere a accidentărilor la nivelul coloanei vertebrale lombare.....	13
1.4.Incidența și mecanismul de producere a accidentărilor la nivelul umărului.....	14
1.5.Incidența și mecanismul de producere a accidentărilor la nivelul mâinii și a degetelor	17
Capitolul 2. Profilaxia traumatismelor trenului inferior în volei.....	20
2.1.Pregătirea organismului pentru efort și pregătirea fizică generală.....	20
2.2.Tehnica săriturii și aterizării în volei.....	32
2.3.Importanța încălțămintei, ortezelor și a suprafetelor de joc.....	33
2.4.Managementul și evaluarea accidentărilor.....	36
Capitolul 3. Sisteme de antrenament cu volant.....	37
3.1.Principiile antrenamentului cu volant.....	37
3.2.Mecanismul de funcționare al dispozitivelor de antrenament cu volant.....	40
3.3.Avantajele antrenamentului utilizând dispozitive cu volant.....	49
Partea a II-a. Studii preliminare privind stabilitatea și puterea trenului inferior al jucătorilor de volei.....	51
Capitolul 4. Studiu preliminar I - Relația dintre puterea și stabilitatea dinamică a membrilor inferioare la jucătorii de volei.....	52
4.1.Introducere.....	52
4.2.Obiectivele și ipotezele studiului.....	54
4.3.Subiecții studiului.....	54
4.4.Materiale și metode.....	54
4.5.Etapele cercetării.....	64
4.6.Rezultate și interpretarea lor.....	65
4.7.Discuții.....	67

4.8.Concluzii.....	68
Capitolul 5. Studiu preliminar II - Influența exercițiilor cu volant inerțial asupra stabilității dinamice și puterii trenului inferior la jucătorii de volei.....	69
5.1.Introducere.....	69
5.2.Obiectivele și ipotezele studiului.....	70
5.3.Subiecții studiului.....	70
5.4.Materiale și metode.....	71
5.5.Etapele cercetării.....	75
5.6.Intervenția.....	76
5.7.Rezultate și interpretarea lor.....	76
5.8.Discuții.....	80
5.9.Concluzii.....	81
Partea a III-a. Cercetări personale cu privire la dezvoltarea stabilității trenului inferior la jucătorii de volei utilizând antrenamentul cu volant.....	83
Capitolul 6. Dezvoltarea stabilității trenului inferior utilizând un dispozitiv de antrenament cu volant la jucătorii de volei.....	84
6.1.Introducere.....	84
6.2.Obiectivele și ipotezele studiului.....	85
6.3.Subiecții studiului.....	85
6.4.Materiale și metode.....	87
6.5.Etapele cercetării.....	93
6.6.Intervenția.....	93
6.7.Rezultate și interpretarea lor.....	96
6.8.Discuții.....	117
6.9.Concluzii.....	119
Capitolul 7. Concluzii finale și direcții viitoare de cercetare.....	122
Bibliografie.....	125
Anexe.....	144

Cuvinte cheie: stabilitate, putere, forță, antrenament, volant, volei feminin, volei masculin.

Importanța și actualitatea temei

În ultimii ani, antrenamentul cu volant a câștigat o atenție tot mai mare ca o strategie potențială pentru îmbunătățirea performanțelor atletice în numeroase sporturi. Cercetările anterioare au demonstrat eficacitatea antrenamentului cu volant pentru îmbunătățirea performanțelor de săritură verticală și de schimbare a direcției la sportivii foarte bine antrenați din sporturi precum fotbalul, handbalul, rugby-ul și voleiul (Beato et al., 2021; Smajla et al., 2022; Walker et al., 2016). Cu toate acestea, în ciuda rezultatelor promițătoare la sportivii de gen masculin, literatura de specialitate care evaluează efectele antrenamentului cu volant la jucătoarele de volei este rară (Beato et al., 2021).

Este demn de remarcat faptul că antrenamentul cu rezistență în general, inclusiv antrenamentul cu volant, a fost utilizat pe scară largă ca mijloc de prevenire a leziunilor sportive. În plus, stabilitatea și echilibrul sunt componente cruciale ale prevenirii traumatismelor, în special în sporturi precum voleiul care implică schimbări frecvente de direcție și sărituri. Astfel, este necesar să se investigheze beneficiile potențiale ale antrenamentului cu volant pentru îmbunătățirea stabilității și reducerea riscului de accidentare la jucătorii de volei (McErlain-Naylor & Beato, 2021).

Antrenamentul cu dispozitive cu volant inerțial este un concept relativ nou în domeniul performanței atletice, iar beneficiile sale potențiale pentru îmbunătățirea stabilității la jucătorii de volei sunt încă în curs de cercetare. Un studiu recent a sugerat că diferențele în ceea ce privește sarcina inerțială și frecvența antrenamentului, precum și variațiile în ceea ce privește nivelul fizic al participanților, pot avea un impact asupra rezultatelor antrenamentului cu volant (O' Brien et al., 2022). Mai mult, este posibil ca durata limitată a sesiunilor de antrenament cu volant să nu fie întotdeauna suficientă pentru a stimula îmbunătățirea capacității de săritură și a altor măsuri de performanță (Sjöberg et al., 2021).

În ciuda acestor obstacole, exercițiile specifice cu volant au fost sugerate ca o metodă eficientă pentru a încuraja îmbunătățirea performanțelor după perioadele de activitate (Beato et al., 2021). Sunt necesare cercetări suplimentare pentru a determina durata și frecvența optimă a antrenamentului cu volant pentru jucătorii de volei, precum și eficacitatea acestuia în reducerea riscului de accidentare și îmbunătățirea stabilității generale a trenului inferior (Stojanović et al., 2021). În plus, beneficiile potențiale ale antrenamentului cu volant în reducerea dezechilibrelor musculare și în îmbunătățirea controlului neuromuscular îl fac o completare valoroasă a regimului de antrenament al oricărui atlet (Burton & McCormack, 2022). Având în vedere popularitatea tot mai mare a antrenamentului cu volant ca mijloc inedit de îmbunătățire a performanțelor atletice,

este necesară o examinare suplimentară pentru a determina eficacitatea acestuia în îmbunătățirea indicilor stabilității membrelor inferioare în special la jucătorii de volei (Keijzer et al., 2022). În general, beneficiile potențiale ale antrenamentului cu volant pentru profilaxia traumatismelor membrelor inferioare la jucătorii de volei îl fac un subiect important în domeniul performanței atletice.

Antrenamentul cu dispozitive cu volant inerțial este dovedit ca fiind benefic în creșterea stabilității membrelor inferioare la jucătorii de volei datorită capacității sale de a oferi o supraîncărcare excentrică, de a îmbunătăți coordonarea neuromusculară și de a spori forța și puterea musculară. Acești factori contribuie în mod direct la creșterea performanței pe teren contribuind totodată la prevenția accidentărilor.

Elemente de noutate și originalitate

În cadrul acestei teze am explorat utilizarea unui sistem de antrenament cu volant pentru dezvoltarea stabilității și puterii membrelor inferioare a jucătorilor de volei. Teza abordează elemente de noutate și originalitate în acest domeniu, prin identificarea unor noi modalități de pregătire care pot îmbunătăți performanța sportivilor.

Un element de noutate al acestei lucrări este utilizarea dispozitivului cu volant ca metodă de antrenament pentru jucătorii de volei. În ultimii ani, acest dispozitiv a devenit din ce în ce mai popular în antrenamentul sportiv datorită avantajelor pe care le oferă. Dispozitivul cu volant poate fi folosit pentru a dezvolta forța, puterea, viteza și stabilitatea membrelor inferioare, ceea ce face ca acesta să fie o metodă eficientă de antrenament.

De asemenea, studiul de față este original prin aplicarea antrenamentului cu volant în contextul specific al voleibaliștilor din țara noastră. Acest joc sportiv implică o serie de mișcări rapide și solicitante la nivelul membrelor inferioare, cum ar fi săriturile, schimbările de direcție, accelerări și opriri bruște. Prin urmare, dezvoltarea stabilității și forței membrelor inferioare este esențială pentru performanța jucătorilor de volei. Teza explorează cum antrenamentul cu volant poate fi integrat în pregătire pentru a îmbunătăți aceste aspecte specifice ale performanței subiecților.

Un alt element de noutate este reprezentat de analiza în paralel a efectelor antrenamentului cu volant asupra performanței jucătorilor de volei, atât de gen masculin cât și de gen feminin. În această teză, ne-am propus să examinăm efectele antrenamentului cu volant asupra stabilității și puterii membrelor inferioare, utilizând diverse metode de evaluare și aparatură specializată. Această analiză permite o înțelegere mai profundă a modului în care antrenamentul cu volant poate îmbunătăți parametrii urmăriți și în ce măsură are efect în comparație cu metodele clasice de pregătire.

Sinteza capitolului 1. Patologia sportivă în volei – incidență și mecanisme de producere a traumatismelor

În jocul de volei putem spune că jucătorii acționează într-un mediu relativ sigur, în sensul că sunt separați de adversari prin intermediul fileului dintre cele două jumătăți ale terenului. Cu toate acestea, accidentările pot apărea în timpul acțiunilor de atac și blocaj, când jucătorii se apropie prea mult de partea adversă a terenului și pătrund neintenționat și neregulamentar în acea zonă. Aceste tipuri de accidentări sunt destul de frecvente și afectează, în special, articulațiile membrelor inferioare.

Potrivit studiilor din literatura de specialitate, entorsa de gleznă este una dintre cele mai frecvente accidentări întâlnite în volei, produsă ca urmare a aterizării pe adversar sau cu piciorul în inversie. De asemenea, articulația genunchiului poate fi traumatizată în timpul unei aterizări dezechilibrate pe un picior, când centrul de greutate al jucătorului este proiectat în afara bazei de sprijin a suprafeței plantare (Bahr et al., 1994; James et al., 2014).

Deși entorsele de gleznă sunt cele mai frecvente, accidentările la genunchi sunt, de asemenea, destul de comune în sportul de volei. Se observă că jucătoarele de volei sunt mai predispuse la astfel de leziuni decât jucătorii de gen masculin, deoarece tonusul muscular al membrelor inferioare este mai scăzut și valgusul la nivelul genunchilor este mai pronunțat la femei. (Agel et al., 2007; Avrămescu et al., 2005)

Voleiul este un sport de tip "overhead" în care, cu excepția procedurii de lovire a mingii cu două mâini de jos, contactul de tip lovire cu mingea are loc deasupra capului. Acest proces repetitiv impune o suprasolicitare mecanică asupra articulației umărului și grupelor musculare adiacente, ceea ce poate duce în cele din urmă la apariția traumatismelor de suprasolicitare. Printre problemele frecvent întâlnite la acest nivel se numără inflamarea tendoanelor din coafa rotatorilor și sindromul de impingement. Un factor determinant al traumatismelor coafei rotatorilor este dezechilibrul dintre rotatorii interni și externi ai umărului (Cools & Reeser, 2017; Ilinca et al., 2008; Kilic et al., 2017).

Un alt tip de accidentare are loc în jocul de volei la contactul cu mingea în timpul blocajului și preluării mingii cu două mâini de sus. Viteza atinsă de către minge în timpul unui atac sau serviciu de sus în forță depășește uneori 100 km/h, iar plasarea greșită a degetelor jucătorului defensiv duce uneori la entorse ale acestora (Eerkes, 2012; Migliorini et al., 2019).

Suprasolicitarea o întâlnim și la nivelul coloanei lombare în rândul jucătorilor de volei ca urmare a numărului mare de sărituri urmate de extensia trunchiului și aterizărilor uneori insuficient

amortizate, dar și datorită poziției fundamentale în apărare. Mai predispuși sunt jucătorii de talie mare (Cools & Reeser, 2017; Verhagen, Van der Beek, Bouter, Bahr, & Van Mechelen, 2004).

Specificul procedeelelor și implicit al pregătirii fizice în jocul de volei conduce la dezvoltarea extensorilor membrelor inferioare în detrimentul flexorilor. Drept consecință, se produce un dezechilibru muscular în defavoarea ischiogambierilor, aceștia fiind expuși întinderilor și rupturilor musculare parțiale sau chiar totale (în cazuri rare). De asemenea, o grupă musculară expusă întinderilor este cea a aductorilor în timpul fandărilor și plonjoanelor laterale, tonusul și flexibilitatea lor fiind adesea neglijate (Reeser et al., 2010).

În ultimul rând, dar nu surprinzător întâlnim tendințe la nivelul tendonului patelar și tendonului lui Ahile datorită suprasolicitării musculaturii extensoare a membrelor inferioare (de Leeuw et al., 2022; Kilic et al., 2017).

Există o multitudine de factori care influențează incidența accidentărilor. Ca factori intrinseci avem vârsta, instabilitatea musculaturii brâului abdominal, dezechilibre musculare, iar ca factori extrinseci luăm în considerare postul pe care se joacă și tipul serviciului (Bisseling et al., 2007; Reeser et al., 2010).

Majoritatea accidentărilor au loc în linia întâi, la fileu, în timpul atacului și blocajului (Vaandering et al., 2022). Jucătorul centru, care este înlocuit în linia a doua de libero, joacă în exclusivitate la fileu (cu excepția poziției din zona 1, când se află la serviciu), drept urmare este mai expus entorselor datorită interferenței cu adversarul în timpul aterizării. Pe de altă parte, trăgătorii de zona 4 și universalii, fiind principala forță de atac, tind să sufere accidente la nivelul umărului, consecință a suprasolicitării (Tessutti et al., 2019).

