

IOSUD – UNIVERSITATEA „DUNĂREA DE JOS” DIN GALAȚI

Școala doctorală de Științe Socio-Umane



Rezumat

TEZĂ DE DOCTORAT

**Implementarea utilizării echipamentelor nespecifice în lecția de educație fizică
din ciclul liceal**

Doctorand,

Șerbu Iulian

Conducător științific,

Prof. univ. dr. habil. Talaghir Laurențiu-Gabriel

Seria SSEF: Știința Sportului și Educației Fizice Nr. 11

GALAȚI

2025

IOSUD – UNIVERSITATEA „DUNĂREA DE JOS” DIN GALAȚI

Școala doctorală de Științe Socio-Umane



Rezumat

TEZĂ DE DOCTORAT

**Implementarea utilizării echipamentelor nespecifice în lecția de educație fizică
din ciclul liceal**

Doctorand

Șerbu Iulian

Președinte

Prof.univ.dr.habil. **IFRIM NICOLETA**
Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați

Conducător științific,

Prof.univ.dr.habil. **TALAGHIR LAURENȚIU-GABRIEL**
Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați

Referenți științifici

Prof.univ.dr.habil.

Prof.univ.dr.habil.

Prof.univ.dr.habil.

Seria SSEF: Știința Sportului și Educației Fizice Nr. X

GALAȚI

2025

Seriile tezelor de doctorat susținute public în UDJG începând cu 1 octombrie 2013 sunt:

Domeniul fundamental ȘTIINȚE INGINEREȘTI

Seria I 1:	Biotehnologii
Seria I 2:	Calculatoare și tehnologia informației
Seria I 3:	Inginerie electrică
Seria I 4:	Inginerie industrială
Seria I 5:	Ingineria materialelor
Seria I 6:	Inginerie mecanică
Seria I 7:	Ingineria produselor alimentare
Seria I 8:	Ingineria sistemelor
Seria I 9:	Inginerie și management în agricultură și dezvoltare rurală

Domeniul fundamental ȘTIINȚE SOCIALE

Seria E 1:	Economie
Seria E 2:	Management
Seria E 3:	Marketing
Seria SSEF:	Știința sportului și educației fizice
Seria SJ:	Drept

Domeniul fundamental ȘTIINȚE UMANISTE

Seria U 1:	Filologie- Engleză
Seria U 2:	Filologie- Română
Seria U 3:	Istorie
Seria U 4:	Filologie - Franceză

Domeniul fundamental MATEMATICĂ ȘI ȘTIINȚE ALE NATURII

Seria C:	Chimie
----------	---------------

Domeniul fundamental ȘTIINȚE BIOMEDICALE

Seria M:	Medicină
Seria F:	Farmacie

Cuprins

Partea I – Fundamentarea teoretică	5
Partea II A – Cercetare exploratorie	21
Partea II B – Cercetare experimentală	28
Bibliografie	38

Partea I – Fundamentarea teoretică

Educația fizică este adesea percepută ca o simplă distracție de la studiile academice; cu toate acestea, ea are un rol critic și multifacțat în dezvoltarea holistică a adolescenților. Această disciplină oferă oportunități esențiale de activitate fizică care nu numai că îmbunătățesc sănătatea fizică, ci și influențează semnificativ dezvoltarea cognitivă, bunăstarea emoțională și abilitățile sociale. Integrarea educației fizice în programele de liceu promovează sănătatea cardiovasculară și musculară, funcționarea cognitivă și interacțiunea socială, toate acestea fiind vitale pentru dezvoltarea globală a tinerilor (Strong et al., 2005a).

Din punct de vedere fiziologic, activitatea fizică regulată, susținută de programele structurate de educație fizică, este esențială pentru îmbunătățirea sănătății cardiovasculare. Aceasta crește ritmul cardiac, sporește eficiența sistemului cardiovascular și îmbunătățește funcția pulmonară (Agarwal, 2012). Aceste beneficii sunt realizate prin activități precum alergarea, înotul și diverse exerciții aerobice incluse în mod obișnuit în orele de educație fizică. În plus, exercițiile de antrenament de rezistență încorporate în aceste programe stimulează creșterea musculară și îmbunătățesc forța și rezistența, care sunt esențiale pentru reducerea riscului de leziuni și promovarea sănătății musculare generale (Haff & Triplett, 2015a; Schoenfeld, 2010).

Dincolo de avantajele fizice, educația fizică contribuie în mod semnificativ la dezvoltarea cognitivă și emoțională. Implicarea în activități fizice a fost asociată cu o mai bună concentrare, performanțe academice mai bune și o mai bună reglare emoțională, favorizând

reziliența și stima de sine în rândul adolescenților (Eime et al., 2013). În plus, participarea la sporturi de echipă și la orele de educație fizică cultivă abilitățile sociale și munca în echipă, facilitând dezvoltarea relațiilor interpersonale importante (Côté & Fraser-Thomas, 2007).

S-a demonstrat că exercițiile aerobice, cum ar fi alergarea, ciclismul și înotul, îmbunătățesc semnificativ funcția cardiacă și sporesc capacitatea pulmonară, îmbunătățind astfel capacitatea organismului de a furniza și de a utiliza eficient oxigenul (Mozaffarian et al., 2016). Astfel de activități nu numai că favorizează sănătatea cardiovasculară, dar contribuie și la îmbunătățirea rezistenței și a nivelului de energie, care sunt esențiale pentru performanța academică și participarea la activități extracurriculare.

Dincolo de avantajele cardiovasculare, educația fizică este esențială pentru promovarea sănătății musculare. Integrarea antrenamentelor de rezistență în programele de educație fizică este esențială pentru stimularea hipertrofiei musculare și pentru sporirea forței și rezistenței musculare (Schoenfeld, 2010). Implicarea în exerciții de rezistență, inclusiv ridicarea greutăților, antrenamentele cu greutate corporală și antrenamentul funcțional, servește la provocarea și dezvoltarea forței musculare, reducând astfel riscul de leziuni musculo-scheletice și îmbunătățind performanța fizică generală (Haff & Triplett, 2015b). În plus, activitatea fizică regulată joacă un rol semnificativ în menținerea unei compoziții corporale sănătoase, reducând la minimum excesul de grăsime corporală și crescând în același timp masa musculară slabă - atribute esențiale pentru funcționarea metabolică optimă și un risc redus de afecțiuni cronice precum obezitatea și diabetul de tip 2 (Ackland et al., 2018).

Educația fizică nu este doar o componentă esențială pentru sănătatea fizică, ci joacă, de asemenea, un rol esențial în dezvoltarea cognitivă și psihologică. Beneficiile activității fizice asupra funcțiilor cognitive sunt bine documentate, s-a demonstrat că exercițiile aerobice sporesc neurogeneza și plasticitatea sinaptică, care sunt esențiale pentru procesele de învățare și memorie (Healey, 1991). Implicarea în activități aerobice regulate, cum ar fi joggingul sau ciclismul, crește proliferarea neuronilor în hipocampus, o regiune a creierului asociată cu memoria și învățarea, sprijinind astfel dezvoltarea cognitivă în timpul adolescenței (Van Praag et al., 1999).

În plus, activitatea fizică este corelată în mod pozitiv cu îmbunătățirea capacității de atenție și a concentrării cognitive, care sunt esențiale pentru performanța academică. Mecanismele de bază implică stimularea eliberării neurotransmițătorilor și creșterea fluxului sanguin cerebral, îmbunătățind funcția cognitivă și procesele executive (Hillman et al., 2008). Elevii care participă la activități fizice regulate prezintă adesea perioade de atenție mai mari și performanțe academice mai bune comparativ cu colegii lor mai puțin activi, subliniind importanța integrării educației fizice în programele școlare (Donnelly et al., 2016).

Beneficiile psihologice ale educației fizice se extind la bunăstarea emoțională, eliberarea de dopamină indusă de exerciții jucând un rol crucial în îmbunătățirea învățării și a dispoziției

(Salamone & Correa, 2012). Dopamina, un neurotransmițător cheie, îmbunătățește transmisia sinaptică și plasticitatea, îmbunătățind capacitatea creierului de a reține informații și angajamentul cognitiv (Basso & Suzuki, 2017). În plus, activitatea fizică regulată modulează nivelurile de endorfine și serotonină, neurotransmițători implicați în reglarea dispoziției, reducând astfel simptomele de anxietate și depresie și îmbunătățind sănătatea mintală generală (Dishman et al., 2005a).

Educația fizică este esențială pentru îmbunătățirea sănătății cardiovasculare și musculare în rândul elevilor de liceu. Încorporarea sistemică a activității fizice structurate în cadrul educațional nu numai că aduce beneficii imediate pentru sănătate, dar promovează și obiceiuri sănătoase pe tot parcursul vieții (Strong et al., 2005b). De exemplu, s-a demonstrat că exercițiile aerobice, inclusiv alergarea și înotul, îmbunătățesc funcția cardiacă, crescând în același timp capacitatea pulmonară, facilitând astfel livrarea și utilizarea mai eficientă a oxigenului în întregul corp (Morris & Froelicher, 1993).