Jucătorii de gen masculin prezintă șanse mai mari de suprasolicitare la nivelul genunchiului pe când jucătoarele sunt expuse traumatismelor acute ligamentare ale acestei articulații (Bisseling et al., 2007). De asemenea voleibaliste au predispoziție mai mare pentru disfuncții ale umărului spre deosebire de bărbați. Numărul afecțiunilor de suprasolicitare a suferit o creștere în ultimul deceniu. Creșterea cu 50% a numărului antrenamentelor poate fi una dintre cauze (Hahaard & Jorgensen., 1996; Reich et al., 2021).

În volei, se observă traumatisme acute la nivelul gleznelor și degetelor, în timp ce umărul, genunchiul și zona lombară sunt predispuse la sindroame de suprasolicitare. (Hahaard & Jorgensen., 1996; Williams et al., 2022).

Într-un review realizat în anul 2017 am găsit 29 de studii de impact care au cuprins incidența accidentărilor, traumatisme generale ale jucătorilor și afecțiuni particulare ale voleibaliștilor. Publicațiile se găsesc în intervalul 1984 (Ferretti et al., 1984) – 2015 (Berre et al., 2015).

Dintre cele 29 de articole analizate, 8 dintre ele au furnizat informații despre rata incidenței accidentărilor în contextul studiat. În aceste studii, unitatea de măsură utilizată pentru a raporta incidența traumatismelor a fost numărul de accidentări înregistrate la fiecare 1000 de ore de joc sau antrenament.

Incidența accidentărilor a variat de la 2,4 (Beneka et al., 2009) la 4,2 (Ferretti et al., 1984) accidentări per 1000 ore. De asemenea s-a găsit un studiu particular din 2011 al cărui scop a fost să determine o relație între prevalența și tipul de accidentare și indicii antropometrici a 91 de jucători de volei din Iran cu o incidență a accidentărilor de 0,9 accidentări /1000 de ore. Această valoare a ratei incidenței este considerată extrem de scăzută în comparație cu rezultatele obținute în alte studii similare. O posibilă explicație pentru această discrepanță ar putea fi diferențele în nivelul tehnic și tactic al antrenamentului jucătorilor din Iran în comparație cu alte țări analizate în cercetări similare (Fattahi et al., 2011).

Sinteza capitolului 2. Profilaxia traumatismelor trenului inferior în volei

În timp ce riscul de accidentare în volei este similar cu cel din baschet și mai mic decât în alte sporturi, cum ar fi fotbalul, handbalul sau hocheiul pe gheață, trebuie dezvoltat un program mai solid de prevenire a accidentărilor pentru a aborda prevalența leziunilor membrilor inferioare în special la jucătorii de volei (Hager et al., 2021). După cum am prezentat în capitolul anterior, am observat că marea majoritate a traumatismelor au loc la nivelul trenului inferior. Aceste afecțiuni ar trebui să reprezinte o preocupare majoră în rândul jucătorilor de volei, deoarece afectează performanța sportivă și pot genera absențe prelungite de la antrenamente și competiții. Trenul inferior este supus la solicitări intense și repetitive în timpul mișcărilor specifice voleiului, cum ar fi săriturile, aterizările și schimbările de direcție, ceea ce crește riscul de accidentare. Prin urmare, dezvoltarea unui program de profilaxie a traumatismelor pentru trenul inferior este esențială pentru a reduce riscul și a îmbunătăți performanța jucătorilor de volei.

Scopul acestui capitol este de a analiza importanța profilaxiei traumatismelor trenului inferior în volei și de a propune strategii pentru prevenirea acestor leziuni. În acest sens, vom explora literatura de specialitate pentru a identifica factorii de risc specifici, mecanismele de producere a traumatismelor și metodele de intervenție care pot fi aplicate în cadrul antrenamentelor și pregătirii fizice a jucătorilor de volei. De asemenea vom menționa și importanța elementelor de echipament și a suprafețelor de joc în profilaxia traumatismelor sportivilor.

O strategie uzuală pentru reducerea incidenței leziunilor este un program de încălzire dinamică (Stephenson et al., 2021). Avedesian et al. (2020) au constatat că adoptarea unui program structurat de exerciții de încălzire poate fi eficient în reducerea riscului de leziuni ale membrilor

inferioare. Sportivii care practică voleiul urmează de obicei un protocol de pregătire a organismului pentru efort standardizat și uzual care durează aproximativ 15 minute. Această încălzire constă în 2 minute de alergare în tempou moderat, urmate de exerciții de stretching static și dinamic pentru membrele superioare și inferioare, exerciții speciale de alergare timp de 5 minute precum și de exerciții specifice fără minge. Partea pregătitoare se încheie cu acomodarea cu mingea, exerciții de pasare și atac. Programele de încălzire neuromusculară dinamică și-au demonstrat eficacitatea în reducerea ratelor de accidentare la sportivii de volei și pot avea utilitate clinică atât pentru jucătorii de gen masculin, cât și pentru cei de gen feminin (Chandran et al., 2021).

Jucătorii de volei trebuie să mențină un nivel optim al condiției fizice și să dea dovadă de o coordonare excelentă a membrelor superioare și inferioare. Flexibilitatea este, de asemenea, o componentă crucială a performanțelor în volei, care poate îmbunătăți în mod semnificativ amplitudinea de mișcare a jucătorului și mișcarea generală a corpului (Liaghat et al., 2022). Prin urmare, jucătorii de volei ar trebui să încorporeze exerciții de stretching în programele lor pentru a îmbunătăți suplețea și a reduce riscul de accidentări (Avedesian et al., 2020). În plus, nu este vorba doar de prevenirea leziunilor, ci și de îmbunătățirea nivelului de performanță. Cercetările au arătat că încorporarea exercițiilor de stretching în planul de antrenament al unui jucător de volei îmbunătățește caracteristicile de săritură și sporește puterea musculară, ceea ce contribuie la îmbunătățirea performanțelor (Aranson et al., 2020).

Din analiza studiilor selectate am putut observa faptul că majoritatea autorilor, când vine vorba despre dezvoltarea abilității de a efectua o săritură în înălțime (fiind cel mai des întâlnit tip de săritură în volei, ex.: săritură la blocaj, săritură de atac sau de serviciu) utilizează ca metodă de antrenament pliometria. Subiecții care au efectuat antrenamente de pliometrie au înregistrat valori semnificativ mai mari ale săriturii în înălțime față de ceilalți subiecți care au efectuat doar antrenament specific de volei. Numeroși autori consideră că o dezvoltare a puterii membrelor inferioare nu poate surveni în timpul antrenamentului specific de volei unde se realizează numeroase sărituri deoarece încărcătura pe membrele inferioare nu este suficient de mare pentru a stimula fibra musculară (Maćkała et al., 2021; Rojano Ortega et al., 2022; Usman & Shenoy, 2019; Wang et al., 2020).

În conformitate cu această abordare, au fost recomandate programe de antrenament de forță care se concentrează pe flexia și abducția șoldului, pe mușchii ischiogambieri, pe nucleul central și pe mușchii abdominali, pentru a menține alinierea corectă a membrelor inferioare și modelele de recrutare a mușchilor (Lopes et al., 2022). Obținerea unui raport echilibrat de forță musculară între grupele agoniste și antagoniste ale articulației genunchiului este crucială pentru atingerea stabilității membrelor inferioare (Soylu et al., 2020). Jucătorii de volei ar trebui să ia în considerare,

de asemenea, raportul de forță dintre partea lor dominantă și cea nondominantă, în special la nivelul articulației genunchiului. Prin identificarea metodelor adecvate de antrenament cu rezistență pentru a îmbunătăți echilibrul, forța musculară și puterea, reducând în același timp asimetria, jucătorii de volei își pot îmbunătăți performanța sportivă și pot minimiza riscul de leziuni ale membrelor inferioare (Mesfar et al., 2022).

Pentru a crește parametrii săriturii verticale și pentru a preveni accidentările, jucătorii de volei ar trebui să se concentreze pe dezvoltarea puterii și optimizarea tehnicii de atac și blocaj. În plus, antrenorii sunt sfătuiți să utilizeze biofeedback pentru a îmbunătăți elanul pentru atac și atacul, una dintre cele mai importante abilități pentru determinarea succesului tactic (Tabatabaei et al., 2017; Wang et al., 2021). În general, o tehnică solidă a săriturilor în volei este esențială pentru prevenirea accidentărilor. Aceasta promovează mecanica de aterizare corectă, sporește stabilitatea articulațiilor, îmbunătățește echilibrul și controlul, dezvoltă forța centrului, facilitează transferul de putere și reduce riscul de leziuni de suprasolicitare.

Un aspect important al prevenirii accidentărilor la jucătorii de volei este alegerea corectă a încălțăminte. Încălțăminte folosită în timpul jocului trebuie să asigure suport și stabilitate adecvată pentru membrele inferioare. De asemenea, este important să se ia în considerare posibilele deficiențe ale piciorului și să se implementeze taloneți dacă este necesar (Nagano & Begg, 2018).

Ortezele trebuie utilizate doar la recomandarea specialiștilor și nu cu rol profilactic. Situația în care un jucător își uită orteza poate constitui un dezavantaj datorat disconfortului psihologic cauzat de lipsa acestei piese de echipament.

Mentenanța suprafeței de joc este de asemenea crucială în desfășurarea competițiilor în condiții optime (Stankowski, 2012). Pe lângă considerentele igienice, o suprafață de joc curată oferă o aderență ridicată a încălțăminte și implicit un risc mai mic de accidentare. În același timp, podeaua trebuie să fie în mod obligatoriu uscată. În cazul în care datorită transpirației de pe echipamentul jucătorilor umezește suprafața de joc în timpul unui plonjon, aceasta trebuie ștersă de către personalul special desemnat, pentru a evita alunecările. Pentru o longevitate a suprafeței de joc și o bună igienă a activității sportive, se recomandă utilizarea exclusivă a încălțăminte de sală (Cassell, 2001).

În general, gestionarea și evaluarea leziunilor membrelor inferioare în volei necesită o abordare multidisciplinară care implică medici sportivi, antrenori, kinetoterapeuți, fizioterapeuți și alți profesioniști din domeniul sănătății (James et al., 2014). Prin oferirea unor diagnostice precise, implementarea unor strategii de tratament adecvate și monitorizarea atentă a progresului

jucătorilor accidentați, scopul este de a optimiza recuperarea, de a minimiza riscul unei noi leziuni și de a promova performanța sportivă pe termen lung .

Sinteza capitolului 3. Sisteme de antrenament cu volant

Utilizarea unui dispozitiv cu volant inerțial pentru antrenamentul muscular datează din 1913, când cercetătorii suedezi și-au publicat descoperirile privind fiziologia musculară folosind o bicicletă ergometru cu volant ca sistem de rezistență (Krogh, 1913). Alți cercetători suedezi din domeniul fiziologiei exercițiilor fizice au proiectat și verificat un ergometru cu volant în 1994 pentru a evita atrofia musculară și pierderea forței astronautilor supuși condițiilor de imponderabilitate din timpul misiunilor de durată pe Stația Spațială Internațională (Alkner et al., 2003; Berg & Tesch, 1994). De atunci antrenamentul cu volant a fost utilizat pentru dezvoltarea forței de către astronauti în spațiu deoarece este independent de gravitație. Aceste dispozitive produc o rezistență continuă și o suprasarcină excentrică (Norrbrand et al., 2010; Tesch et al., 2017). Această rezistență izoinerțială permite generarea optimă a forței musculare în toate unghiurile unei mișcări. Câștigurile de forță musculară sunt resimțite pe întreaga amplitudine a exercițiului. În plus, antrenamentul cu volant determină o recrutare a unităților musculare, pe faza excentrică, mai mare decât antrenamentul cu greutate obișnuit (Norrbrand et al., 2010).

Supraîncărcarea excentrică este o noțiune fundamentală în antrenamentul cu volant care utilizează contracții musculare excentrice pentru a îmbunătăți performanța athletică și a preveni leziunile. Mușchiul se alungește în timpul contracției din faza excentrică a exercițiilor utilizând volant inerțial, oferind o stimulare unică pentru mușchii implicați. În comparație cu contracțiile concentrice, această încărcare pe contracția excentrică are ca rezultat niveluri mai ridicate de activare a mușchilor și de producere a forței (Caruso et al., 2006; Norrbrand et al., 2010).

Dispozitivele cu volant sunt cunoscute pentru caracteristica lor de a oferi o rezistență variabilă pe tot parcursul mișcării exercițiului. Această variabilitate a rezistenței permite un stimulent de antrenament mai cuprinzător și mai adaptabil, ceea ce duce la creșterea forței, a puterii și a adaptării musculare. Caracteristica de rezistență variabilă a dispozitivelor cu volant afectează atât fazele concentrice, cât și cele excentrice ale exercițiului, oferind beneficii distincte de antrenament (Lin et al., 2022; Silvester & Bryce, 1981).

Atunci când se aplică o forță asupra unui dispozitiv cu volant, cum ar fi în faza concentrică a unui exercițiu, energia este stocată în discul care rotește. Această energie se găsește sub forma energiei cinetice, care este proporțională cu viteza de rotație și momentul de inerție al volantului. Stocarea de energie are loc pe măsură ce volantul accelerează, convertind forța aplicată în energie de rotație.