Exercițiile de rezistență, cum ar fi ridicarea greutăților și mișcările cu greutatea corpului, joacă un rol esențial în stimularea hipertrofiei musculare, îmbunătățind în același timp forța și rezistența musculară (Schoenfeld, 2010). Aceste adaptări fiziologice sunt vitale pentru îmbunătățirea performanței fizice generale și pentru reducerea probabilității de leziuni musculo-scheletice (Haff & Triplett, 2015b). În plus, implicarea regulată în aceste activități contribuie la menținerea unei compoziții corporale sănătoase, care implică reducerea excesului de grăsime corporală și creșterea masei musculare slabe - factori-cheie pentru optimizarea funcției metabolice și reducerea riscurilor de boli cronice, inclusiv obezitatea și diabetul de tip 2 (Houtkooper, 1996). Dovezile sugerează că activitatea fizică regulată poate duce la scăderea riscurilor de hipertensiune arterială, boală coronariană și accident vascular cerebral (Whelton et al., 2018). Impactul activității fizice se extinde dincolo de sănătatea fizică, numeroase studii legând-o de îmbunătățirea rezultatelor în materie de sănătate mintală, cum ar fi reducerea simptomelor de anxietate și depresie, promovând astfel bunăstarea generală (Dishman et al., 2005a). Acest lucru subliniază importanța intervenției timpurii și a educației cuprinzătoare privind stilul de viață în școli (Strong et al., 2005b). Aceste schimbări sunt esențiale în reducerea riscului de hipertensiune arterială (Di Francescomarino et al., 2009).

Menținerea unui indice de masă corporală (IMC) optim prin exerciții fizice regulate poate reduce stresul miocardic și probabilitatea de a dezvolta afecțiuni cardiovasculare, cum ar fi infarctul miocardic și accidentul vascular cerebral ischemic (Mozaffarian et al., 2016).

O schimbare esențială pe care o observăm adesea este reducerea ritmului cardiac în repaus. Acest lucru se datorează în mare parte creșterii tonusului parasimpatic și scăderii activității sistemului nervos simpatic ca urmare a antrenamentului aerob constant (Hautala et al., 2009). Pe lângă aceasta, volumul loviturii - cantitatea de sânge pompată de inimă cu fiecare bătaie - tinde, de asemenea, să crească. Această creștere este atribuită unei contractilități miocardice îmbunătățite și unor modele mai bune de umplere ventriculară în timpul diastolei (Plews et al., 2013).

Studiile au arătat că persoanele care se antrenează în mod regulat au, de obicei, frecvențe cardiace în repaus mai mici și volume de apoplexie mai mari, ceea ce le îmbunătățește atât capacitatea de efort, cât și sănătatea cardiovasculară generală (Wolfe & Cunningham, 1982).

Aceste modificări apar în urma expunerii prelungite la antrenament de duranță, subliniind în continuare importanța activității fizice regulate în promovarea sănătății cardiovasculare (Eijssvogels et al., 2018).

Această adaptare duce la îmbunătățirea forței și rezistenței musculare, care sunt esențiale pentru susținerea activităților de zi cu zi și a eforturilor atletice (Haff & Triplett, 2015b). În plus, antrenamentul de rezistență îmbunătățește recrutarea unităților motorii, care sunt cele mai mici unități funcționale ale contracției musculare. Această recrutare îmbunătățită crește eficiența și coordonarea contracțiilor musculare, contribuind la performanța musculară generală (Kraemer et al., 1989).

Antrenamentul regulat crește numărul de mitocondrii din celulele musculare, îmbunătățind capacitatea acestora de a produce energie prin căi aerobe și anaerobe (Folland & Williams, 2007).

Participarea la antrenamente de rezistență a fost asociată cu creșterea stimei de sine, a încrederii și a satisfacției imaginii corporale în rândul adolescenților (Melnick & Mookerjee, 1991), subliniind importanța unor programe cuprinzătoare de educație fizică care abordează beneficiile multiple ale antrenamentului de rezistență (Faigenbaum, Kraemer, et al., 2009).

Acest principiu este esențial pentru stimularea adaptării și creșterii musculare, deoarece provoacă fibrele musculare să se adapteze continuu la solicitări mai mari (Schoenfeld, 2010). Atunci când mușchii sunt supuși unor greutăți sau intensități mai mari decât capacitatea lor actuală, aceștia suferă un răspuns hipertrofic pentru a face față noilor solicitări. Aceasta implică modificări structurale și funcționale în fibrele musculare (Haff & Triplett, 2015b).

Miofibrilele, unitățile contractile ale fibrelor musculare, cresc în dimensiune și număr, ceea ce duce la creșterea forței și rezistenței musculare (Folland & Williams, 2007). Supraîncărcarea progresivă contribuie nu numai la hipertrofia miofibrilară, ci și la creșterea eficienței recrutării unităților motorii, îmbunătățind astfel adaptarea neuromusculară (Kraemer et al., 2020). Această adaptare duce la creșterea suprafeței secțiunii transversale a fibrelor musculare, care este un indicator direct al creșterii forței (Wernbom et al., 2007).

În schimb, hipertrofia sarcoplasmatică se caracterizează printr-o creștere a volumului sarcoplasmei, substanța semi-fluidă care înconjoară miofibrilele din celulele musculare (Siff, 2002). Această adaptare este adesea indusă de intervale mai mari de repetiții și de antrenamentul cu rezistență cu sarcină moderată, care sporește capacitatea mușchiului de a stoca glicogen și alte substraturi importante pentru producerea de energie (Campos et al., 2002). În timp ce hipertrofia sarcoplasmică contribuie la dimensiunea musculară, aceasta nu se poate traduce direct în câștiguri de forță, așa cum se întâmplă cu hipertrofia miofibrilară (Schoenfeld, 2010).

Încorporarea strategică a ambelor tipuri de hipertrofie în programele de antrenament poate produce îmbunătățiri cuprinzătoare ale dimensiunii și forței musculare. Această abordare holistică se aliniază cu modelele de periodizare în care diferite faze de antrenament vizează adaptări specifice, contribuind în cele din urmă la o musculatură echilibrată și funcțională (Fleck, 2003).

Antrenamentul de rezistență, atunci când este supravegheat corespunzător, promovează forța musculară, densitatea minerală osoasă și îmbunătățirea generală a compoziției corporale la adolescenți (Faigenbaum, Kraemer, et al., 2009). Această formă de antrenament favorizează adaptările neuromusculare care sunt esențiale pentru îmbunătățirea performanțelor atletice și prevenirea leziunilor (Behm et al., 2008).

În schimb, antrenamentul de anduranță vizează în primul rând condiția cardiovasculară și rezistența, promovând un sistem cardiovascular sănătos și o utilizare eficientă a energiei (Strong et al., 2005b), a capacității aerobice în urma antrenamentului de anduranță contribuie la îmbunătățirea sănătății inimii, la reducerea riscului de obezitate și la îmbunătățirea profilurilor metabolice (Rowland, 2007).

Combinarea antrenamentelor de rezistență și de anduranță poate oferi beneficii complete, sprijinind dezvoltarea holistică a adolescenților. Un program echilibrat care abordează atât rezistența, cât și rezistența cardiovasculară sprijină nu numai sănătatea fizică, ci și bunăstarea psihologică, promovând stima de sine și reducând stresul (Bull et al., 2020).

Numeroase studii au demonstrat că activitatea fizică, în special exercițiile aerobice, stimulează neurogeneza și sporește plasticitatea sinaptică, care sunt esențiale pentru funcțiile cognitive precum învățarea și memoria (Healey, 1991). Exercițiile aerobice precum joggingul și ciclismul cresc proliferarea neuronilor în hipocampus, o regiune a creierului asociată cu memoria și învățarea (Van Praag et al., 1999). Aceste activități nu sunt doar benefice pentru sănătatea creierului, ci joacă, de asemenea, un rol esențial în îmbunătățirea performanțelor academice și a retenției memoriei în rândul adolescenților (Hillman et al., 2008).

Mecanismele fiziologice care stau la baza acestor beneficii cognitive includ creșterea fluxului sanguin cerebral, eliberarea sporită de neurotransmițători și creșterea factorului neurotrofic derivat din creier (BDNF), toate acestea contribuind la îmbunătățirea eficienței neuronale și a funcției cognitive (Pontifex et al., 2015). În plus, s-a demonstrat că implicarea în activități fizice îmbunătățește durata de atenție și concentrarea cognitivă, elemente cruciale pentru succesul academic (Donnelly et al., 2016). Elevii care participă în mod regulat la orele de educație fizică prezintă adesea performanțe academice mai bune comparativ cu colegii lor mai puțin activi, subliniind importanța integrării educației fizice în programele școlare (Salamone & Correa, 2012).

Eliberarea acestor neurotransmițători indusă de exerciții fizice îmbunătățește starea de spirit, reduce simptomele de anxietate și depresie și promovează un sentiment de bunăstare (Basso & Suzuki, 2017; Dishman et al., 2005b). Activitatea fizică regulată favorizează reziliența emoțională și sănătatea mintală, echipând adolescenții cu instrumentele necesare pentru a face față stresului și provocărilor emoționale (Swann et al., 2018).

Corelația dintre educația fizică și îmbunătățirea performanțelor academice și a funcțiilor de memorie este un domeniu de cercetare important, care ilustrează impactul profund pe care activitatea fizică îl poate avea asupra dezvoltării cognitive (Hillman et al., 2008). S-a demonstrat că participarea regulată la exerciții aerobice precum alergarea, ciclismul și înotul facilitează neurogeneza, în special în hipocampus, o regiune a creierului esențială pentru procesele de învățare și memorie (Van Praag et al., 1999). Aceste exerciții stimulează eliberarea factorului neurotrofic derivat din creier (BDNF), care joacă un rol esențial în promovarea creșterii și diferențierii de noi neuroni și sinapse, îmbunătățind astfel plasticitatea creierului și funcția cognitivă (Cotman & Berchtold, 2002).