Dispozitivele cu volant apar sub o multitudine de forme în funcție de producător dar, în general, principiul de funcționare este același. Aparatele sunt alcătuite din următoarele componente:

- Baza sau șasiul – de obicei format dintr-un cadru din metal rezistent, oțel sau dur-aluminiu, pentru a face față la forțele generate în timpul antrenamentului;
- Volantul – unul sau mai multe discuri, din oțel sau un material cu densitate ridicată. În funcție de diametrul și grosimea acestuia momentul inerției volanului variază. Acesta este menționat pe volant drept încărcătura inerțială;
- Axul - conectează volantul de șasiu; pe acest ax se înfășoară o bandă textilă sau un cablu rezistent.
- Banda (sau cablul după specificul aparatului) de transfer – se înfășoară pe tamburul axului și asigură transferul de energie de la utilizator la volant și invers;
- Scripeți – banda sau cablu trec prin un sistem de scripeți care permite utilizatorului să interacționeze cu volantul. Acest sistem este format din unul sau mai mulți scripeți, care pot fi reglabili sau ficși, în funcție de designul dispozitivului.
- Accesoriul folosit pentru exercițiu – după caz, se poate folosi o centură sau un ham pentru genuflexiuni, o bară pentru îndreptări sau mai multe tipuri de mânere în funcție de exercițiul ce urmează a fi executat.

În exercițiile realizate folosind un dispozitiv de antrenament cu volant transferul forței de rotație în forță liniară este dat de principiile momentului cinetic L (angular momentum) și al momentului forței M (notat de anglofoni cu τ de la „torque”). Aceste principii derivă din Legea a II-a a mișcării a lui Newton care prevede faptul că accelerația unui obiect depinde direct de forța care acționează asupra acestuia și invers de masa obiectului. În mișcarea liniară inerția obiectului, sau proprietatea acestuia de a se opune schimbării stării de mișcare, este dată de masa lui. În mișcările de rotație, inerția obiectului este dată de momentul de inerție (Feynman, 1969; Olabi et al., 2021)

Vom prezenta în continuare aceste principii și formulele corespunzătoare.

Momentul cinetic (L), denumit și momentul de rotație, este o mărime fizică asociată cu mișcarea de rotație a unui obiect în jurul unui anumit ax. Este o mărime vectorială și este definită ca produsul dintre momentul de inerție al obiectului și viteza unghiulară a rotației.

$$\vec{L} = I \cdot \vec{\omega}$$

Unde L =momentul cinetic; I =momentul de inerție; ω =viteza de rotație.

Momentul de inerție (I) reprezintă o măsură a distribuției masei obiectului în raport cu axa de rotație. Este o mărime scalară și depinde de geometria și masa obiectului. Cu cât masa este

distribuită mai departe de axa de rotație, cu atât momentul de inerție este mai mare (Mercheș & Burlacu, 1983). În cazul discurilor care au axa de rotație perpendiculară pe centrul lor, formula de calcul este următoarea:

$$I = \frac{mR^2}{2}$$

Unde m=masa discului, R=raza discului.

Viteza unghiulară (ω) este rata de schimbare a unghiului de rotație pe unitatea de timp. Este o mărime scalară și este exprimată în radiani pe secundă.

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

Unde ω = viteza de rotație, $\Delta\theta$ =schimbarea unghiului de rotație, Δt =timpul.

Momentul unei forțe (M) se referă la mărimea vectorială care cuantifică tendința unei forțe de a produce rotație în jurul unui anumit punct sau ax (Mercheș & Burlacu, 1983). Este denumit și momentul cuplului sau momentul de torsiune iar unitatea de măsură este Newton/metru:

$$\vec{M} = \vec{F} \cdot \vec{r}$$

Unde M=momentul forței; F=forța care acționează asupra volantului; și r= distanța de la care forța acționează în relație cu axa de rotație.

Momentul forței care se opune acestei mișcări este dat de produsul dintre momentul inerției volantului și accelerația unghiulară a acestuia.

$$M = I \cdot \alpha$$

Unde α =accelerația unghiulară.

Accelerația unghiulară este o mărime fizică care descrie rata de schimbare a vitezei unghiulare a unui obiect într-o mișcare de rotație. Este o mărime scalară și se exprimă în radiani pe secundă la pătrat (rad/s^2).

$$\alpha = \frac{\omega_f - \omega_i}{t}$$

Așadar, forța necesară pentru a accelera volantul se poate calcula folosind formula:

$$F \cdot r = I \cdot \alpha$$

$$F = \frac{I \cdot \alpha}{r}$$

Datorită prezenței scripetelui, forța finală care trebuie realizată de sportiv pentru a accelera volantul este multiplicată de 2 ori, iar valoarea ei este:

$$F_f = 2F = 2 \frac{I \cdot \alpha}{r}$$

Reglarea încărcăturii în cazul acestui tip de dispozitiv de antrenament cu volant se poate realiza în trei moduri moduri. Primul mod este prin schimbarea mărimii volantului, modificând

momentul inerției sistemului. Al doilea mod este prin creșterea lungimii benzii sporind amplitudinea de mișcare. Ultimul mod pentru a obține o încărcătură mai mare se realizează prin creșterea accelerației de execuție a exercițiului, cu cât accelerația unghiulară este mai mare, forța exercitată de subiect este proporțională. Bineînțeles combinația dintre cele trei metode este de asemenea posibilă.

Ajustarea încărcăturii dispozitivului de antrenament cu volant kBox permite utilizatorilor să își adapteze antrenamentele la obiectivele specifice de antrenament, fie că se concentrează pe dezvoltarea forței, pe antrenamentul de putere sau pe reabilitare. Prin ajustarea încărcăturii, utilizatorii pot crește sau reduce intensitatea exercițiilor pentru a se potrivi cu nivelul lor actual de pregătire fizică, pentru a viza diferite grupuri musculare sau pentru a se adapta la diferite protocoale de antrenament.

Pentru monitorizarea în timp real a exercițiilor, dispozitivul de antrenament cu volantă beneficiază de sistemul kMeter II format din modulul montat pe axul volantului sub platforma de lucru și aplicația Exxentric compatibilă cu sistemele de operare Android sau IOS. Comunicarea între modul și interfața aplicației se realizează wireless prin tehnologia bluetooth.

Cea mai recentă versiune a kMeter are capacitatea de a colecta date până la viteze de 155 de rotații pe secundă. Are o rată de colectare de 10000 Hz și primește 64 de impulsuri pe fiecare rotație a volantului (Exxentric, 2019).

Aplicația Exxentric 3.16.4 ne furnizează informații despre următorii parametri:

- Putere medie;
- Putere maximă concentrică și excentrică;
- Supraîncărcarea excentrică;
- Puterea maximă relativă;
- Forța medie;
- Amplitudinea mișcării;
- Viteza medie de execuție;
- Viteza maximă de execuție.

La nivelul aplicației are loc conversia datelor brute primite de la transmițător (accelerația unghiulară a volantului) în datele finite prezentate anterior. Feed-back-ul este în timp real iar datele sunt stocate pentru a putea fi verificate ulterior. Acest fapt contribuie la adaptarea la fața locului a antrenamentului utilizând informațiile furnizate de aplicație și permit antrenorului un control asupra îndeplinirii obiectivelor pregătirii.

Concluzionând, dispozitivele de antrenament cu volant oferă numeroase beneficii pentru jucătorii de volei, inclusiv o mai bună activare musculară, eficiență a timpului, prevenirea leziunilor și recuperarea. Rezistența variabilă și supraîncărcarea excentrică oferite de aparatele cu volant promovează dezvoltarea forței funcționale, esențială pentru mișcările explozive din volei. Natura eficientă din punct de vedere al timpului a pregătirii cu volant permite jucătorilor să maximizeze rezultatele antrenamentului într-un timp limitat. Mai mult, antrenamentul cu volantă ajută la prevenirea accidentărilor prin întărirea mușchilor, tendoanelor și țesuturilor conjunctive, sprijinind totodată reabilitarea prin facilitarea progresiilor de exerciții controlate și adaptate. Ca atare, încorporarea antrenamentului cu volant în regimurile de antrenament ale jucătorilor de volei poate contribui semnificativ la îmbunătățirea performanțelor acestora și la bunăstarea generală.

Sinteza capitolului 4. Studiu preliminar I - Relația dintre puterea și stabilitatea dinamică a membrilor inferioare la jucătorii de volei

Termenii de stabilitate dinamică sau echilibru dinamic sunt foarte rar folosiți în literatura de specialitate din limba română. Tendința este de observa opoziția între stabil sau echilibru și cuvântul dinamic. Stabil se referă la ceva static iar dinamicul este exact opusul lui. În literatura internațională în schimb, „dynamic stability” și „dynamic balance” sunt definite ca tranziția de la o stare de mișcare sau o stare dezechilibrată la o stare de echilibru static (Bohm et al., 2020; Davlin, 2004; Hamed et al., 2018; Hoch et al., 2011; Larson et al., 2021; Ricotti, 2011; Ringhof & Stein, 2018; Saito et al., 2007; Shaffer et al., 2013). În sport, fie că este vorba de oprirea din deplasare, sau de aterizările săriturilor, un indice crescut al stabilității dinamice duce la un risc mai scăzut al accidentărilor (Heise et al.). Stabilitatea dinamică poate caracteriza întreg corpul, un segment sau o articulație, reprezentând funcționalitatea aparatului neuro-mio-artro-kinetic.

Stabilitatea dinamică a membrilor inferioare este un concept care se referă la capacitatea trenului inferior, în special a articulațiilor și a mușchilor, de a menține echilibrul și controlul în timpul mișcărilor sau activităților dinamice. Aceasta implică o coordonarea concomitentă a mai multor grupe musculare, tendoane, ligamente împreună cu feedback-ul proprioceptiv pentru a preveni mișcările excesive la nivelul articulațiilor membrilor inferioare (Gogte et al., 2017).

În toate sporturile de echipă, inclusiv voleiul, puterea membrilor inferioare este esențială pentru performanță. Aceasta este cu atât mai importantă în volei, un sport în care săriturile sunt fundamentale în aproape fiecare acțiune, cu excepția preluării. Pe lângă putere, o altă calitate crucială a membrilor inferioare este stabilitatea dinamică. Absența acestei stabilități crește riscul de accidentări, un aspect pe care antrenorii și jucătorii își doresc să-l evite. În lumina acestor aspecte, se pune întrebarea: Există o conexiune între cele două calități?

Testul de echilibru Y (Y Balance Test™ sau YBT) este un instrument simplu și valid utilizat pentru evaluarea stabilității atât pentru trenul inferior cât și pentru trenul superior. Această metodă a fost creată pentru a standardiza Testul de echilibru stea modificat (Modified Star Excursion Balance Test sau mSEBT), îmbunătățindu-i caracterul practic și facilitându-i utilizarea în cadrul terapeuților sau publicului mai larg (Chimera et al., 2015). De la dezvoltarea sa, testul de echilibru Y (Y Balance Test™ sau YBT) a câștigat o popularitate semnificativă datorită simplității și fiabilității sale. Acesta a devenit un instrument larg utilizat în domeniul evaluării echilibrului, fiind apreciat pentru ușurința cu care poate fi administrat și pentru rezultatele consistente și reproductibile pe care le furnizează.

Scopul studiului a fost de a investiga corelația dintre puterea respectiv forța membrilor inferioare și stabilitatea la nivelul trenului inferior.

Ca obiective, s-au propus următoarele:

- Măsurarea forței și puterii la nivelul trenului inferior utilizând dispozitivul cu volant ca metodă de măsurare;
- Stabilirea indicelui compus de amplitudine CRD pentru ambele membre inferioare și observarea eventualelor asimetrii atât individuale cât și la nivel de grup;
- Verificarea eventualelor corelații între forță, putere și indicii stabilității trenului inferior pentru jucătorii de volei evaluați.

Ipoteza studiului a fost următoarea: presupunem că există o corelație între puterea membrilor inferioare și stabilitatea la acest nivel în cazul jucătorilor de volei.

La acest studiu au participat 8 jucători de volei de la o echipă din prima ligă din România. Vârstele acestora au fost cuprinse între 18 și 28 de ani. Înălțimea acestora a variat între 182 și 198 cm, iar greutatea a fost cuprinsă între 72 și 97 kg. Distribuția pe posturi a acestora a fost următoarea: 3 trăgători de zona 4, 2 centri, 2 trăgători de zona 2 și un coordonator de joc. Testarea a avut loc în luna mai a anului 2020.

Criteriile de includere în studiu au fost:

- Legitimare în divizia A1/A2 cu viza medicală valabilă;
- Vârsta între 18 și 30 de ani;
- Acord de participare la studiu.

Criterii de excludere:

- Accidentări la nivelul trenului inferior în ultimele 6 luni sau intervenții chirurgicale la acest nivel sau la nivelul coloanei vertebrale lombare în ultimele 12 luni.

Testul de echilibru Y sau Y balance Test, prescurtat YBT face parte din protocolul de screening al Functional Movement Systems™ și este folosit în evaluarea echilibrului dinamic și

al simetriei funcționale cu scopul de a determina riscul de accidentare al unei persoane sau capacitatea acesteia de a reveni în activitatea sportivă după o accidentare (Hartley et al., 2018; Kinzey & Armstrong, 1998). Metoda de măsurare dezvoltată a fost o simplificare a Testului de echilibru Star Excursion (SEBT) și are ca scop evaluarea performanței echilibrului unipodal (Hoch et al., 2011; Plisky et al., 2009). În această metodă, subiecții încearcă să obțină cele mai mari valori posibile în trei direcții: anterior, postero-medial și postero-lateral, în timp ce mențin echilibrul pe un singur picior.

Pentru evaluarea stabilității dinamice a ambelor membre inferioare, am utilizat Testul de echilibru Y. Urmând protocolul testului de echilibru în Y (Walker, 2016), am măsurat indicele compus de amplitudine pentru ambele picioare: drept (CRDR) și stâng (CRDL). Indicele compus de amplitudine mediu a fost calculat și reprezentat prin CRDM.

Prin Y Balance Test se evaluează :

- Echilibrul vestibular;
- Propriocepția;
- Mobilitatea funcțională;
- Forța musculară.

Testul se efectuează după un protocol riguros ce trebuie respectat după cum urmează:

- Subiectul se poziționează fără încălțăminte cu un picior pe placa centrală înapoia liniei roșii .
- Menținând echilibru unipodal, subiectul întinde celălalt picior spre cele 3 direcții, anterior, postero-medial și postero-lateral revenind de fiecare dată la poziția inițială.
- După acomodarea cu dispozitivul, subiectul începe cu sprijin pe piciorul drept având la dispoziție câte 3 încercări pentru fiecare direcție testată.
- Se repetă din sprijin pe piciorul stâng. Ordinea testării este următoarea:
 1. Drept anterior;
 2. Stâng anterior;
 3. Drept postero-medial;
 4. Stâng postero-medial;
 5. Drept postero-lateral;
 6. Stâng postero-lateral.
- Se notează cea mai bună performanță din cele 3 încercări, dar există studii în care media celor 3 direcții este cea folosită. Membrul testat este cel de sprijin.
- Metoda de calcul a indicelui compus de amplitudine a fost:

$$\text{Indicele compus de amplitudine} = \frac{\text{dist. anterioara} + \text{dist. posterolaterala} + \text{dist. mediolaterala}}{\text{lungimea membrului inferior} \times 3} \times 100$$

Acest parametru este corelat cu probabilitatea unei accidentări. O valoare apropiată de 90% sau chiar mai mică, indică un risc crescut de accidentare. Idealul este reprezentat de un CRD apropiat sau chiar mai mare de 100% (Shaffer et al., 2013).

Cu ajutorul unui dispozitiv de antrenament cu volnat inerțial (kBox 4 Pro, Exxentric, Suedia) și al modulului de monitorizare kMeter II (integrat) au fost mășurați următorii parametri: forța medie AvF (N), puterea medie AvP (W), puterea maximă concentrică ConPP (W), puterea maximă excentrică EccPP(W). Prin raportarea puterii maxime concentrice la greutatea subiectului am obținut puterea maximă relativă RPP (W/kg).

După ce subiectul a efectuat pregătirea organismului pentru efort și influențarea selectivă a aparatului locomotor, s-a efectuat o serie de 10 repetări genuflexiuni submaximale înainte de măsurare. Pentru testare, subiecții au folosit hamul kBox și volantul L ($I=0,05 \text{ kgm}^2$), iar numărul de genuflexiuni maxime a fost 8.

Modul de execuție a genuflexiunilor utilizând acest tip de dispozitiv este următorul: se începe în poziția inițială PI, din stând, picioarele depărtate la fel ca în cazul genuflexiunilor, în funcție de particularitățile somatice ale subiectului. Se pornește volantul manual iar subiectul coboară în genuflexiune T2. La T3 se realizează o extensie energetică a membrilor inferioare. În acest moment inerția volantului va furniza rezistența exercițiului pentru următoarele repetări. Se repetă T1 și T2 în funcție de numărul de execuții dorit. Poziția finală coincide cu poziția inițială.

Testul t pentru eșantioane pereche a fost utilizat pentru a compara mediile indicilor de stabilitate a membrilor inferioare. În scopul examinării corelației dintre variabile, s-a aplicat testul de corelație Pearson, unde s-a considerat o corelație puternică atunci când valorile lui r erau cuprinse între 0,5 și 1, cu un nivel de semnificație $p < 0,05$.

Etapele cercetării au fost următoarele:

- Studiu literaturii de specialitate;
- Emiterea scopului, obiectivelor și ipotezelor de lucru;
- Stabilirea designului studiului;
- Formarea eșantionului (stabilirea criteriilor de includere, excludere și selecția subiecților);
- Evaluarea subiecților;
- Prezentarea rezultatelor;
- Discuții și concluzii.

Observăm faptul că valorile lui p în cazul testelor de normalitate este mai mare decât pragul de 0,05. Drept urmare, ipoteza nulă se respinge și putem afirma că distribuția datelor este una normală.

Mediile CRDR și CRDL au fost comparate cu ajutorul testului t pereche și, deși există o diferență de 1,8%, aceasta nu este semnificativă, ($t=2,18$, $df= 7$, $p=0,07$), Tabel 5. Putem deduce că valorile pentru ambele membre inferioare sunt aproximativ simetrice, cu o ușoară prevalență a membrului inferior drept.

Am calculat indicele compus al amplitudinii pentru piciorul drept și stâng al fiecărui subiect și s-a obținut valoarea medie a acestora CRDM. CRDM, împreună cu CRDR și CRDL au fost corelate cu ceilalți parametri de putere și forță.

Am observat asocierea între CRDM și puterea maximă relativă ($r=0,71$, $p=0,045$), indicând o relație pozitivă și semnificativă între aceste două variabile. De asemenea, am constatat o corelație directă între CRDM și puterea medie ($r=0,75$, $p=0,032$), evidențiind o legătură mai puternică între aceste două măsurători. Pentru membrul inferior drept, s-a constatat că indicele compus de amplitudine prezintă o corelație pozitivă semnificativă cu puterea maximă relativă ($r=0,73$, $p=0,036$), forța medie ($r=0,73$, $p=0,039$) și puterea medie ($r=0,77$, $p=0,024$). Aceste rezultate sugerează existența unei asocieri pozitive între indicele compus de amplitudine și variabilele măsurate.

Cu toate acestea, pentru piciorul stâng, am identificat doar o singură corelație semnificativă cu CRD, și anume puterea medie ($r=0,75$, $p=0,044$).

Deși corelația nu implică o cauzalitate, ipoteza noastră este confirmată. CRDM este direct corelat cu puterea medie a membrelor inferioare și cu puterea maximă relativă a membrelor inferioare, dar din cauza dimensiunii mici a eșantionului, puterea acestui efect este necunoscută.

S-a observat o corelație semnificativă între CRDR și puterea maximă relativă, puterea medie și forța medie. În schimb, CRDL are o corelație doar cu puterea medie. Aceste rezultate nu sunt surprinzătoare, deoarece toți subiecții studiului au dominanța membrului inferior pe partea dreaptă.

Nu există o diferență semnificativă între indicii de stabilitate stâng și drept a membrelor inferioare ($t=2,18$, $df= 7$, $p=0,07$). Acesta este un aspect preferat de preparatorii fizici, deoarece asimetriile de stabilitate ale membrelor inferioare sunt un predictor al accidentărilor la acest nivel.

Dispozitivul de antrenament cu volant este un echipament care oferă siguranță și versatilitate. Este convenabil de utilizat deoarece nu necesită ajustarea greutateților mari între diferiți subiecți, economisind astfel timp. De asemenea, acest dispozitiv este portabil și poate fi utilizat ca o platformă de antrenament, ocupând mai puțin spațiu decât o sală de forță tradițională.

Chiar dacă există anumite limitări ale studiului, acesta oferă o perspectivă asupra unei tehnologii emergente care are potențialul de a deveni o practică obișnuită în pregătirea fizică generală în viitorul apropiat. Dispozitivul, utilizat inițial în cadrul recuperării persoanelor

accidentate, poate ajunge pe teren pentru a fi folosit pentru dezvoltarea puterii și stabilității în același timp cu prevenția accidentărilor.

Sinteza capitolului 5. Studiu preliminar II - Influența exercițiilor cu volant inerțial asupra stabilității dinamice și puterii trenului inferior la jucătorii de volei

Puterea membrelor inferioare este foarte importantă într-un joc sportiv precum voleiul. Pe lângă pregătirea de forță a jucătorilor, este de preferat să ne concentrăm și asupra bunăstării lor. Sportul la fileu implică o serie de sărituri și aterizări în diverse situații și acțiuni de joc. În scopul menținerii sănătății și pregătirii optime a jucătorilor, care să le permită să performeze pe parcursul întregului sezon, este necesară explorarea metodelor de antrenament disponibile.

Studiul a avut ca scop principal evaluarea impactului exercițiilor cu un dispozitiv de antrenament cu volant izoinerțial asupra puterii și stabilității membrelor inferioare. De asemenea, am dorit să investigăm posibila relație pozitivă între forță, putere și stabilitatea membrelor inferioare.

Obiectivele studiului au fost:

- Investigarea efectului exercițiilor izoinerțiale utilizând un dispozitiv de antrenament cu volant asupra puterii membrelor inferioare;
- Evaluarea impactului exercițiilor izoinerțiale cu dispozitivul de antrenament cu volant asupra stabilității membrelor inferioare;
- Identificarea relației între forța musculară, puterea și stabilitatea membrelor inferioare;
- Determinarea eficacității exercițiilor izoinerțiale cu volant în îmbunătățirea performanței sportive a jucătorilor de volei.

Prin atingerea acestor obiective, studiul urmărește să aducă informații valoroase în domeniul antrenamentului cu volant și să contribuie la dezvoltarea metodelor de antrenament și prevenire a leziunilor pentru jucătorii de volei.

Ipotezele au fost următoarele:

1. Antrenamentul cu volant inerțial contribuie la dezvoltarea stabilității trenului inferior în cazul jucătoarelor de volei;
2. Exercițiile cu un dispozitiv cu volant duc la dezvoltarea parametrilor puterii la nivelul trenului inferior;
3. Programul de intervenție contribuie la o creștere semnificativă a forței genuflexiunii și a înălțimii săriturii pentru subiecții studiați;

4. Presupunem că există o corelație semnificativă statistic între parametrii forței, ai puterii și indicii stabilității trenului inferior la jucătoarele de volei.

Subiecții studiului: 15 jucătoare de volei cu vârste cuprinse între 16 și 32 de ani au fost incluse în studiu N=15.

Criteriile de includere în cadrul studiului au fost:

- Acordul de participare la studiu;
- Acordul părinților în cazul sportivelor minore de participare la studiu;
- Legitimare în divizia A2 cu viza medicală la zi;
- Vârsta între 16 și 32 de ani.

Criteriile de excludere din studiu au fost următoarele:

- Accidentări în ultimele 6 luni;
- Accidentări survenite pe durata cercetării;
- Neparticiparea la 4 de antrenament în total sau la 2 sesiuni de antrenament consecutive.

După acomodarea cu echipamentele utilizate, au fost efectuate testele inițiale (i) cu ajutorul OptoJump, al testului de echilibru Y și al modulului de măsurare al dispozitivului cu volant, kMeter2. Protocolul de testare a fost următorul: Testul de echilibru Y a fost efectuat primul. Ulterior, au fost efectuate 3 sărituri în înălțime de pe loc cu contramișcare, înregistrându-se cea mai bună valoare obținută. În final, puterea de genuflexiune a fost evaluată prin efectuarea unui set de 6 repetări, consemnând doar ultimele 3 repetări cu maximă intensitate (3RM). Scopul primelor trei repetări a fost de a pune în mișcare volantul și de a ajunge la amplitudinea dorită a exercițiului. Același protocol a fost utilizat și în cazul testărilor finale.

Folosind sistemul OptoJump, înălțimea săriturii de pe loc cu contramișcare (CMJ) a fost înregistrată în centimetri (cm). Utilizând testul de echilibru Y, stabilitatea dinamică a membrilor inferioare a fost evaluată prin calcularea indicelui compus al amplitudinii (CRD), iar media acestui indice a fost reprezentată de valoarea CRD (%). Puterea medie de genuflexiune AvP (W) și forța AvF(N) au fost măsurate cu ajutorul kMeter2 și volantul de mărime L atașat (0,050 kgm²).

Protocolul testului de echilibru Y a fost descris în capitolului 6, fiind folosit în cadrul studiului preliminar I. Pentru acest studiu s-a folosit același protocol de testare cu acest echipament.

Dispozitivul de măsurare OptoJump™ produs de Microgate® este un sistem optic de măsurare a timpului de contact cu solul. Acesta se compune din două bare, una cu rol de emițător iar cealaltă cu rol de receptor. Fiecare conține un număr de 96 de leduri (o rezoluție de 1,0416 cm). Bara emițătoare comunică în mod continuu cu bara receptoare detectând orice întrerupere a

câmpului optic. Drept urmare, echipamentul permite detectarea timpilor de contact, respectiv de zbor cu o precizie de 1/1000 secunde. Cu ajutorul software-ului specializat, bazat pe datele inițiale colectate, putem obține o serie de parametri relevanți legați de performanța sportivului. Acești parametri sunt furnizați în timp real și au o precizie maximă.

Unul din parametrii puterii trenului inferior ales pentru studiul de față a fost înălțimea săriturii de pe loc cu contramișcare CMJ (counter movement jump). Acesta a fost măsurat cu dispozitivul OptoJump. Înălțimea săriturii este determinată în funcție de timpul de zbor, aplicația realizează conversia și oferă rezultatul în centimetri.

Din punct de vedere al execuției, pentru săritura în înălțime cu contramișcare, poziția inițială PI este din stând, picioarele depărtate la o distanță aproximativ egală cu lățimea umerilor, palmele pe șolduri. La timpul 1 T1 se execută o genuflexiune energetică (contramișcarea) până la atingerea unghiului de 90° la nivelul articulației genunchiului. La T2 subiectul execută o extensie a membrelor inferioare cu o desprindere cât mai înaltă posibil. T4 reprezintă aterizarea cu amortizare iar T5 este poziția finală.