În plus, activitatea fizică regulată îmbunătățește plasticitatea sinaptică, care stă la baza învățării și memoriei (Bliss & Collingridge, 1993). Transmiterea sinaptică îmbunătățită este atribuită creșterii eliberării de neurotransmițători și sensibilității receptorilor, facilitând transmiterea sinaptică mai eficientă și consolidarea conexiunilor neuronale (Vaynman et al., 2004). Aceste adaptări neurofiziologice susțin nu numai retenția sporită a memoriei, ci și îmbunătățirea atenției și a vitezei de procesare cognitivă, care sunt cruciale pentru succesul academic (Pontifex et al., 2015).

Relația dintre activitatea fizică și performanța academică se extinde dincolo de îmbunătățirile cognitive. S-a demonstrat că exercițiile fizice cresc nivelurile de catecolamine, cum ar fi dopamina și noradrenalina, care sunt vitale pentru menținerea concentrării și a motivației în timpul sarcinilor academice (Salamone & Correa, 2012). Acești neurotransmițători îmbunătățesc funcțiile executive, inclusiv luarea deciziilor, rezolvarea problemelor și abilitățile de schimbare a sarcinilor, contribuind astfel la rezultate academice mai bune (Basso & Suzuki, 2017).

În plus, beneficiile psihologice ale eliberării de dopamină indusă de exercițiile fizice, cum ar fi îmbunătățirea dispoziției și reducerea nivelului de stres, creează un mediu optim pentru învățare și dezvoltare cognitivă. Prin reducerea simptomelor de anxietate și depresie, activitatea fizică sporește stabilitatea emoțională și reziliența, care sunt esențiale pentru a face față presiunilor și provocărilor academice (Dishman et al., 2005b).

Activitățile aerobice, cum ar fi alergarea și ciclismul, sporesc semnificativ proliferarea neuronilor în această regiune (Van Praag et al., 1999). Acest lucru este atribuit fluxului sanguin crescut și eliberării de factori neurotrofici, cum ar fi factorul neurotrofic derivat din creier (BDNF), care promovează creșterea și diferențierea neuronală (Cotman & Berchtold, 2002). Plasticitatea sinaptică, capacitatea sinapselor de a se întări sau slăbi în timp, este un alt aspect influențat pozitiv de exercițiile aerobice. Această plasticitate este vitală pentru învățarea și consolidarea memoriei, deoarece reprezintă baza celulară a acestor procese cognitive (Bliss & Collingridge, 1993).

Activitatea fizică stimulează eliberarea de neurotransmițători, cum ar fi dopamina și norepinefrina, care sunt esențiale pentru menținerea atenției și îmbunătățirea stării de spirit (Pontifex et al., 2015). În plus, creșterea fluxului sanguin cerebral indusă de exerciții fizice îmbunătățește furnizarea de oxigen și nutrienți către țesuturile cerebrale, îmbunătățind astfel activitatea neuronală și funcția cognitivă (Voss et al., 2011). Cercetările empirice sugerează că copiii și adolescenții care participă la activități fizice regulate prezintă perioade de atenție mai mari și performanțe academice mai bune comparativ cu colegii lor mai puțin activi (Donnelly et al., 2016).

Eliberarea de dopamină indusă de exerciții fizice joacă un rol crucial în îmbunătățirea învățării și a funcției cognitive. Dopamina este un neurotransmițător cheie implicat în procesarea recompenselor și în motivație, esențial pentru învățare și memorie (Wise, 2004). Activitățile fizice, în special exercițiile aerobice, declanșează eliberarea de dopamină, care, la rândul său, favorizează un mediu propice pentru învățare și angajament cognitiv (Salamone & Correa, 2012). Această eliberare este asociată cu îmbunătățirea transmisiei sinaptice și a plasticității, sporind astfel capacitatea creierului de a dobândi și reține informații. În plus, nivelurile crescute de dopamină rezultate din exerciții contribuie la îmbunătățirea stării de spirit și la reducerea stresului, factori care afectează în mod semnificativ eficiența învățării (Basso & Suzuki, 2017). Studiile empirice au arătat că persoanele care se angajează în exerciții fizice regulate demonstrează performanțe cognitive îmbunătățite și rate de învățare mai rapide (Barnes, 2015; R. J. Young, 1979). S-a demonstrat că integrarea activității fizice în rutinele zilnice ameliorează simptomele anxietății și depresiei prin modularea căilor neurochimice și îmbunătățirea stării de spirit prin eliberarea de endorfine și serotonină (Dishman et al., 2005b; Moylan et al., 2013). Endorfinele, denumite adesea analgezice naturale ale organismului, sunt neuropeptide eliberate în timpul efortului fizic care interacționează cu receptorii de opiacee din creier, reducând percepția durerii și

promovând un sentiment de euforie, cunoscut sub numele de "senzația alergătorului" (Luden et al., 2010).

În plus, activitatea fizică crește disponibilitatea triptofanului, un precursor al serotoninei, în creier, ceea ce duce la o sinteză sporită a serotoninei (Salamone & Correa, 2012). Nivelurile ridicate de serotonină sunt asociate cu îmbunătățirea stării de spirit, cu o mai bună reglare a somnului și cu un sentiment sporit de bunăstare, toate acestea contribuind la reducerea simptomelor depresive (Swann et al., 2018). Implicarea regulată în educația fizică nu numai că îmbunătățește funcția neurotransmițătorilor, dar promovează și reziliența emoțională și gestionarea stresului, oferind adolescenților instrumentele necesare pentru a face față provocărilor vieții (Bernstein & McNally, 2018).

S-a demonstrat că activitatea fizică regulată modulează activitatea axei HPA, ducând la o reglare mai eficientă a cortizolului și la o reducere a nivelurilor inițiale de cortizol (Kraemer et al., 2020). Această adaptare îmbunătățește capacitatea organismului de a gestiona stresul și de a reveni la homeostazie după expunerea la stres, reducând astfel riscul de tulburări cronice legate de stres (Tsatsoulis & Fountoulakis, 2006). Prin atenuarea efectelor adverse ale stresului, exercițiile fizice reprezintă un instrument puternic de menținere a sănătății mintale și de prevenire a apariției anxietății și depresiei (McEwen, 2008).

În plus, impactul activității fizice asupra calității somnului joacă un rol crucial în bunăstarea mentală. S-a demonstrat că exercițiile fizice reglează ritmurile circadiene, îmbunătățind tiparele de somn și sporind calitatea odihnei (Driver & Taylor, 2000). O mai bună calitate a somnului este legată de îmbunătățirea dispoziției, a funcției cognitive și de reducerea simptomelor de anxietate și depresie, subliniind interconectarea dintre activitatea fizică, somn și sănătatea mintală (Driver & Taylor, 2000). Prin îmbunătățirea igienei somnului și promovarea somnului restaurator, activitatea fizică regulată sprijină sănătatea mintală optimă și bunăstarea, contribuind la o abordare holistică a gestionării stresului, anxietății și depresiei (Kredlow et al., 2015).

Aceste beneficii subliniază importanța integrării activității fizice în mediile educaționale pentru a sprijini sănătatea mentală și bunăstarea tinerilor, oferindu-le abilitățile și resursele necesare pentru o viață sănătoasă și echilibrată (Dishman et al., 2005b; Moylan et al., 2013).

Aceste endorfine interacționează cu receptorii de opiacee din creier, reducând percepția durerii și producând un sentiment de euforie, cunoscut sub numele de "senzația alergătorului" (Dishman et al., 2005b). Acest efect este deosebit de benefic în reducerea simptomelor de anxietate și depresie, deoarece îmbunătățește starea de spirit și reduce percepția stresului (Moylan et al., 2013). Creșterea serotoninei contribuie nu numai la îmbunătățirea stării de spirit, ci și la reglarea somnului și a apetitului, oferind un beneficiu holistic pentru sănătatea mintală (Jacobs & Wright, 2018). Studiile au arătat în mod constant că activitatea fizică regulată poate duce la îmbunătățirea semnificativă a dispoziției și la reducerea simptomelor depresiei (Moylan et al., 2013).

Activitatea fizică acută induce o creștere tranzitorie a nivelului de cortizol, care este un răspuns fiziologic normal la stresul exercițiilor și este necesară pentru mobilizarea substraturilor energetice (Hill et al., 2008). Cu toate acestea, s-a demonstrat că implicarea cronică în exercițiu duce la un răspuns mai reglementat și mai eficient al axei HPA (Stranahan et al., 2008).

Acest lucru este deosebit de benefic, deoarece nivelurile ridicate de cortizol pe perioade prelungite sunt asociate cu rezultate negative pentru sănătate, inclusiv riscul crescut de anxietate, depresie și tulburări metabolice (McEwen, 2008). Prin influențarea reglării cortizolului, exercițiile fizice acționează ca un tampon împotriva stresului și sporesc reziliența, contribuind la îmbunătățirea sănătății mintale și a bunăstării generale (Tsatsoulis & Fountoulakis, 2006).

Calitatea somnului este strâns legată de bunăstarea mentală, iar activitatea fizică este o metodă dovedită pentru îmbunătățirea ambelor. Activitatea fizică regulată ajută la reglarea ritmului circadian, ceasul intern al organismului care dictează ciclurile somn-veghe, prin promovarea unui model de somn mai consistent și îmbunătățirea calității somnului (Driver & Taylor, 2000). Exercițiile fizice cresc timpul petrecut în somnul cu unde lente, faza de somn profund, care este esențială pentru recuperarea fizică și funcția cognitivă (Dworak et al., 2007).

În mediile educaționale, s-a demonstrat că încorporarea jocurilor cooperative în programele de educație fizică promovează un mediu social mai incluziv și mai pozitiv, reducând incidentele de intimidare și excludere socială (Bruner et al., 2014).

Sporturile competitive, caracterizate prin accentul pus pe victorie și pe depășirea performanțelor adversarilor, sunt adesea lăudate pentru predarea unor abilități de viață valoroase, cum ar fi disciplina, stabilirea obiectivelor și perseverența (Coakley, 2015). Cu toate acestea,

presiunea de a câștiga poate duce, de asemenea, la rezultate negative, cum ar fi creșterea stresului și a anxietății și, în unele cazuri, poate încuraja un spirit competitiv nesănătos sau agresivitatea (Gould & Carson, 2008).

În schimb, sporturile necompetitive pun accentul pe creșterea personală, pe plăcere și pe dezvoltarea abilităților în detrimentul câștigului. Aceste activități promovează un mediu mai relaxat și fără stres, în care participanții se pot angaja în activități fizice fără presiunile asociate competiției (Anderson-Butcher, 2019). Prin implicarea într-o varietate de sporturi, tinerii își pot dezvolta reziliența, adaptabilitatea și un set complet de abilități care le sprijină dezvoltarea fizică, emoțională și socială (Coakley, 2015).

Disciplina în sport și educație fizică este cultivată prin practică consecventă, respectarea regulilor și angajamentul necesar pentru îmbunătățirea abilităților și atingerea obiectivelor personale și de echipă (Weinberg & Gould, 2021). Această disciplină se transpune în alte domenii ale vieții, inclusiv în mediul academic și în carieră, deoarece persoanele învață valoarea muncii asidue și a perseverenței în obținerea succesului (Duckworth et al., 2007). Adolescenții care participă la sport dezvoltă adesea o rutină structurată care echilibrează antrenamentele, competițiile și responsabilitățile personale, consolidând abilitățile de gestionare a timpului și capacitatea de a prioritiza eficient sarcinile (Larson, 2000).

Reziliența, sau capacitatea de a recupera după eșecuri și de a se adapta la situații dificile, este o altă trăsătură esențială dezvoltată prin sport. Sportivii se confruntă frecvent cu obstacole precum accidentările, pierderile și platourile de performanță, care le impun să mențină o atitudine pozitivă și să persiste în eforturile lor (Fletcher & Sarkar, 2012). Această reziliență este susținută de strategii cognitive și emoționale învățate în sport, cum ar fi rezolvarea problemelor, stabilirea obiectivelor și gestionarea stresului, care sunt aplicabile în diverse situații de viață (Galli & Vealey, 2008). Experiența depășirii adversității în sport insuflă adolescenților un sentiment de încredere și de autoeficacitate, permițându-le să facă față provocărilor viitoare cu determinare și reziliență (Martin-Krumm et al., 2003).

Sportivii sunt motivați să își îmbunătățească performanțele prin practică deliberată, care implică stabilirea unor obiective specifice, provocatoare și căutarea continuă de feedback pentru îmbunătățirea abilităților (Ericsson et al., 1993). Această dedicare pentru îmbunătățire promovează o mentalitate de creștere, în care indivizii consideră provocările drept oportunități de învățare, mai degrabă decât obstacole insurmontabile (Dweck, 2006). O etică solidă a muncii este cultivată și prin munca în echipă și colaborare, deoarece indivizii învață să contribuie la obiectivele colective și să își sprijine colegii, consolidând importanța cooperării și a respectului reciproc (Côté & Gilbert, 2009).

În plus, lecțiile învățate prin sport și educație fizică se extind până la vârsta adultă, contribuind la creșterea și împlinirea personală pe tot parcursul vieții (BAILEY et al., 1995).

Cercetările indică faptul că persoanele care participă în mod regulat la activități fizice raportează niveluri mai scăzute de stres perceput și o reziliență psihologică mai ridicată (Lubans et al., 2016). Acest lucru este atribuit eliberării fiziologice de endorfine și factori neurotrofici în timpul efortului fizic, care îmbunătățesc starea de spirit și funcția cognitivă (Dishman et al., 2005b). În plus, aspectul social al implicării în activități fizice de grup contribuie la îmbunătățirea rezultatelor privind sănătatea mintală prin promovarea unui sentiment de apartenență și sprijin (Eime et al., 2013).

Urmărirea progreselor, pe de altă parte, joacă un rol esențial în menținerea motivației prin oferirea de dovezi tangibile ale realizărilor și prin evidențierea domeniilor de îmbunătățire (Zimmerman & Kitsantas, 1997). Feedback-ul regulat obținut prin urmărirea progreselor ajută persoanele să își ajusteze strategiile, asigurându-se că rămân pe drumul cel bun pentru atingerea obiectivelor pe termen lung (Bandura, 1991). Acest proces nu numai că ajută la menținerea responsabilității, dar promovează, de asemenea, o mentalitate de creștere, deoarece persoanele învață să privească provocările mai degrabă ca oportunități de îmbunătățire decât ca obstacole (Dweck, 2006). Stabilirea obiectivelor și urmărirea progreselor sunt deosebit de benefice pentru adolescenți, care se află într-o fază critică de dezvoltare a identității și a conceptului de sine (Martin et al., 2018). Integrarea stabilirii obiectivelor și a urmăririi progreselor în programele de educație fizică poate spori semnificativ implicarea și rezultatele elevilor, promovând o abordare proactivă a sănătății fizice și mentale (Ferrer-Caja & Weiss, 2000).

Diferențierea între abilitățile motorii grosiere și fine nu se bazează doar pe dimensiunea grupurilor musculare implicate, ci și pe nivelul de coordonare necesar și pe tipul de control neuronal exercitat în timpul mișcării (Raisbeck & Diekfuss, 2015). Înțelegerea acestei diferențieri

îi ajută pe educatori și terapeuți să conceapă intervenții specifice pentru a sprijini dezvoltarea abilităților motorii la adolescenți, în special la cei cu întârzieri în dezvoltare sau cu dificultăți în dezvoltarea abilităților motorii (Sugden et al., 2013). Interacțiunea dintre aceste abilități motorii evidențiază complexitatea dezvoltării motorii și necesitatea unor abordări cuprinzătoare în programele de educație fizică pentru a promova atât abilitățile motorii grosiere, cât și cele fine (Behringer et al., 2011).

Acțiunile reflexe, cum ar fi reflexul Moro sau reflexul de prindere, sunt răspunsuri automate la stimuli specifici și sunt prezente de la naștere. Aceste mișcări sunt esențiale în timpul copilăriei, deoarece asigură supraviețuirea și interacțiunea inițială cu mediul (Hadders-Algra, 2013).

Pe măsură ce copiii cresc, reflexele se integrează treptat în acțiuni motorii voluntare mai complexe. Acest proces de integrare este esențial pentru dezvoltarea mișcărilor coordonate și intenționate și este un indicator cheie al maturizării neurologice (Thelen, 2005). În adolescență, rafinarea și controlul mișcărilor reflexive sunt necesare pentru activitățile care necesită răspunsuri rapide și control motor fin, cum ar fi cele din sport și muzică (Mandich et al., 2003). Mișcărilor reflexive servesc drept elemente de bază pentru abilități motorii mai avansate, contribuind la dezvoltarea echilibrului, coordonării și agilității (Shumway-Cook & Woollacott, 2007).

Studiile neurologice subliniază rolul mișcărilor reflexive în dezvoltarea căilor motorii și stabilirea modelelor motorii prin activare repetată (Piek & Dyck, 2004). Maturizarea implică diferențierea căilor neuronale și mielinizarea axonilor, esențiale pentru transmiterea neuronală eficientă și coordonarea sarcinilor motorii complexe (Fields, 2008). Cortexul prefrontal, care continuă să se maturizeze în timpul adolescenței, joacă un rol esențial în luarea deciziilor și în abilitățile de planificare, influențând în mod direct performanțele motorii (Kami et al., 1995). Integrarea informațiilor senzoriale și reglarea fină a activităților motorii sunt susținute de conectivitatea sporită dintre diferitele regiuni ale creierului, ceea ce duce la îmbunătățirea controlului motor și a învățării (Gogtay et al., 2004). Modificările hormonale din timpul adolescenței accelerează și mai mult maturizarea circuitelor neuronale, facilitând tranziția de la modelele motorii simple la cele mai sofisticate (Sisk & Foster, 2004).

Mediul furnizează intrările senzoriale necesare pentru perfecționarea abilităților motorii, provocând persoanele să își adapteze mișcărilor și strategiile, facilitând astfel schimbările neuroplastice care stau la baza învățării (Schmidt et al., 2018). Participarea la sporturi și activități care necesită luarea rapidă a deciziilor și adaptarea la schimbări dinamice sporește coordonarea motorie și agilitatea, contribuind la îmbunătățirea performanțelor atletice (Ericsson et al., 1993). Interacțiunile sociale, setările fizice și progresele tehnologice contribuie fiecare în mod unic la procesul de învățare, oferind medii variate și provocatoare care promovează învățarea motrică și creșterea cognitivă (Magill & Anderson, 2010).