Etapele cercetării au fost următoarele:

- Studiu literaturii de specialitate;
- Emiterea scopului, obiectivelor și ipotezelor de lucru;
- Stabilirea designului studiului;
- Formarea eșantionului (stabilirea criteriilor de includere, excludere și selecția subiecților);
- Elaborarea protocolului de intervenție;
- Evaluarea inițială a subiecților;
- Intervenția asupra grupei experimentale;
- Evaluarea finală a subiecților;
- Prezentarea rezultatelor;
- Discuții și concluzii.

Timp de 4 luni, subiecții s-au antrenat de două ori pe săptămână folosind dispozitivul cu volant pentru un total de 32 de ședințe. Testarea inițială a avut loc în ianuarie 2021 iar evaluarea finală a fost la sfârșitul lunii aprilie 2021. Protocolul de antrenament a fost organizat într-un macrociclu compus din 4 mezocicluri distincte. În prima fază a macrociclului, care a constat într-un total de 4 microcicluri săptămânale, s-au efectuat 3 seturi de 12 repetări de două ori pe săptămână. În al doilea mezociclu, au fost incluse 4 serii de 10 repetări în fiecare sesiune de antrenament. În mezociclu numărul 3 s-au efectuat la fiecare antrenament 4 serii de 8 repetări. În

ultimul mezociclu s-au executat 5 serii de 6 repetări. Fiecare mezociclu a fost compus din 8 antrenamente. Intensitatea execuției a fost calculată în funcție de testările inițiale și a început la 60% ajungând să depășească 90% în ultima lună.

S-a constatat o îmbunătățire semnificativă între rezultatele inițiale și cele finale în ceea ce privește indicele compus al amplitudinii, puterii/forței genuflexiunii și înălțimea de săritură $p < 0,01$. Am analizat individual fiecare parametru și am comparat valorile medii ale măsurătorilor inițiale cu cele finale.

Am constatat o creștere de 4,08% între măsurătorile inițiale și cele finale pentru indicele compus al amplitudinii a membrelor inferioare. Diferența observată, deși modestă, a demonstrat o semnificație statistică cu un nivel $p < 0,001$ și o deviație standard de 3,19%.

Utilizând dispozitivul cu volant, s-a înregistrat o creștere a puterii medii pentru genuflexiuni 3 RM de 43,2 W. Înregistrată este semnificativă cu o valoare de $p < 0,001$ și o deviație standard de 32,88 W.

O creștere poate fi, de asemenea, observată după măsurarea finală forței medii a genuflexiunii 3RM. Am identificat o diferență statistic semnificativă de 64,93 N, cu o valoare de $p < 0,01$ și o deviație standard de 72,12 N.

Am observat o creștere minoră, dar semnificativă statistic a valorilor săriturii cu contramișcare, în medie cu 2,59 cm, cu o valoare de $p < 0,001$ și o deviație standard de 1,66 cm.

Așa cum ne așteptam, în rezultatele inițiale, puterea medie se corelează pozitiv cu înălțimea săriturii în contramișcare $r = 0,64$, $p = 0,01$. În același timp, o corelație ușor mai scăzută poate fi găsită între valorile puterii și forței $r = 0,51$, $p = 0,05$. Acest lucru este considerat normal, deoarece forța este o componentă a puterii.

Au fost descoperite următoarele asocieri pentru măsurătorile finale: Din nou, puterea medie se corelează pozitiv (de data aceasta mai puternic) cu forța medie $r = 0,73$, $p = 0,002$ și cu înălțimea săriturii $r = 0,55$, $p = 0,03$. Se observă o relație pozitivă ușoară între putere și stabilitate. În plus, observăm că forța medie se corelează cu înălțimea săriturii $r = 0,66$, $p = 0,007$ și ușor cu indicele compus al amplitudinii $r = 0,46$, $p = 0,08$.

Antrenamentul cu un dispozitiv cu volant poate fi considerat o opțiune promițătoare pentru dezvoltarea puterii și stabilității la sporturile de volei. Deși am observat îmbunătățiri în parametrii monitorizați, nu am identificat corelații puternice și semnificative între stabilitatea membrelor inferioare și valorile puterii respectiv forței. S-a observat că dezvoltarea puterii membrelor inferioare, deși este direct corelată cu înălțimea săriturii, nu o crește drastic pe aceasta din urmă. Acest lucru ne face să credem că înălțimea săriturii de pe loc este influențată și de alți factori în afară de puterea și forța membrelor inferioare.

Am constatat o corelație mai puternică între parametrul de stabilitate CRD și forța musculară, în comparație cu puterea membrelor inferioare. Acest amănunt indică necesitatea unor studii ulterioare pentru a investiga mai în detaliu această relație cu o eventuală verificare a altor parametri cum sunt puterea medie relativă sau forța medie relativă.

Mobilitatea și siguranța acestui sistem în timpul utilizării și al depozitării reprezintă avantaje evidente. Deși nu poate înlocui în totalitate antrenamentul convențional, acesta oferă rezultate comparabile. Decizia de a utiliza o combinație de tehnici tradiționale și tehnologii moderne în pregătirea sportivilor este în mâinile instructorului de pregătire fizică, care poate profita de beneficiile aduse de ambele abordări.

În final, acest studiu reprezintă un pas important în înțelegerea mecanismelor antrenamentului cu volant pentru jucătoarele de volei și subliniază necesitatea unei abordări multidimensionale pentru a obține rezultate optime. Prin continuarea cercetărilor și îmbunătățirea metodologiilor de antrenament, putem contribui la creșterea performanțelor sportivilor și prevenirea leziunilor în această disciplină.

Sinteza capitolului 6. Dezvoltarea stabilității trenului inferior utilizând un dispozitiv de antrenament cu volant la jucătorii de volei

O bună stabilitate a membrelor inferioare este indispensabilă în ceea ce privește performanța sportivă, în special în disciplinele care implică mișcări rapide, schimbări de direcție și activități cu impact crescut, precum voleiul (Mesfar et al., 2022). Aceasta nu numai că aduce o contribuție la îmbunătățirea performanței sportive, ci are și un rol important în prevenirea leziunilor la acest nivel. Prin urmare, pentru jucătorii de volei care doresc să atingă performanțe maxime și să minimizeze riscul de accidentare, dezvoltarea stabilității membrelor inferioare este crucială.

O nouă metodă de antrenament care a devenit tot mai populară în cercetarea sportivă este antrenamentul de rezistență cu volant inerțial (Allen et al., 2023; Raya-Gonzalez et al., 2023). În contrast cu metodele convenționale de antrenament cu rezistență, care se bazează pe greutate sau încărcătură statică, antrenamentul cu volant inerțial implică utilizarea unor echipamente specializate care furnizează o rezistență variabilă pe întregul spectru de mișcare (Beato, Maroto-Izquierdo, Hernandez-Davo, et al., 2021; Raya-Gonzalez et al., 2023). Această particularitate distinctivă facilitează o activare musculară mai intensă și o generare superioară a forței, ceea ce conduce la creșterea capacității de producere a puterii și îmbunătățirea performanțelor atletice. (Murton et al., 2023; Sanudo et al., 2022).

Studiile anterioare au demonstrat că antrenamentul cu volant este eficient în îmbunătățirea parametrilor de forță și putere în rândul diverselor populații de sportivi. (Buonsenso et al., 2023;

Filetti et al., 2023; Hill et al., 2022; Sanudo et al., 2022). Cu toate acestea, efectele specifice acestui tip de pregătire asupra stabilității membrelor inferioare la jucătorii de volei nu sunt bine cunoscute.

Prin realizarea acestui studiu, ne-am propus să aducem informații bazate pe dovezi cu privire la potențialul antrenamentului cu volant ca o strategie specifică pentru a îmbunătăți stabilitatea membrelor inferioare la jucătorii de volei de ambele genuri. Astfel, am dorit să aducem completări acestei lacune de cunoștințe și să contribuim la înțelegerea mai profundă a beneficiilor antrenamentului cu volant în contextul stabilității membrelor inferioare.

Această cercetare a avut următoarele obiective:

- Stabilirea eficienței antrenamentului cu un dispozitiv cu volant asupra echilibrului și stabilității trenului inferior;
- Determinarea impactului antrenamentului cu un dispozitiv cu volant asupra înălțimii săriturii, forței și puterii trenului inferior în cazul jucătorilor de volei;
- Compararea efectului antrenamentului cu volant inerțial cu metodele convenționale de pregătire fizică utilizate de echipele de volei feminin și masculin;
- Analizarea relației între parametrii puterii și ai stabilității trenului inferior al subiecților;

Ca punct de plecare în acest studiu, s-au formulat următoarele ipoteze:

Ipoteza nr. 1: Antrenamentul cu volant va duce la îmbunătățiri semnificative ale stabilității dinamice a membrelor inferioare în rândul jucătorilor de volei, în comparație cu metodele tradiționale de antrenament.

Ipoteza nr. 2: Efectele antrenamentului cu volant asupra stabilității membrelor inferioare vor fi mai pronunțate la jucătorii de volei de gen feminin în comparație cu jucătorii de gen masculin.

Ipoteza nr. 3: Utilizarea dispozitivului cu volant îmbunătățește simetria stabilității membrelor inferioare la subiecții studiați.

Ipoteza nr. 4: Pregătirea sportivă utilizând un dispozitiv de antrenament cu volant contribuie la dezvoltarea semnificativă a indicilor săriturii și puterii la nivelul trenului inferior în comparație cu metodele de antrenament convenționale.

Ipoteza nr. 5: Presupunem că exista o corelație pozitivă între parametrii puterii și ai stabilității trenului inferior a jucătorilor de volei.

Un lot inițial de 64 de sportivi N=64 au fost supuși criteriilor de includere și de excludere pentru a determina numărul participanților la studiu.

Criteriile de includere în studiu au fost:

- Legitimare în divizia A1/A2 cu viza medicală valabilă;
- Vârsta între 18 și 35 de ani;

- Acord de participare la studiu;
- Între 5 și 8 antrenamente/săptămână.

Criteriile de excludere din studiu au fost:

- Accidentări în ultimele 6 luni sau intervenții chirurgicale în ultimele 12 luni la nivelul trenului inferior;
- Accidentări survenite pe parcursul desfășurării studiului;
- Neparticiparea la maxim 4 din sesiunile de pregătire din cadrul programului de intervenție.

Conform designului studiului de tip experimental subiecții au fost împărțiți în grup control respectiv grup experiment, atât pentru masculin cât și pentru feminin utilizând modelul de eșantionare prin conveniență .

Testarea inițială a avut loc la începutul sezonului, în luna septembrie a anului 2021. Testarea finală a fost efectuată la finalul lunii decembrie, respectiv începutul lunii ianuarie după caz.

Loturile experiment au fost reprezentate de 2 echipe de volei din Timișoara. Echipa feminină a fost înscrisă în divizia A2, iar echipa masculină a participat în primul eșalon național în perioada experimentului. Din considerente practice, deoarece studiul se desfășura în Timișoara, aceste două echipe au fost alese pentru a fi supuse intervenției. Lotul control feminin a fost reprezentat de echipa de divizie A1 din Lugoj. În cazul subiecților eșantionului de control masculin, aceștia au fost sportivi ai echipei de volei înscrisă în A2, din orașul Oțelu-Roșu.

Înainte de aplicarea criteriilor de recrutare pentru studiu grupele s-au prezentat în felul următor:

- 1 lot control feminin N=18;
- 1 lot control masculin N=14;
- 1 lot experiment feminin N=16;
- 1 lot experiment masculin N=16.

După excluderea sportivilor care nu au fost eligibili ca urmare a criteriilor de selecție, situația s-a prezentat după cum se poate observa și în diagrama din Figura 41.

- Lot control feminin N=18, 6 subiecți excluși, număr final N=12;
- Lot control masculin N=14, 2 subiecți excluși, număr final N=12;
- Lot experiment feminin N=16, 4 subiecți excluși, număr final N=12;
- Lot experiment masculin N=16, 4 subiecți excluși, număr final N=12.

Pentru evaluarea subiecților au fost folosite 3 dispozitive de măsurare:

- OptoJump pentru măsurarea înălțimii săriturilor;

- Y Balance Test™ pentru testarea stabilității dinamice a trenului inferior;
- Sistemul de antrenament cu volant kBox 4 Pro produs de Exxentric, Suedia cu modulul de măsurare kMeter II și aplicația Exxentric pentru măsurarea forței și puterii membrelor inferioare.

În cadrul studiului de față am urmărit parametrii stabilității dinamice bilaterale a membrelor inferioare. Testul Y a fost folosit pentru stabilirea indicelui compus al amplitudinii abreviat după denumirea în engleză CRD (composite reach distance). Valoarea acestui parametru a fost calculat pentru ambele membre inferioare ale subiecților incluși în studiu. Protocolul de testare a fost descris în Capitolul 5.

Putere medie relativă (w/kg) a fost calculată prin împărțirea puterii medii generate de sportiv în timpul genuflexiunilor (w), la masa corporală a acestuia (kg). Am utilizat această valoare considerând că este mai reprezentativă pentru scopul studiului.