Prin expunerea repetată la sarcini, persoanele pot consolida căile motorii, ducând la îmbunătățirea preciziei, vitezei și eficienței abilităților (Karni et al., 1998). Activitățile care necesită perfecționarea abilităților, cum ar fi cântatul la instrumente muzicale sau sportul, necesită un angajament constant, stimulând circuitele neuronale implicate în controlul motor și ducând la modificări funcționale și structurale ale creierului (Pascual-Leone et al., 1995). Activarea repetată a acestor circuite sporește puterea și eficiența sinaptică, facilitând consolidarea abilităților motorii și păstrarea lor în timp (Dayan & Cohen, 2011). Practica repetitivă încurajează, de asemenea, recrutarea de noi unități motorii, sprijinind dezvoltarea abilităților și adaptabilitatea, care este esențială pentru atingerea unor niveluri ridicate de competență în sarcini complexe (Nudo et al., 1996).

Înțelegerea acestor procese oferă perspective valoroase în proiectarea intervențiilor care sprijină dezvoltarea motorie optimă, promovând implicarea în activitatea fizică pe tot parcursul vieții și sporind bunăstarea generală (Sibley & Etnier, 2003). Valorificând plasticitatea inerentă a creierului, educatorii și antrenorii pot dezvolta programe de antrenament eficiente care îmbunătățesc dobândirea abilităților, sprijinind dezvoltarea holistică a adolescenților (Ericsson et al., 1993).

Acest proces de maturizare implică diferențierea căilor neuronale și mielinizarea axonilor, care sunt esențiale pentru transmiterea neuronală eficientă și coordonarea sarcinilor motorii complexe (Fields, 2008). În timpul adolescenței, creierul suferă modificări semnificative, inclusiv tunderea sinaptică și creșterea conectivității între diferite regiuni ale creierului, îmbunătățind funcțiile cognitive și motorii (Gogtay et al., 2004). Aceste evoluții neurologice sunt esențiale pentru dobândirea și perfecționarea abilităților motorii, deoarece permit reglarea fină a activităților motorii

și integrarea informațiilor senzoriale (Gogtay et al., 2004). Maturizarea progresivă a cortexului prefrontal, care are loc în timpul adolescenței, este legată de îmbunătățirea capacităților de luare a deciziilor și de planificare, influențând în mod direct performanța abilităților motorii (Del Vecchio et al., 2019). Influența modificărilor hormonale din această perioadă accelerează și mai mult maturizarea circuitelor neuronale, facilitând trecerea de la modele motorii simple la cele mai sofisticate (Sisk & Foster, 2004).

Înțelegerea acestor procese oferă perspective valoroase în proiectarea intervențiilor care susțin dezvoltarea motorie optimă în timpul acestei faze critice de creștere (Magill & Anderson, 2010). Dezvoltarea programelor eficiente de educație fizică care se aliniază la capacitățile neurologice ale adolescenților poate îmbunătăți dobândirea abilităților motorii și poate promova implicarea în activități fizice pe tot parcursul vieții (Sibley & Etnier, 2003).

Mediul oferă intrările senzoriale necesare pentru perfecționarea abilităților motorii, pe măsură ce adolescenții interacționează și se adaptează la contexte variate (Newell, 1989). Disponibilitatea și diversitatea stimulilor pot îmbunătăți dobândirea abilităților motorii, deoarece îi provoacă pe indivizi să își adapteze mișcările și strategiile, facilitând schimbările neuroplastice care stau la baza învățării (Schmidt et al., 2018). Astfel de stimuli includ interacțiunile sociale, setările fizice și progresele tehnologice, fiecare contribuind la procesul de învățare în moduri unice (Magill & Anderson, 2010).

Impactul stimulilor de mediu asupra învățării motorii este evident în dezvoltarea abilităților perceptiv-motorii, unde capacitatea de a anticipa și de a răspunde la schimbările dinamice este esențială pentru performanță (Di Tore et al., 2016). De exemplu, participarea la sporturi și activități fizice care necesită luarea rapidă a deciziilor și adaptarea la mișcările adversarilor poate spori coordonarea motorie și agilitatea. Aceste experiențe contribuie la viteza de procesare cognitivă și la capacitatea de a executa secvențe motorii complexe, îmbunătățind în cele din urmă performanța athletică și abilitățile motorii generale (Ericsson et al., 1993).

În plus, mediile îmbogățite care oferă diverse experiențe de mișcare și intrări senzoriale pot stimula plasticitatea creierului, îmbunătățind conectivitatea sinaptică și dezvoltarea căilor motorii (Greenough et al., 1987). Acest lucru subliniază importanța de a oferi adolescenților medii variate și provocatoare care promovează învățarea motorie și creșterea cognitivă. Programele educaționale și recreative care încorporează o gamă largă de activități, de la sporturi de echipă la provocări individuale, pot favoriza dezvoltarea de abilități motorii versatile și pot încuraja activitatea fizică pe tot parcursul vieții (Biddle et al., 2004).

Neuroplasticitatea se referă la capacitatea creierului de a se reorganiza prin formarea de noi conexiuni neuronale ca răspuns la învățare și experiență (Kleim & Jones, 2008). Această capacitate de adaptare este deosebit de pronunțată în timpul adolescenței, o perioadă marcată de restructurare și creștere neuronală semnificativă. Prin practica repetitivă, adolescenții pot consolida căile motorii, ducând la îmbunătățirea preciziei, vitezei și eficienței abilităților (Karni et al., 1998).

În plus, practica repetitivă nu numai că consolidează căile neuronale existente, dar încurajează și recrutarea de noi unități motorii, susținând în continuare dezvoltarea abilităților și adaptabilitatea (Nudo et al., 1996). Programele educaționale care pun accentul pe practica repetitivă, cum ar fi cele din educație fizică și sport, pot contribui semnificativ la dezvoltarea unor abilități motorii robuste și pot încuraja implicarea pe tot parcursul vieții în activități fizice (Schmidt et al., 2018). Valorificând plasticitatea inerentă a creierului, educatorii și antrenorii pot concepe programe de antrenament eficiente care îmbunătățesc dobândirea de abilități și favorizează o înțelegere mai profundă a proceselor motorii care stau la baza acestora (Ericsson et al., 1993).

Antrenamentul de forță în timpul adolescenței poate duce la îmbunătățiri substanțiale ale forței, rezistenței și puterii musculare, contribuind semnificativ la performanța fizică generală și la prevenirea leziunilor (Faigenbaum, Kraemer, et al., 2009). Faza adolescenței este marcată de o creștere rapidă și de dezvoltarea scheletului, iar antrenamentul de rezistență poate contribui la sănătatea oaselor prin creșterea densității minerale osoase. Această influență pozitivă asupra sistemului scheletic este esențială pentru reducerea riscului de osteoporoză la sfârșitul vieții (Faigenbaum, Kraemer, et al., 2009).

. Acest lucru se realizează printr-o combinație de tensiune mecanică, leziuni musculare și stres metabolic, care promovează împreună sinteza proteinelor musculare (Schoenfeld, 2010). Implicarea regulată în exerciții de rezistență nu numai că sporește dimensiunea și forța musculară,

dar îmbunătățește și coordonarea neuromusculară, permițând adolescenților să îndeplinească sarcini fizice cu o eficiență mai mare și un risc redus de accidentare (Haff & Triplett, 2015b).

Eliberarea endorfinelor și a altor substanțe neurochimice în timpul exercițiilor fizice joacă un rol în creșterea bunăstării psihologice și în reducerea simptomelor de anxietate și depresie, care sunt predominante în această etapă de dezvoltare (Lubans et al., 2016). În plus, disciplina necesară pentru un antrenament regulat insuflă abilități de viață valoroase, cum ar fi stabilirea obiectivelor, perseverența și gestionarea timpului, care sunt aplicabile dincolo de sala de sport și în domeniul academic și personal (Lloyd et al., 2014).

Preocupări precum potențialul de accidentare sau concepția greșită conform căreia ridicarea greutăților ar putea întârzia creșterea au fost dezmințite de cercetări, care indică faptul că, atunci când este supravegheat în mod corespunzător și executat cu accent pe tehnică, antrenamentul de forță este sigur și benefic pentru adolescenți (Faigenbaum, Kraemer, et al., 2009). Programele structurate ar trebui să pună accentul pe progresia treptată, începând cu greutăți mai ușoare și avansând pe măsură ce forța și competența individului se îmbunătățesc, asigurând dezvoltarea unui profil de fitness complet care include componente de fitness aerobic, flexibilitate și forță (Benjamin & Glow, 2003).

În cele din urmă, rolul exercițiilor cu greutăți corporale în dezvoltarea forței în rândul adolescenților nu ar trebui subestimat. Aceste exerciții, cum ar fi flotările, tracțiunile și genuflexiunile, oferă un mijloc practic și eficient de îmbunătățire a condiției musculare fără a fi nevoie de echipamente specializate, ceea ce le face accesibile și ideale pentru persoanele tinere (Lloyd et al., 2014).

Antrenamentul sistematic de rezistență ajută la dezvoltarea forței, rezistenței și puterii musculare, care contribuie la îmbunătățirea performanței fizice și la prevenirea rănilor (Faigenbaum, Kraemer, et al., 2009). Adolescența este o perioadă critică pentru dezvoltarea oaselor, iar antrenamentul de rezistență sprijină sănătatea oaselor prin creșterea densității minerale osoase și stimularea creșterii oaselor, reducând astfel riscul de osteoporoză la vârsta adultă (Faigenbaum, Kraemer, et al., 2009).

În plus, antrenamentul de rezistență are beneficii psihologice semnificative, inclusiv îmbunătățirea stimei de sine, a imaginii corporale și a reglării dispoziției. Adolescenții care participă în mod regulat la antrenamente de rezistență raportează niveluri mai ridicate de încredere în sine și simptome reduse de anxietate și depresie, parțial datorită eliberării de endorfine și alte substanțe neurochimice în timpul exercițiilor (Lubans et al., 2016).

Acest lucru este deosebit de important, deoarece contribuie la prevenirea obezității și a diabetului de tip 2, care reprezintă probleme de sănătate din ce în ce mai mari în rândul adolescenților (Benson et al., 2008). În plus, antrenamentul structurat de rezistență încurajează disciplina, stabilirea obiectivelor și abilitățile de gestionare a timpului, care sunt transferabile la dezvoltarea academică și personală (Lloyd et al., 2014).

Programele ar trebui să fie individualizate în funcție de vârstă, experiența și maturitatea fizică a tânărului, punând accentul pe calitatea mișcării și nu pe cantitatea de greutate ridicată (Faigenbaum, Kraemer, et al., 2009). Antrenamentul de forță eficient include o combinație de exerciții care vizează principalele grupe musculare, încorporând atât exerciții de rezistență, cât și exerciții de greutate corporală pentru a îmbunătăți dezvoltarea musculară generală și coordonarea (Lloyd & Oliver, 2012).

Dovezile actuale susțin că antrenamentul de forță, atunci când este implementat corect, nu are un impact negativ asupra creșterii înălțimii, ci în schimb întărește oasele și mușchii, contribuind la dezvoltarea fizică generală (Lloyd et al., 2014). Furnizarea de informații exacte și de orientări bazate pe dovezi poate încuraja mai mulți adolescenți să participe la activități benefice de antrenament de forță, promovând în cele din urmă obiceiuri de fitness pe tot parcursul vieții (Faigenbaum, 2007).

Antrenamentul de forță în timpul adolescenței poate duce la numeroase beneficii fizice și psihologice atunci când este efectuat în siguranță. Este esențial să se stabilească orientări adecvate vârstei pentru a maximiza beneficiile și a minimiza riscurile. Conform Academiei Americane de Pediatrie, antrenamentul de forță al tinerilor ar trebui să se concentreze pe tehnica și forma corespunzătoare, mai degrabă decât pe ridicarea greutăților maxime, pentru a preveni leziunile și a promova o dezvoltare musculo-scheletică sănătoasă (Faigenbaum, 2007). Asigurarea faptului că tinerii sunt supravegheați de profesioniști instruiți care pot oferi programe personalizate

este esențială pentru promovarea unei experiențe pozitive și sigure de antrenament de forță (Lloyd et al., 2014).

Cercetările subliniază importanța suprasolicitării progresive, care implică creșterea treptată a rezistenței sau a intensității, pentru a stimula adaptarea musculară, evitând în același timp suprasolicitarea și accidentarea (Behm et al., 2008). Programele de antrenament ar trebui să includă un echilibru între activitățile aerobice, flexibilitatea și exercițiile de forță pentru a dezvolta un profil de fitness complet și a susține sănătatea cardiovasculară și musculo-scheletică (Benjamin & Glow, 2003). Integrarea exercițiilor de greutate corporală și a benzilor de rezistență poate fi, de asemenea, benefică, în special pentru copiii mai mici care încă își dezvoltă coordonarea și echilibrul (Granacher et al., 2011).

Cercetările actuale indică faptul că atunci când sunt efectuate corect și sub supraveghere, antrenamentele de forță nu au un impact negativ asupra creșterii în înălțime sau asupra dezvoltării oaselor (Lloyd et al., 2014). De fapt, participarea regulată la ridicarea greutăților poate spori densitatea osoasă, ceea ce este esențial în timpul adolescenței, când se stabilește masa osoasă maximă (Faigenbaum, Kraemer, et al., 2009).

Deși riscul de rănire există în orice activitate fizică, studiile demonstrează că incidența rănilor în antrenamentele de forță ale tinerilor este relativ scăzută atunci când sunt aplicate tehnici și măsuri de siguranță adecvate (Faigenbaum, Kraemer, et al., 2009).

Eficacitatea exercițiilor cu greutate corporală constă în capacitatea acestora de a angaja simultan mai multe grupe musculare, favorizând îmbunătățirea rezistenței funcționale care sprijină mișcările de zi cu zi și eforturile atletice (Behm et al., 2008). Exercițiile cu greutate corporală pot fi, de asemenea, ușor modificate pentru a se potrivi cu nivelul de pregătire fizică al unei persoane, permițând o progresie care este atât provocatoare, cât și aliniată cu obiectivele de creștere personală (Faigenbaum, 2007). În plus, aceste exerciții pot fi integrate în rutinele de antrenament în circuit, îmbunătățind condiția cardiovasculară alături de forța musculară, oferind astfel un antrenament complet care aduce beneficii sănătății generale (Faigenbaum, Farrell, et al., 2009).

În plus, implicarea în exerciții cu greutate corporală poate spori, de asemenea, rezistența mentală și autoeficacitatea, deoarece adolescenții își stabilesc și își ating obiectivele personale de fitness (Lubans et al., 2016). Educatorii și antrenorii sunt încurajați să includă exercițiile cu greutate corporală în programele de educație fizică și în programele de pregătire sportivă, deoarece aceste exerciții nu numai că promovează dezvoltarea forței, dar încurajează și obiceiurile de fitness pe tot parcursul vieții (Lloyd et al., 2014).

Aceste adaptări cuprind interacțiuni complexe între sistemul nervos central (SNC) și mușchi, având ca rezultat recrutarea îmbunătățită a unităților motorii, coordonarea musculară și forța musculară generală (Enoka & Duchateau, 2017).

Procesul adaptărilor neuromusculare este susținut de plasticitatea neuronală, care se referă la capacitatea SNC de a-și adapta structura și funcția ca răspuns la stimulii de antrenament (Dayan & Cohen, 2011). În timpul antrenamentului de rezistență, creșterea antrenamentului neuronal îmbunătățește recrutarea unităților motorii și sincronizarea focului, ceea ce duce la o producție mai mare de forță (Del Vecchio et al., 2019). Această transformare fiziologică implică, de asemenea, schimbări în joncțiunea neuromusculară, cum ar fi creșterea densității receptorilor de acetilcolină, facilitând o transmisie neuronală mai eficientă (R Deschenes, 2011).

Adaptările neuronale sunt completate de adaptările musculare, inclusiv hipertrofia și modificările în compoziția fibrelor musculare. Antrenamentul de rezistență stimulează hipertrofia în principal a fibrelor musculare de tip II, sporind forța și puterea de ieșire (Schoenfeld, 2010). În plus, proliferarea celulelor satelit contribuie la creșterea musculară prin furnizarea de noi nuclee pentru fibrele musculare, susținând sinteza crescută a proteinelor (Kadi et al., 2005).

Coordonarea și echilibrul sunt, de asemenea, îmbunătățite semnificativ prin adaptări neuromusculare. Antrenamentul îmbunătățește acuitatea proprioceptivă și viteza de procesare a SNC, conducând la o mai bună stabilitate a articulațiilor și la un echilibru dinamic mai bun (Shumway-Cook & Woollacott, 2007).

Încărcăturii și o mai bună eficiență a mișcărilor, reducând probabilitatea leziunilor musculo-scheletice (Behm et al., 2008). Regimurile de antrenament structurate care pun accentul pe supraîncărcarea progresivă și optimizarea tehnicii pot valorifica eficient aceste adaptări, susținând dezvoltarea fizică generală și potențialul athletic pe termen lung (Behm et al., 2008).

În timpul antrenamentului de rezistență, expunerea repetată la sarcini crescute sporește unitatea neuronală, îmbunătățind recrutarea și sincronizarea unității motorii (Enoka & Duchateau,

2017). Studiile au arătat că adolescenții angajați în antrenamente regulate de forță prezintă modele îmbunătățite de activare a unităților motorii, contribuind semnificativ la îmbunătățirea performanței și a coordonării (Del Vecchio et al., 2019). În plus, recrutarea și frecvența de ardere a acestor unități motorii îmbunătățesc rata de dezvoltare a forței, ceea ce este esențial pentru sporturile care necesită mișcări rapide și explozive (Cormie et al., 2011).

Prin optimizarea activării neuronale și a coordonării musculare, adolescenții pot gestiona mai eficient sarcinile externe și situațiile dinamice, reducând probabilitatea leziunilor musculo-scheletice (Behm et al., 2008). Implementarea unor programe structurate și progresive de antrenament de forță adaptate tinerilor poate promova în mod eficient aceste adaptări neuromusculare, susținând dezvoltarea fizică generală și potențialul athletic (Behm et al., 2008).

Această plasticitate permite sistemului nervos să se adapteze la noi experiențe și cerințe, îmbunătățind eficiența căilor motorii și conexiunile sinaptice (Dayan & Cohen, 2011). Prin activități precum antrenamentul de rezistență și sporturile bazate pe abilități, adolescenții experimentează adaptări neuronale care îmbunătățesc coordonarea, echilibrul și abilitățile motorii generale (Karni et al., 1998).