Alți parametri urmăriți au fost:

- Putere medie generată pe cele 3 genuflexiuni maximale PM;
- Forță medie generată pe cele 3 genuflexiuni maximale FM;
- Înălțimea săriturii din genuflexiune ISG (descrisă în capitolul 5);
- Înălțimea săriturii cu contramișcare și brațele libere ISL (descrisă în capitolul 5);
- Înălțimea săriturii cu elan pentru atac ISE;

La fel ca în cazul celorlalte sărituri, ISE a fost măsurată utilizând dispozitivul OptoJump. Deoarece nu exista această opțiune în interfața programului de monitorizare, am folosit opțiunea de săritură în adâncime (drop jump). În ambele cazuri, poziția picioarelor subiectului nu este între barele optice, ci în afara lor. Acesta practic „cade” sau realizează bătaia ca mai apoi să aterizeze din nou în câmpul optic al dispozitivului. Astfel primim feed-back în legătură cu timpul de zbor înălțimea săriturii și timpul de contact cu solul, care este un bun indicator al reactivității musculaturii trenului inferior.

Protocolul de testare s-a desfășurat după cum urmează:

1. Testul de echilibru Y efectuat bilateral, întâi cu sprijin pe MI drept apoi cu sprijin pe MI stâng, conform protocolului;
2. Cele 3 tipuri de sărituri (3 încercări pentru selectarea celei mai mari valori) măsurate cu dispozitivul OptoJump;
3. Efectuarea a 6 genuflexiuni pe dispozitivul de antrenament cu volant. Primele 3 genuflexiuni au fost submaximale, cu scopul de a pune volantul în mișcare și de a ajunge la amplitudinea specifică fiecărui subiect. Ultimele 3 genuflexiuni au fost maximale,

subiectul testat exercitând efort maxim pentru efectuarea lor. Aplicația a fost setată să înregistreze doar ultimele 3 genuflexiuni.

Etapele cercetării au fost următoarele:

- Studiu literaturii de specialitate;
- Emiterea scopului, obiectivelor și ipotezelor de lucru;
- Stabilirea designului studiului;
- Formarea grupelor de studiu (stabilirea criteriilor de includere, excludere și selecția subiecților);
- Elaborarea protocolului de intervenție;
- Evaluarea inițială a subiecților;
- Intervenția asupra grupei experimentale;
- Evaluarea finală a subiecților;
- Prezentarea rezultatelor;
- Discuții și concluzii.

Intervenția a constat într-un program de dezvoltare a puterii trenului inferior folosind genuflexiunile pe un dispozitiv de antrenament cu volant. Timp de 4 luni subiecții s-au antrenat de două ori pe microciclu săptămânal, folosind dispozitivul cu volant pentru un total de 32 de ședințe. Protocolul de intervenție a fost structurat sub forma unui macrociclu conținând 4 mezocicluri după cum urmează: În primul mezociclu de 4 microcicluri, au fost efectuate 3 serii de 10 repetări de două ori pe microciclu. Al doilea mezociclu a avut 4 serii de 8 repetări. Al treilea mezociclu a conținut 4 serii de 5 repetări pe antrenament. În ultimul mezociclu s-au executat 5 serii de 3 repetări.

Antrenamentele au avut loc în prima parte a microciclului în zilele de luni, marți sau miercuri, în funcție de suprapunerea antrenamentelor grupei feminine cu cea masculină. Exercițiile erau executate după pregătirea organismului pentru efort, la începutul antrenamentelor din ziua respectivă. Durata efectivă a unei intervenții a fost variabilă, în funcție de mezociclu parcurs și s-a încadrat în intervalul 30-40 minute pentru cei 12 subiecți. Tehnica execuției genuflexiunilor utilizând dispozitivul cu volant a fost prezentată în cadrul Capitolului 5.

În cazul grupei control feminin, antrenamentele s-au desfășurat conform programului propus de preparatorul fizic al echipei. Pregătirea a constat în 3 mezocicluri după cum urmează:

- Mezociclu de încărcare, în care pregătirea fizică generală a fost dominantă pe finalul mezociclului au fost introduse și mijloace specifice. Pregătirea s-a concentrat pe dezvoltarea capacității fizice a sportivelor. În același timp s-a axat pe dezvoltarea

abilităților și tehnicii specifice voleiului și a avut loc în ultimele două microcicluri ale lunii august sub formă de cantonament de pregătire.

- Mezociclul precompetițional: Acestea implică antrenamentul intensiv înaintea începerii sezonului competițional, având ca obiectiv pregătirea fizică, tehnică și tactică a jucătoarelor. A avut loc în luna septembrie, ultimele două microcicluri incluzând turnee amicale.
- Mezociclul competițional: Acestea se concentrează pe menținerea și îmbunătățirea capacităților fizice și tehnice în timpul sezonului competițional, având în vedere necesitățile specifice ale echipei și obiectivele de performanță. A început în luna octombrie și a continuat până în luna decembrie.

Începând cu mezociclul precompetițional, antrenamentele de dezvoltare a forței au fost limitate la două pe microciclu. Pregătirea fizică a avut loc în prima parte a microciclului. În tabelul 12 sunt prezentate 2 antrenamente cu obiectivul dezvoltării forței trenului inferior din perioada precompetițională a grupei control feminine.

Grupa maritor masculină a urmat un program de pregătire format de asemenea din 3 mezocicluri:

- Mezociclu de încărcare – a cuprins pregătire generală și specifică – primele 2 microcicluri ale lunii septembrie;
- Mezociclu precompetițional - ultimele două microcicluri din septembrie și primele două ale lunii octombrie;
- Pregătire în sezon – începând microciclul al treilea al lunii octombrie și până la finalul lunii decembrie.

Parametrii stabilității dinamice a membrelor inferioare au fost măsurați utilizând testul Y. Indicele compus de amplitudine CRD a fost calculat pentru ambele membre inferioare.

Am folosit testul t pentru eșantioane-pereche cu scopul de a compara mediile obținute de loturile vizate de studiu în cazul variabilei CRD. Testul statistic Shapiro-Wilk a fost utilizat pentru a analiza distribuția valorilor parametrilor urmăriți. Am observat că $p > 0,05$ pentru testul Shapiro-Wilk, rezultând faptul că nu există suficiente dovezi pentru a respinge ipoteza nulă, drept urmare am presupus că distribuția datelor este una normală.

În cazul grupei experiment, comparând valorile inițiale ($M=92,27$, $DS=6,63$) cu cele finale ($98,09$, $DS=5,02$) ale CRD al membrului inferior drept, observăm o creștere cu 5,82 unități, aceasta fiind puternic semnificativă statistic ($t=4,86$, $df=11$, $p<0,001$). Diferența mediilor CRD a membrului inferior stâng în valoare de 5,77 este de asemenea puternic semnificativă statistic ($t=4,86$, $df=11$, $p<0,001$).

Pentru grupa control, valoarea mediei stabilității membrului inferior drept ($M=94,9$, $DS=4,22$) s-a îmbunătățit cu 2,25 față de valorile finale ($M=97,15$, $DS=3,66$), creșterea este una semnificativă statistic ($t=2,95$, $df=11$, $p<0,05$). O creștere similară observăm și pentru CRDS final ($M=95,25$, $DS=3,66$) față de CRDS inițial ($M=93,33$, $DS=3,92$), aceasta fiind de 1,92, semnificativă statistic ($t=2,9$, $df=11$, $p<0,05$). Am observat cum creșterea CRD pentru ambele membre inferioare în cazul grupelor experiment este mai mare decât în cazul grupelor control. De asemenea, am observat o semnificație statistică mai puternică a îmbunătățirii în grupa experiment ($p < 0,001$), în comparație cu grupa de control ($p < 0,05$). În ceea ce privește simetria stabilității medii, grupa de control a prezentat valori similare ale indicelui CRD pentru ambele membrele inferioare, atât la testarea inițială, cât și la testarea finală. În schimb, în cazul grupului experimental, am observat diferențe ale indicelui stabilității membrilor inferioare, atât la testarea inițială, cât și la testarea finală.

Am urmat aceeași procedură de reprezentare tabelară a mediilor aritmetice, respectiv a abaterilor standard și pentru grupele masculine. Analizând mediile aritmetice ale parametrului CRD urmărit pentru grupele masculine, am observat următoarele:

La grupa experiment, am avut același trend ascendent ca în cazul grupei feminine, Media aritmetică a CRD pentru membrul inferior drept a crescut de la $M=92,39$, $DS= 5,42$ la $M=96,52$, $DS=5,06$, cu o valoare de 4,13, semnificativă statistic ($t=7,93$, $df=11$, $p<0,001$). O îmbunătățire semnificativă ($t=5,56$, $df=11$, $p<0,001$) a avut-o și media CRDS care de la valoare inițială $M=91,98$, $DS=5,53$, a ajuns la $M=96,61$, $DS=5,43$ și a înregistrat o diferență de 4,63.

Grupa control în schimb nu a înregistrat creșteri ale mediei CRD semnificative statistic, CRDD a crescut doar cu 1,11 ($t=0,97$, $df=11$, $p=0,35$), de la $M=92,11$, $DS=4,39$, la valoarea finală $M=93,22$, $DS=5,69$. În cazul membrului inferior stâng, creșterea a fost mai mică, dar apropiată, înregistrându-se diferență nesemnificativă statistic de 0,81 ($t=0,91$, $df=11$, $p=0,38$), media inițială fiind 93,68 $DS=4,47$, iar cea finală $M=94,49$, $DS=4,79$.

Îmbunătățirea indicelui stabilității dinamice este evidentă în cazul grupei experiment pentru ambele membre inferioare ($p<0,001$). Grupa de control prezintă, de asemenea, o creștere a acestui parametru, dar aceasta este mai mică și nu este semnificativă statistic ($p > 0,05$). În ceea ce privește simetria dintre membrul inferior stâng și cel drept, am observat mici diferențe la testarea inițială pentru ambele grupe. Cu toate acestea, aceste diferențe sunt reduse în cazul grupei experiment, unde mediile CRD sunt aproape egale. În cazul grupei de control, nu am observat această corecție, parametrii înregistrând doar o creștere minoră.

Cu scopul de a ține sub control valorile testărilor inițiale și de a verifica efectul intervenției, am folosit analiza covariației ANCOVA. Pentru acest test, covariata a fost reprezentată de valorile

testărilor inițiale, variabila independentă a fost grupul (experiment/control), iar variabila dependentă a fost testarea finală.

Pentru folosirea testului ANCOVA am verificat cele două condiții:

1. Distribuția datelor să fie normală;
2. Regresia pentru grupele control și experiment să fie omogenă .

În cele ce urmează vom prezenta rezultatele testului ANCOVA cu verificarea condițiilor pentru grupele control și experiment, atât pentru grupele feminine cât și pentru grupele masculine. Valorile lui p la testul Shapiro-Wilk sunt mai mari decât 0,05, drept urmare ipoteza nulă nu se respinge. Așadar distribuția datelor pentru CRD în cazul loturilor feminine este una normală atât pentru valorile inițiale cât și pentru cele finale.

În cazul stabilității pentru membrul inferior drept CRDD, interacțiunea dintre grup și testarea inițială CRDD_I este nesemnificativă $p > 0,05$, deci condiția ca panta de regresie să fie similară pentru cele două grupe feminine testate este îndeplinită. Același lucru se poate observa și în cazul variabilei membrului inferior stâng CRDS, Valoarea lui p pentru interacțiunea între grup și testarea inițială CRDS_I depășește pragul de semnificație 0,05, Condiția omogenității regresiei este îndeplinită și pentru valorile membrului inferior stâng. Având în vedere faptul că distribuția datelor și omogenitatea regresiei este normală putem să aplicăm în continuare analiza de covarianță ANCOVA.

În ceea ce privește membrul inferior drept, rezultatele testării au indicat că, după ajustarea efectului covariatei (valorile inițiale ale testului), efectul intervenției asupra valorilor finale a fost semnificativ $F=4,69$, $p=0,042$, $\eta^2=0,18$. Am urmat aceeași procedură pentru valorile stabilității membrului inferior stâng, controlând testarea inițială. Și în acest caz intervenția este una semnificativă statistic $F=12,3$, $p=0,002$, $\eta^2=0,37$.

Folosind testului Shapiro-Wilk am examinat distribuția datelor și în cazul valorilor CRD pentru grupele masculine. Având în vedere faptul că $p > 0,05$ în toate cazurile, ipoteza nulă nu se respinge, deci distribuția este una normală pentru parametrii stabilității dinamice a membrilor inferioare pentru loturile masculine.

În continuare am verificat omogenitatea regresiei CRDD pentru loturile masculine și am descoperit o valoare $p=0,86$, De aici deducem faptul că pantele regresiei sunt omogene pentru grupul experiment și control în cazul membrului inferior drept. Aceeași condiție o verificăm și pentru CRDS rezultând o valoare $p=0,98$, Putem spune că și în cazul valorilor stabilității membrului inferior stâng există o omogenitate a regresiei pentru cele două grupuri testate. Condițiile normalitate a variabilelor și de omogenitate a regresiei fiind îndeplinite am aplicat testul ANCOVA pentru parametrii grupelor masculine cu următoarele rezultate:

În cazul membrului inferior drept, controlând valorile inițiale, există un efect semnificativ statistic al intervenției asupra valorilor finale ale stabilității dinamice pentru lotul experiment $F=5,73$, $p=0,03$, $\eta^2=0,21$. După controlul covariatei, s-a observat că intervenția a avut un efect semnificativ statistic asupra valorilor finale ale stabilității dinamice a membrului inferior stâng în ceea ce privește lotul experiment, obținându-se un rezultat de $F=8,53$, $p=0,008$, $\eta^2=0,29$.

Una din cele mai importante calități a unui jucător de volei este detenta la nivelul trenului inferior. O săritură înaltă oferă un punct de atac sau de blocaj superior, fiind un avantaj din punct de vedere tehnic, având în vedere metodele de obținere a punctului în jocul de volei. Îmbunătățirea detentei trenului inferior este unul din obiectivele principale ale pregătirii sportivilor din acest domeniu. Am ales să urmărim evoluția acestui parametru ca urmare a experimentului și să determinăm efectul intervenției asupra grupelor experiment în comparație cu metodele conservatoare de antrenament.