Implicarea regulată în activități fizice variate încurajează capacitatea de adaptare a creierului, ducând la perfecționarea abilităților motorii și la îmbunătățirea eficienței mișcărilor (Pascual-Leone et al., 1995). Aceste adaptări sunt esențiale pentru optimizarea performanțelor atletice și sprijină dezvoltarea modelelor motorii complexe necesare pentru diverse sporturi (Nudo et al., 1996). Educatorii și antrenorii pot profita de această înțelegere pentru a concepe programe de formare cuprinzătoare care îmbunătățesc dobândirea abilităților motorii și promovează activitatea fizică pe tot parcursul vieții (Ericsson et al., 1993).

Concentrându-se pe recrutarea unităților motorii și pe plasticitatea neuronală, programele de antrenament pot fi adaptate pentru a sprijini dezvoltarea fizică holistică a adolescenților, promovând o bază pentru sănătate și fitness pe tot parcursul vieții (Enoka & Duchateau, 2017).

Această adaptare rezultă din expunerea repetată la exerciții de rezistență, ducând la o forță și o eficiență musculară mai mare (Enoka & Duchateau, 2017). Adolescenții angajați în programe regulate de antrenament de forță prezintă modele îmbunătățite de activare a unităților motorii, contribuind la îmbunătățirea performanței și coordonării musculare (Del Vecchio et al., 2019). În plus, recrutarea crescută și frecvența de ardere a unităților motorii îmbunătățesc rata de dezvoltare a forței, ceea ce este deosebit de benefic în sporturi și activități care necesită mișcări rapide și explozive (Cormie et al., 2011).

Viteza, definită ca fiind capacitatea de a se deplasa rapid pe sol sau de a executa mișcări specifice într-un interval scurt de timp, este influențată atât de predispozițiile genetice, cât și de condițiile de mediu (Sheppard & Young, 2006). Dezvoltarea vitezei este condiționată de competența contracțiilor musculare, care poate fi îmbunătățită prin intervenții de antrenament specifice, cum ar fi exercițiile de sprint, pliometria și antrenamentul de rezistență (Bottinelli & Reggiani, 2000; Cormie et al., 2011).

Antrenamentul agilității include adesea exerciții pe scări, exerciții cu conuri și modele de mișcare specifice sportului, toate concepute pentru a îmbunătăți echilibrul, coordonarea și răspunsul reflex, care sunt esențiale pentru o agilitate eficientă (Sheppard & Young, 2006). Antrenamentul pentru îmbunătățirea timpului de reacție implică exerciții care încorporează stimuli vizuali și auditivi, antrenând sistemul nervos central să proceseze rapid informațiile și să ia decizii rapide sub presiune (J. H. Williams et al., 2025).

Integrarea unui antrenament complet de viteză, agilitate și timp de reacție în programele sportive asigură sportivilor dezvoltarea întregului lor potențial, obținând un avantaj competitiv în sporturile lor respective (Gamble, 2013).

Modalitățile specifice de antrenament sunt concepute pentru a adapta pregătirea unui sportiv la cerințele unice ale unui anumit sport, concentrându-se pe mișcările exacte, sistemele energetice și abilitățile necesare pentru o performanță optimă (Gamble, 2013). De exemplu, un jucător de baschet s-ar putea angaja în exerciții pliometrice pentru a îmbunătăți puterea explozivă și saltul vertical, în beneficiul direct al performanței sale în jocuri (Memmert & Roth, 2007). Aceste modalități sunt esențiale pentru sportivii care doresc să exceleze în medii competitive în care aplicarea precisă a abilităților este esențială (Miller, 2023).

Acest tip de antrenament se caracterizează prin activități care îmbunătățesc condiția fizică generală, cum ar fi rezistența cardiovasculară, echilibrul muscular și coordonarea neuromusculară, care sunt aplicabile într-o varietate de sporturi și activități (Thompson et al., 2025). Versatilitatea

antrenamentului nespecific îi permite să fie integrat mai larg în programele de educație fizică, adresându-se elevilor cu diverse interese și abilități sportive (Memmert & Roth, 2007).

Antrenamentul specific se concentrează strict pe optimizarea performanței într-un anumit sport, implicând adesea exerciții repetitive care pun la punct abilitățile și memoria musculară (Newell, 1989). Aceste sesiuni sunt cruciale atunci când sportivii se pregătesc pentru competiții sau caută să îmbunătățească anumite aspecte tehnice ale performanței lor (Memmert & Roth, 2007).

Aceasta poate include activități precum antrenamentul în circuit, yoga sau antrenamentul în intervale de intensitate ridicată (HIIT), care îmbunătățește rezistența, flexibilitatea și forța unui elev (Cormie et al., 2011). În plus, adaptabilitatea antrenamentelor nespecifice sprijină integrarea educației fizice în programe educaționale mai largi, încurajând elevii să se angajeze în activități fizice pe tot parcursul vieții (Smith et al., 2023)(Smith, 2023).

Acest lucru asigură faptul că elevii dezvoltă un set de abilități fizice bine încheiate, pregătindu-i în același timp pe cei interesați să urmeze sporturi competitive cu abilitățile specifice de care au nevoie (Anderson-Butcher, 2019). Educatorii sunt încurajați să evalueze nevoile unice ale populațiilor lor de studenți și să personalizeze programele de formare pentru a echilibra în mod eficient aceste aspecte diferite (Miller, 2023), acest tip de antrenament este conceput pentru a îmbunătăți performanțele într-un domeniu specific, vizând exact mușchii și abilitățile necesare pentru succesul competițional (Smith et al., 2023). De exemplu, un înotător se poate angaja în antrenamente specifice prin efectuarea de exerciții care reproduc mișcările folosite în competiție, îmbunătățind astfel memoria musculară și eficiența mișcărilor (Gamble, 2013).

Antrenamentul nespecific se bazează pe convingerea că pregătirea fizică generală poate îmbunătăți performanța sportivă generală prin dezvoltarea unei game largi de capacități fizice (Brown et al., 2022). Această formă de antrenament poate implica activități precum antrenamentul încrucișat, în care sportivii se angajează în diferite sporturi sau exerciții pentru a dezvolta abilități și niveluri de pregătire variate. Cercetările indică faptul că antrenamentul nespecific poate spori adaptabilitatea și reziliența athletică prin promovarea unui sistem musculo-scheletal și neuromuscular robust (Pourciau, 2008).

Distincția între pregătirea specifică și cea nespecifică este esențială pentru instructorii de educație fizică care urmăresc să dezvolte programe de pregătire cuprinzătoare care să răspundă nevoilor diverse ale elevilor (Miller, 2023). În timp ce antrenamentul specific este esențial pentru perfecționarea abilităților specializate, antrenamentul nespecific poate servi ca un instrument valoros pentru dezvoltarea condiției fizice generale și susținerea sănătății pe tot parcursul vieții (Whitehead, 2011).

Această adaptabilitate este legată de îmbunătățirea eficienței neuromusculare, care este dezvoltată prin provocări fizice variate care încurajează organismul să răspundă eficient la stimuli diverși (Smith et al., 2023). În plus, antrenamentul nespecific promovează prevenirea leziunilor, deoarece include adesea exerciții care îmbunătățesc stabilitatea articulațiilor și echilibrul muscular, reducând astfel riscul leziunilor de suprasolicitare asociate cu mișcările repetitive, specifice sportului (Zatsiorsky, 2000).

Atunci când sportivii se angajează în exerciții nespecifice, ei dezvoltă o gamă largă de capacități fizice, cum ar fi forța, rezistența și coordonarea, care pot fi benefice în diverse discipline sportive (Güllich, 2018). De exemplu, un atlet antrenat în echilibru și agilitate prin metode nespecifice poate găsi aceste abilități avantajoase atât în fotbal, cât și în baschet, unde schimbările rapide de direcție sunt esențiale (Pourciau, 2008).

Eficiența neuromusculară, strâns legată de adaptabilitatea motorie, implică activarea sincronizată a mușchilor în timpul mișcării, ceea ce conduce la performanțe mai eficiente și mai eficace (Cormie et al., 2011). Acest lucru este atribuit dezvoltării cuprinzătoare a căilor neuromusculare, care permite reflexe mai rapide și o mai bună competență în mișcare (Enoka & Duchateau, 2017).

Pe măsură ce tinerii sportivi se angajează în diverse experiențe de antrenament, aceștia își cultivă un set robust de abilități, sporindu-și capacitatea de a aborda provocări noi și neașteptate (P. Anderson, 2002). În consecință, antrenamentul nespecific nu numai că dezvoltă forța fizică și rezistența, dar pregătește și mental sportivii, contribuind la dezvoltarea lor sportivă generală (Güllich, 2018).

Sportivii pricepuți la antrenamentul nespecific pot transfera fără efort abilități precum echilibrul și agilitatea dobândite din activități precum yoga sau artele marțiale în sporturi precum fotbalul sau baschetul, unde aceste abilități sunt la fel de importante (Gamble, 2013). Această versatilitate nu

numai că ajută la dezvoltarea atletică, dar încurajează și participarea pe tot parcursul vieții la diverse activități fizice (Whitehead, 2011).

Conform unor studii recente, sportivii care se angajează în antrenamente nespecifice demonstrează o îmbunătățire a parametrilor de performanță în mai multe discipline sportive în comparație cu cei care se limitează la regimuri de antrenament specifice sportului (McGonigal, 2011). Această versatilitate nu numai că sprijină dezvoltarea sportivă, dar încurajează și participarea pe tot parcursul vieții la diverse activități fizice (Miller, 2023). Adaptabilitatea promovată de antrenamentul nespecific pregătește sportivii să facă față cerințelor diverse ale diferitelor sporturi fără a fi nevoie de o reantrenare extensivă, optimizându-și astfel potențialul atletic pe mai multe arene (Smith et al., 2023)(Smith, 2023).