Ținând sub control valorile testelor inițiale prin utilizarea ANCOVA, am observat faptul că în cazul grupei experiment feminine, intervenția nu a avut un efect statistic semnificativ în dezvoltarea înălțimii săriturii cu elan pentru atac în comparație cu grupa control ($F=0,001$, $p=0,97$, $\eta^2<0,001$). În cazul grupei experiment masculine s-a putut observa același rezultat, evoluția parametrului urmărit nefiind semnificativă statistic în comparație cu grupa control ($F=0,675$, $p=0,42$, $\eta^2=0,03$).

Pe lângă parametrul stabilității și al înălțimii săriturii, în acest studiu am considerat relevantă și prezentarea analizei parametrului puterii medii relative pentru subiecții testați. În jocul de volei, puterea la nivelul membrelor inferioare este o calitate crucială a sportivilor. Din acest motiv am monitorizat evoluția acestui parametru ca urmare a experimentului. În același timp, pentru o mai bună înțelegere a efectului intervenției, am dorit să verificăm dacă există o legătură între parametrul puterii și cel al stabilității trenului inferior.

Ținând sub control valorile la testările inițiale, observăm faptul că intervenția nu a avut un efect semnificativ statistic în îmbunătățirea acestui parametru. În cazul grupelor feminine $F=0,109$, $p=0,74$, $\eta^2=0,005$ iar pentru subiecții de gen masculin $F=0,956$, $p=0,33$, $\eta^2=0,044$.

Pentru o mai bună înțelegere a modului în care planul de intervenție a avut efect asupra stabilității trenului inferior la subiecții urmăriți, am efectuat corelații între puterea medie relativă PMR și indicele compus de amplitudine CRD în cazul celor 4 loturi de sportive.

În cazul grupei feminine experiment observăm corelații pozitive ale puterii medii relative finale cu indicele stabilității pentru MI drept inițial $r=0,67$, $p=0,01$, MI drept final $r=0,73$, $p=0,007$, MI stâng inițial $r=0,67$, $p=0,01$ și MI stâng final $r=0,63$, $p=0,02$, Puterea medie inițială în schimb, nu corelează cu CRD. Pentru grupa feminină control, corelațiile sunt pozitive dar ne semnificative

statistic. În cazul grupei masculine experiment, observăm corelații pozitive semnificative ale PMR_F cu valorile finale ale CRD al MI drept $r=0,60$, $p=0,03$ și cu CRD al MI stâng $r=0,59$, $p=0,04$. La fel ca și în cazul grupei control feminine, la grupul control masculin am înregistrat ușoare corelații pozitive dar ne semnificative din punct de vedere statistic (Tabel 39).

Ca urmare a derulării studiului am formulat concluziile în jurul ipotezelor, după cum urmează:

Ipoteza nr. 1: Antrenamentul cu volant va duce la îmbunătățiri semnificative ale stabilității dinamice a membrelor inferioare în rândul jucătorilor de volei, în comparație cu metodele tradiționale de antrenament. Această ipoteză se confirmă în totalitate. Rezultatele analizei de covariație au demonstrat o îmbunătățire statistică semnificativă în cazul grupelor experiment în comparație cu grupele control.

Ipoteza nr. 2: Efectele antrenamentului cu volant asupra stabilității membrelor inferioare vor fi mai pronunțate la jucătorii de volei de gen feminin în comparație cu jucătorii de gen masculin. Această ipoteză se confirmă parțial. La analiza covariației, controlând pentru valoarea testelor inițiale, observăm că efectul intervenției pentru lotul feminin și masculin la nivelul stabilității dinamice a membrelor inferioare este unul semnificativ statistic. De altfel, dacă analizăm progresul la testările finale, putem spune că procentual, parametrul stabilității a crescut într-o măsură mai mare în cazul subiecților de gen feminin.

Ipoteza nr. 3: Utilizarea dispozitivului cu volant îmbunătățește simetria stabilității membrelor inferioare la subiecții studiați. În cazul loturilor experimentale, observăm faptul că simetria se păstrează de la testarea inițială, la testarea finală. În schimb, pentru loturile control diferența între CRDD și CRDS se accentuează ca urmare a parcurgerii primei părți a sezonului regulat prin creșterea mai accentuată a CRDD. Astfel, ipoteza conform căreia utilizarea dispozitivului cu volant îmbunătățește simetria stabilității membrelor inferioare se confirmă.

Ipoteza nr. 4: Pregătirea sportivă utilizând un dispozitiv de antrenament cu volant contribuie la dezvoltarea semnificativă a indicilor săriturii și puterii la nivelul trenului inferior în comparație cu metodele de antrenament convenționale. Această ipoteză a fost infirmată. Deși la final grupele intervenționale au experimentat creșteri semnificative ale valorilor săriturii cu elan pentru atac și a puterii trenului inferior față de testările inițiale, același fenomen a fost observat și la grupele martor.

Ipoteza nr. 5: Exista o corelație pozitivă între parametrii puterii și ai stabilității trenului inferior a jucătorilor de volei. Rezultatele obținute susțin ipoteza conform căreia există o corelație pozitivă între parametrii puterii și ai stabilității membrelor inferioare la jucătorii de volei.

În concluzie, implementarea unui program de antrenament cu volant timp de 4 luni poate fi o strategie eficientă pentru îmbunătățirea stabilității membrelor inferioare la jucătorii de volei de ambele genuri. Această intervenție poate avea potențialul de a spori performanța sportivă și de a reduce riscul de leziuni legate de instabilitatea membrelor inferioare în rândul acestor sportivi. Cu toate acestea, este important să se continue cercetarea în domeniu pentru a confirma și a valida rezultatele obținute și pentru a explora mai în detaliu mecanismele prin care antrenamentul cu volant îmbunătățește stabilitatea membrelor inferioare.

Sinteza capitolului 7. Concluzii finale și direcții viitoare de cercetare

Antrenamentul cu volant poate contribui la îmbunătățirea stabilității membrelor inferioare, a puterii și înălțimii săriturii cu elan pentru atac și la jucătorii de volei. De asemenea am observat că parametrii puterii și ai stabilității sunt corelați în mod direct. Aceste constatări pot fi utile pentru dezvoltarea programelor de antrenament specifice, care să vizeze atât dezvoltarea puterii, cât și îmbunătățirea stabilității membrelor inferioare, cu scopul de a spori performanța și a reduce riscul de leziuni în rândul jucătorilor de volei.

Deși în cazul parametrilor puterii și înălțimii săriturii cu elan pentru atac nu a fost descoperit un efect semnificativ statistic al efectului intervenției în comparație cu grupele control, am observat totuși evoluții semnificative ale acestora față de valorile inițiale. Putem afirma că în cazul acestor parametri, metoda de pregătire utilizată în cazul grupelor experiment este cel puțin la fel de eficientă în raport cu protocolul standard.

Efectele antrenamentului cu volant asupra stabilității membrelor inferioare sunt semnificative atât pentru jucătorii de gen feminin, cât și pentru cei de gen masculin dar există o tendință ca efectele să fie mai pronunțate în grupelor feminine. Cercetări suplimentare sunt necesare pentru a investiga mai în profunzime diferențele răspunsului la antrenamentul cu volant în funcție de gen în cazul stabilității membrelor inferioare.

Utilizarea dispozitivului cu volant a demonstrat îmbunătățirea simetriei stabilității membrelor inferioare în rândul subiecților din grupele experimentale. Cu toate acestea, loturile control au prezentat o creștere a discrepanței între membrul inferior dominant și nondominant, evidențiind o simetrie deteriorată. Studii viitoare ar trebui să exploreze în detaliu factorii care contribuie la dezvoltarea asimetrică a trenului inferior la jucătorii de volei care urmează un protocol conservator de antrenament și să analizeze efectele intervenției pregătirii cu volant asupra simetriei stabilității membrelor inferioare.

Există câteva direcții viitoare de cercetare în domeniul antrenamentului cu volant pentru jucătorii de volei în ceea ce privește îmbunătățirea stabilității membrelor inferioare și beneficiile

asociate. Acestea orientări pot ajuta la înțelegerea mai profundă a mecanismelor implicate și pot aduce contribuții la optimizarea antrenamentului în general și prevenirea leziunilor în particular.

Studii comparative - realizarea de studii comparative între antrenamentul cu volant și mai multe metode de antrenament pentru a evalua în mod direct eficacitatea și avantajele acestuia.

Evaluarea de lungă durată - realizarea de studii pe termen lung cu mai multe testări intermediare, care să investigheze eficacitatea metodei de intervenție în îmbunătățirea parametrilor și reducerea riscului de leziuni pe o perioadă mai îndelungată.

Optimizarea protocolului de antrenament - cercetarea și dezvoltarea unor protocoale de antrenament cu volant personalizate și adaptate pentru jucătorii de volei.

Mecanisme biomecanice - explorarea mai detaliată a mecanismelor biomecanice prin care antrenamentul cu volant îmbunătățește stabilitatea membrilor inferioare.

Adaptarea la diferite niveluri de performanță - investigarea eficacității antrenamentului cu volant în funcție de nivelul de performanță al jucătorilor de volei.

Aceste direcții de cercetare ar putea contribui la înțelegerea mai în detaliu a beneficiilor pregătirii utilizând dispozitive cu volant inerțial și ar putea furniza informații suplimentare atât antrenorilor, cât și sportivilor, în legătură cu metode alternative de pregătire.

În concluzie, această cercetare oferă dovezi ferme care susțin teoria conform căreia antrenamentul cu volant îmbunătățește semnificativ stabilitatea a membrilor inferioare la jucătorii de volei, indiferent de gen. Pregătirea cu acest tip de dispozitiv este comparabilă cu metodele convenționale de antrenament în dezvoltarea indicilor de putere și săritură cu avantajul adus la capitolul stabilității dinamice. Acest lucru subliniază ideea că progresele în domeniul performanței sportive necesită cel mai probabil o abordare de antrenament cu multiple fațete care să combine o diversitate de metode bine adaptate la nevoile atletice individuale și la cerințele specifice ale sportului. Corelația descoperită între parametrii de putere și stabilitate subliniază complexitatea inerentă a performanței atletice și, într-adevăr, a capacității fizice umane. Fiind primul studiu empiric care a explorat aceste relații cu referire la antrenamentul cu volant inerțial, această teză dorește să deschidă calea pentru o explorare mai sistematică și mai nuanțată a acestor dinamici, de care pot beneficia în mare măsură nu doar jucătorii de volei, ci și alți sportivi.

Bibliografie selectivă

- Agel, J., Palmieri-Smith, R. M., Dick, R., Wojtys, E. M., & Marshall, S. W. (2007). Descriptive epidemiology of collegiate women's volleyball injuries: National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance System, 1988–1989 through 2003–2004. *Journal of Athletic Training*, 42(2), 295-302.
- Alkner, B. A., & Bring, D. K.-I. (2019). Muscle activation during gravity-independent resistance exercise compared to common exercises. *Aerospace Medicine and Human Performance*, 90(6), 506-512.
- Alkner, B. A., & Tesch, P. A. (2004). Efficacy of a gravity-independent resistance exercise device as a countermeasure to muscle atrophy during 29-day bed rest. *Acta Physiologica Scandinavica*, 181(3), 345-357. <https://doi.org/10.1111/j.1365-201X.2004.01293.x>
- Allen, W. J. C., De Keijzer, K. L., Raya-Gonzalez, J., Castillo, D., Coratella, G., & Beato, M. (2023). Chronic effects of flywheel training on physical capacities in soccer players: a systematic review. *Research in Sports Medicine*, 31(3), 228-248. <https://doi.org/10.1080/15438627.2021.1958813>
- Avedesian, J. M., Judge, L. W., Wang, H., & Dickin, D. C. (2020). The biomechanical effect of warm-up stretching strategies on landing mechanics in female volleyball athletes. *Sports Biomechanics*, 19(5), 587-600. <https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1503322>
- Avrămescu, E., Ilinca, I., Zăvăleanu, M., & Enescu-Bieru, D. (2005). Managementul factorilor etiologici in profilaxia traumatismelor sportive. *Analele UVT (Seria EFS)*(7), 2431.
- Bahr, R., Liam, R., & Ovrebo, R. V. (1994). Incidence and mechanisms of acute ankle inversion injuries in volleyball a retrospective cohort study. *AJSM*, 595-600.
- Beato, M., Maroto-Izquierdo, S., Hernandez-Davo, J. L., & Raya-Gonzalez, J. (2021). Flywheel Training Periodization in Team Sports. *Frontiers in Physiology*, 12, 6, Article 732802. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.732802>
- Beneka, A., Malliou, P., Glofsidou, A., Tsigganos, G., Zetou, H., & Godollas, G. (2009). Injury incidence rate, severity and diagnosis in male volleyball players. *Sport Sci Health*, 93-99.
- Bere, T., Kruczynski, J., Veintimilla, N., Hamu, Y., & Bahr, R. (2015). Injury risk is low among world-class volleyball players: 4-year data from the FIVB Injury Surveillance System. *Br*
- Bisseling, R., Hof, A., & Bredeweg, S. (2007). Relationship between landing strategy and patellar tendinopathy in volleyball. *BJSM*.
- Bohm, S., Mandla-Liebsch, M., Mersmann, F., & Arampatzis, A. (2020). Exercise of dynamic stability in the presence of perturbations elicit fast improvements of simulated fall recovery

- and strength in older adults: a randomized controlled trial. *Frontiers in Sports and Active Living*, 2, 52.
- Burton, I., & McCormack, A. (2022). Inertial Flywheel Resistance Training in Tendinopathy Rehabilitation: A Scoping Review. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 17(5), 775-786. <https://doi.org/10.26603/001c.36437>
- Caruso, J. F., Hernandez, D. A., Porter, A., Schweikert, T., Saito, K., Cho, M., De Garmo, N., & Nelson, N. M. (2006). Integrated electromyography and performance outcomes to inertial resistance exercise. *J Strength Cond Res*, 20(1), 151-156. <https://doi.org/10.1519/r-17315.1>
- Cassell, E. (2001). *Spiking injuries out of volleyball: A review of injury countermeasures*. Citeseer.
- Chandran, A., Morris, S. N., Lempke, L. B., Boltz, A. J., Robison, H. J., & Collins, C. L. (2021). Epidemiology of Injuries in National Collegiate Athletic Association Women's Volleyball: 2014-2015 Through 2018-2019. *J Athl Train*, 56(7), 666-673. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-679-20>
- Cools, A. M., & Reeser, J. C. (2017). Shoulder injuries in volleyball. *Handbook of Sports Medicine and Science: Volleyball*, 93-108.
- Davlin, C. D. (2004). Dynamic balance in high level athletes. *Perceptual and motor skills*, 98(3_suppl), 1171-1176.
- de Leeuw, A.-W., van der Zwaard, S., van Baar, R., & Knobbe, A. (2022). Personalized machine learning approach to injury monitoring in elite volleyball players. *European Journal of Sport Science*, 22(4), 511-520.
- Eerkes, K. (2012). Volleyball injuries. *Current sports medicine reports*, 11(5), 251-256.
- Fatahi, A., Sadeghi, H., & Ameli, M. (2017). Relationship between Q angle and knee injuries prevalence in elite volleyball players. *Adv Surg Sci*, 5(4), 45-48.
- Ferretti, A., Puddu, G., & Neri, M. (1984). Jumpers Knee: An epidemiological study of volleyball players. *TPSM*, 97-101.
- Feynman, R. (1969). *Fizica modernă*, vol. I și II, Ed. *Tehnică, București*, 1970.
- Gogte, K., Srivastav, P., & Miyaru, G. B. (2017). Effect of passive, active and combined warm up on lower limb muscle performance and dynamic stability in recreational sports players. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*, 11(3), YC05.
- Hager, L., Averbek, B., Voelcker-Rehage, C., & Kutz, D. F. (2021). Sex differences in the consumption of over-the-counter analgesics among amateur volleyball players. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 13(1), 45. <https://doi.org/10.1186/s13102-021-00273-5>

- Hahaard, H., & Jorgensen, U. (1996). Injuries in elite volleyball. *SJMSS*, 228-232.
- Hartley, E. M., Hoch, M. C., & Boling, M. C. (2018). Y-balance test performance and BMI are associated with ankle sprain injury in collegiate male athletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(7), 676-680.
- Heise, G. D., Esselman, E., Silvernale, C., & Smith, J. D. Single-leg dynamic stability in fit, young adults: lower extremity strength and core strength as predictors.
- Hill, M. W., Roberts, M., Price, M. J., & Kay, A. D. (2022). Effects of Flywheel Training With Eccentric Overload on Standing Balance, Mobility, Physical Function, Muscle Thickness, and Muscle Quality in Older Adults [Article]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(11), 3190-3199. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000004006>
- Hoch, M. C., Staton, G. S., & McKeon, P. O. (2011). Dorsiflexion range of motion significantly influences dynamic balance. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 14(1), 90-92.
- Ilinca, I., Avramescu, E. T., Calina, M., & Mangra, G. (2008). Strategii de prevenire a traumatismelor la voleibalistele de performanță Prevention of trauma in high level volleyball. *Palestrica mileniului III*, 323.
- James, L. P., Kelly, V. G., & Beckman, E. M. (2014). Injury risk management plan for volleyball athletes. *Sports Medicine*, 44, 1185-1195.
- Kilic, O., Maas, M., Verhagen, E., Zwerver, J., & Gouttebauge, V. (2017). Incidence, aetiology and prevention of musculoskeletal injuries in volleyball: A systematic review of the literature. *European Journal of Sport Science*, 17(6), 765-793.
- Kinzey, S. J., & Armstrong, C. W. (1998). The reliability of the star-excursion test in assessing dynamic balance. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 27(5), 356-360.
- Krogh, A. (1913). A Bicycle Ergometer and Respiration Apparatus for the Experimental Study of Muscular Work 1. *Skandinavisches Archiv Für Physiologie*, 30(3), 375-394.
- Larson, J., Perkins, E., Oldfather, T., & Zabala, M. (2021). Local dynamic stability of the lower-limb as a means of post-hoc injury classification. *PLoS One*, 16(6), e0252839. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0252839>
- Liaghat, B., Pedersen, J. R., Husted, R. S., Pedersen, L. L., Thorborg, K., & Juhl, C. B. (2022). Diagnosis, prevention and treatment of common shoulder injuries in sport: grading the evidence - a statement paper commissioned by the Danish Society of Sports Physical Therapy (DSSF). *British Journal of Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2022-105674>
- Lin, Y., Xu, Y., Hong, F., Li, J., Ye, W., & Korivi, M. (2022). Effects of Variable-Resistance Training Versus Constant-Resistance Training on Maximum Strength: A Systematic

- Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(14), 8559. <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/14/8559>
- Lopez De Haro, F. T., Olcina Camacho, G., & Timon Andrada, R. (2021). Fatigue and physical performance after a squat inertial flywheel training. *Medicina Dello Sport*, 74(2), 235-244. <https://doi.org/10.23736/s0025-7826.21.03807-2>
- McErlain-Naylor, S. A., & Beato, M. (2021). Post Flywheel Squat Potentiation of Vertical and Horizontal Ground Reaction Force Parameters during Jumps and Changes of Direction. *Sports (Basel)*, 9(1). <https://doi.org/10.3390/sports9010005>
- Mercheș, I., & Burlacu, L. (1983). *Mecanică analitică și a mediilor deformabile*. Editura Didactică și Pedagogică.
- Mesfar, A., Hammami, R., Selmi, W., Gaied-Chortane, S., Duncan, M., Bowman, T. G., Nobari, H., & van den Tillaar, R. (2022). Effects of 8-week in-season contrast strength training program on measures of athletic performance and lower-limb asymmetry in male youth volleyball players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(11), 6547. <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/11/6547>
- Migliorini, F., Rath, B., Tingart, M., Niewiera, M., Colarossi, G., Baroncini, A., & Eschweiler, J. (2019). Injuries among volleyball players: a comprehensive survey of the literature. *Sport Sciences for Health*, 15, 281-293.
- Nagano, H., & Begg, R. K. (2018). Shoe-Insole Technology for Injury Prevention in Walking. *Sensors (Basel)*, 18(5). <https://doi.org/10.3390/s18051468>
- Norrbrand, L., Pozzo, M., & Tesch, P. A. (2010). Flywheel resistance training calls for greater eccentric muscle activation than weight training. *European Journal of Applied Physiology*, 110(5), 997-1005. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1575-7>
- O' Brien, J., Browne, D., Earls, D., & Lodge, C. (2022). The Efficacy of Flywheel Inertia Training to Enhance Hamstring Strength. *J Funct Morphol Kinesiol*, 7(1). <https://doi.org/10.3390/jfmk7010014>
- Olabi, A. G., Wilberforce, T., Abdelkareem, M. A., & Ramadan, M. (2021). Critical review of flywheel energy storage system. *Energies*, 14(8), 2159.
- Reeser, J., Joi, E., Porucznik, B., Colliver, E., & Willick, S. (2010). Risk factors for volleyball-related shoulder pain and dysfunction. *AAPMR*.
- Reich, J. S., Cohn, J. E., Othman, S., Shokri, T., Ducic, Y., & Sokoya, M. (2021). Volleyball-related adult maxillofacial trauma injuries: a NEISS database study. *Journal of Craniofacial Surgery*, 32(4), 1564-1567.

- Ricotti, L. (2011). Static and dynamic balance in young athletes. *Journal of human sport and exercise*, 6(4), 616-628.
- Ringhof, S., & Stein, T. (2018). Biomechanical assessment of dynamic balance: Specificity of different balance tests. *Human Movement Science*, 58, 140-147.
- Rojano Ortega, D., Berral-Aguilar, A. J., & Berral de la Rosa, F. J. (2022). Kinetics and Vertical Stiffness of Female Volleyball Players: Effect of Low-Intensity Plyometric Training. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 93(4), 734-740. <https://doi.org/10.1080/02701367.2021.1915946>
- Saito, S., Muraki, S., & Tochihara, Y. (2007). Effects of worn-out soles on lower limb stability, shock absorption and energy cost during prolonged walking. *Journal of physiological anthropology*, 26(5), 521-526.
- Sanudo, B., de Hoyo, M., & McVeigh, J. G. (2022). Improved Muscle Strength, Muscle Power, and Physical Function After Flywheel Resistance Training in Healthy Older Adults: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(1), 252-258. <https://doi.org/10.1519/jsc.00000000000003428>
- Shaffer, S., Teyhen, D., Lorensen, C., Warren, R., Koreerat, C., & Childs, J. (2013). Y-Balance Test: A reliability study involving multiple rates. *Mil-Med*, 1264.
- Silvester, L. J., & Bryce, G. R. (1981). The Effect of Variable Resistance and Free-Weight Training Programs on Strength and Vertical Jump. *Strength & Conditioning Journal*, 3(6), 30-33.
- Sjöberg, M., Berg, H. E., Norrbrand, L., Andersen, M. S., Gutierrez-Farewik, E. M., Sundblad, P., & Eiken, O. (2021). Comparison of Joint and Muscle Biomechanics in Maximal Flywheel Squat and Leg Press. *Front Sports Act Living*, 3, 686335. <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.686335>
- Smajla, D., Spudić, D., Kozinc, Ž., & Šarabon, N. (2022). Differences in Force-Velocity Profiles During Countermovement Jump and Flywheel Squats and Associations With a Different Change of Direction Tests in Elite Karatekas. *Front Physiol*, 13, 828394. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.828394>
- Soylu, Ç., Altundağ, E., Akarçeşme, C., & Ün Yildirim, N. (2020). The relationship between isokinetic knee flexion and extension muscle strength, jump performance, dynamic balance and injury risk in female volleyball players.
- Stankowski, K. (2012). *The effects of playing surfaces on landing mechanics during a jump rebound-landing task* Indiana State University.

- Stephenson, S. D., Kocan, J. W., Vinod, A. V., Kluczynski, M. A., & Bisson, L. J. (2021). A Comprehensive Summary of Systematic Reviews on Sports Injury Prevention Strategies. *Orthop J Sports Med*, 9(10), 23259671211035776. <https://doi.org/10.1177/23259671211035776>
- Stojanović, M. D. M., Mikić, M., Drid, P., Calleja-González, J., Maksimović, N., Belegišanin, B., & Sekulović, V. (2021). Greater Power but Not Strength Gains Using Flywheel Versus Equivolumed Traditional Strength Training in Junior Basketball Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(3), 1181. <https://www.mdpi.com/1660-4601/18/3/1181>
- Tabatabaei, S. M., Daneshmandi, H., Norasteh, A. A., & Sharif Nia, H. (2017). Development of Screening Test Battery for Volleyball Players: A Mixed Method Study. *USWR*, 7(3), 163-174. <https://doi.org/10.32598/ptj.7.3.163>
- Tessutti, L. S., Aguiar, S. d. S., Costa, G. D. C. T., Clemente, F. M., Lima, R. F., Neves, R. V. P., Praça, G. M., & Castro, H. d. O. (2019). Body composition and performance variables differences in female volleyball players by agegroup and playing position. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 21.
- Vaandering, K., Meeuwisse, D., MacDonald, K., Eliason, P. H., Graham, R. F., Chadder, M. K., Lebrun, C. M., Emery, C. A., & Schneider, K. J. (2022). Injuries in Youth Volleyball Players at a National Championship: Incidence, Risk Factors, and Mechanisms of Injury. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 10.1097.
- Walker, S., Blazevich, A. J., Haff, G. G., Tufano, J. J., Newton, R. U., & Häkkinen, K. (2016). Greater Strength Gains after Training with Accentuated Eccentric than Traditional Isoinertial Loads in Already Strength-Trained Men. *Front Physiol*, 7, 149. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00149>
- Wang, A., Li, X., & Huang, H. (2021). The Effects of Internal Attention on Knee Biomechanics in Volleyball Spike Jump through Augmented Video Feedback. *Brain Sciences*, 11(5).
- Wang, M. H., Chen, K. C., Hung, M. H., Chang, C. Y., Ho, C. S., Chang, C. H., & Lin, K. C. (2020). Effects of plyometric training on surface electromyographic activity and performance during blocking jumps in college division i men's volleyball athletes. *Applied Sciences*, 10(13), 4535. <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/13/4535>
- Williams, R. M., Bliven, K. C. H., Morris, S. N., Boltz, A. J., Robison, H. J., Chandran, A., & Valier, A. R. S. (2022). Non-Time-Loss and Time-Loss Injuries in Secondary School Girls' Volleyball Athletes: A Report From the National Athletic Treatment, Injury, and Outcomes Network Surveillance Program. *Journal of Sport Rehabilitation*, 31(5), 536-543.