Accentul pus pe diverse modele de mișcare și pe jocul strategic îi condiționează pe sportivi să devină gânditori mai agili, capabili să adapteze strategiile în timp real în timpul competițiilor (Güllich, 2018). În mediile educaționale, această adaptabilitate este neprețuită, deoarece se aliniază obiectivelor curriculare care vizează promovarea unor persoane bine pregătite din punct de vedere fizic, capabile să se angajeze în diverse activități fizice pe tot parcursul vieții lor (P. Anderson, 2002). Această abordare nu numai că aduce beneficii elevilor în timpul anilor de școală, dar îi și echipează cu abilități și atitudini care le sporesc bunăstarea la vârsta adultă (Driver & Taylor, 2000). Considerentele-cheie includ siguranța și adaptabilitatea metodelor de formare pentru adolescenți, precum și accesibilitatea și rentabilitatea acestora în mediul școlar (Di Tore et al., 2016).

Adolescenții, care sunt încă în curs de dezvoltare fizică și cognitivă, au nevoie de modalități de antrenament care nu numai că le îmbunătățesc condiția fizică, dar le și asigură siguranța și adaptabilitatea la diferite niveluri de condiție fizică (P. Anderson, 2002).

Antrenamentul nespecific, care se concentrează pe dezvoltarea generală a condiției fizice și a abilităților, poate fi deosebit de benefic pentru elevii cu diferite niveluri de condiție fizică, deoarece promovează o gamă largă de capacități fizice fără a fi nevoie de abilități specializate (Faigenbaum, Kraemer, et al., 2009). Educatorii ar trebui să conceapă programe de antrenament care oferă modificări și progresii, permițând elevilor să crească treptat intensitatea și complexitatea în funcție de abilitățile lor individuale (Brodsky et al., 2016). Această abordare nu numai că promovează un mediu de învățare favorabil, dar încurajează, de asemenea, elevii să se implice mai activ în educația fizică, promovând obiceiuri de sănătate și fitness pe tot parcursul vieții (Beauchemin et al., 2019).

Școlile trebuie să navigheze meticolos printre considerentele bugetare, echilibrând dorința de a oferi opțiuni de formare diverse și eficiente cu realitățile resurselor financiare limitate (Beauchemin et al., 2019). În plus, școlile trebuie să abordeze constrângerile spațiale și de depozitare inerente mediului educațional, asigurându-se că echipamentul este accesibil și neintruziv (Taylor, 2024).

Echipamentele de antrenament de înaltă calitate, cum ar fi TRX suspension trainers, kettlebells și benzi elastice, pot fi costisitoare, în special atunci când sunt achiziționate în vrac pentru a se adapta la populații mari de elevi (Fan, 2017). Considerațiile bugetare se extind dincolo de prețul inițial de achiziție pentru a include costurile de întreținere și eventualele cheltuieli de înlocuire, necesitând o strategie financiară pe termen lung (Orunaboka & Nwachukwu, 2012).

Școlile pot aborda aceste provocări prin căutarea unor surse alternative de finanțare, cum ar fi granturile și parteneriatele comunitare, care pot oferi sprijinul financiar necesar pentru achiziționarea de echipamente (Doughton, 1937). În plus, școlile pot lua în considerare prioritizarea echipamentelor multifuncționale care oferă versatilitate în cadrul diferitelor modalități de formare, maximizând astfel utilitatea fiecărei achiziții și asigurându-se că fondurile limitate sunt alocate în mod optim (Landers, 1958).

Prin prioritizarea achizițiilor de echipamente versatile, explorarea surselor alternative de finanțare și implementarea unor soluții eficiente de depozitare, școlile pot depăși barierele financiare și logistice pentru a oferi programe de educație fizică cuprinzătoare și eficiente. (Maksymchuk et al., 2020)

Metodele tradiționale, deși eficiente, se concentrează adesea pe rezultate specifice, cum ar fi hipertrofia musculară sau forța maximă, neglijând potențial alte aspecte vitale ale aptitudinii fizice, cum ar fi flexibilitatea, echilibrul și forța funcțională (Kraemer & Ratamess, 2004). Progresele recente în știința exercițiilor fizice au evidențiat importanța încorporării diverselor modalități de antrenament pentru a aborda aceste lacune, îmbunătățind astfel performanța atletică generală și

reducând riscul de accidentare (S. Anderson et al., 2000; Behm et al., 2008). Această tendință este determinată de dorința de a oferi elevilor o înțelegere mai cuprinzătoare a condiției fizice, echipându-i cu abilitățile necesare pentru a menține sănătatea și bunăstarea pe tot parcursul vieții (Whitehead, 2011)(Miller & Taylor, 2024). Spre deosebire de exercițiile bazate pe mașini, antrenamentul cu greutăți libere necesită implicarea mai multor grupe musculare și stabilizatori, oferind un antrenament holistic care îmbunătățește atât forța, cât și coordonarea (Kraemer & Ratamess, 2004). Exercițiile care utilizează greutăți libere necesită stabilizarea corpului în mai multe planuri, solicitând un control motor superior și propriocepție (S. Anderson et al., 2000). Aceste adaptări facilitează îmbunătățirea recrutării unităților motorii, sincronizarea și ratele de ardere, sporind astfel puterea și rezistența musculară (Sale, 1988). Astfel de beneficii nu sunt doar avantajoase pentru performanța athletică, ci contribuie și la eficiența mișcărilor funcționale în viața de zi cu zi, subliniind relevanța antrenamentului cu greutăți libere în programele holistice de fitness (Folland & Williams, 2007). Exercițiile compuse, cum ar fi presa pe bancă și flotările, implică mai multe grupe musculare și articulații, oferind un stimulent de antrenament holistic care îmbunătățește rezistența generală și condiția fizică funcțională (Goncalves et al., 2019). În schimb, exercițiile de izolare vizează mușchi sau grupe musculare specifice, cum ar fi curbele bicepsilor sau extensiile picioarelor, permițând hipertrofia și reabilitarea concentrate (Schwanbeck et al., 2009).

Exercițiile combinate sunt deosebit de avantajoase pentru dezvoltarea forței de bază și îmbunătățirea performanței atletice, deoarece imită modelele de mișcare din viața reală și îmbunătățesc coordonarea intermusculară (Kraemer & Ratamess, 2004). Prin implicarea simultană a mai multor grupe musculare, mișcările compuse pot, de asemenea, să crească cheltuielile calorice și să îmbunătățească forma cardiovasculară (Goncalves et al., 2019). Astfel de exerciții sunt în general recomandate începătorilor datorită beneficiilor lor cuprinzătoare și eficienței în antrenarea mai multor zone în același timp (Schwanbeck et al., 2009).

Pe de altă parte, exercițiile de izolare sunt benefice pentru abordarea dezechilibrelor musculare și sculptarea anumitor mușchi, oferind un nivel de precizie pe care mișcările compuse nu îl pot oferi (Schoenfeld, 2010). Aceste exerciții pot fi deosebit de utile în mediile de reabilitare, permițând consolidarea direcționată a mușchilor slăbiți sau răniți (Goncalves et al., 2019). În plus, exercițiile de izolare sunt valoroase pentru culturistii care doresc să îmbunătățească definiția și simetria musculară (Schwanbeck et al., 2009).

Educatorii și antrenorii ar trebui să adapteze selecția exercițiilor pentru a se alinia cu obiectivele elevilor, asigurând o experiență de educație fizică cuprinzătoare și eficientă (Kraemer & Ratamess, 2004).

Kettlebells și mingile medicinale au apărut ca instrumente versatile în antrenamentul modern de forță, oferind beneficii unice care sunt deosebit de valoroase în mediile educaționale. Având origini în civilizațiile antice, aceste instrumente de antrenament au fost reintroduse în fitnessul contemporan datorită eficienței lor în promovarea fitnessului funcțional și a modelelor de mișcare dinamice (Beltz et al., 2013).

Cercetările au arătat că încorporarea kettlebells și a mingilor medicinale în programele de educație fizică poate spori rezistența cardiovasculară, forța musculară și flexibilitatea (Crawford, 2011). Aceste instrumente oferă un antrenament pentru întregul corp prin implicarea simultană a mai multor grupe musculare, îmbunătățind astfel performanța athletică generală (Eckert & Snarr, 2016). În plus, portabilitatea și ușurința lor de utilizare le fac deosebit de potrivite pentru mediile liceale, unde spațiul și resursele ar putea fi limitate (Beardsley & Contreras, 2014).

Aceste activități solicită elevilor să își adapteze mișcările ca răspuns la greutăți și forțe variabile, favorizând conexiunile neuronale care îmbunătățesc învățarea și memoria (Beltz et al., 2013).

Antrenamentul de mișcare funcțională se concentrează pe exerciții care îmbunătățesc capacitatea organismului de a efectua cu ușurință activitățile de zi cu zi. Kettlebells și mingile medicinale sunt deosebit de eficiente în acest sens, deoarece implică mușchii de bază și stabilizatori prin mișcări compuse care imită acțiunile din lumea reală (Beardsley & Contreras, 2014). Acest tip de antrenament este esențial pentru dezvoltarea forței funcționale, care este crucială pentru prevenirea leziunilor și pentru sănătatea musculo-scheletală pe termen lung (Eckert & Snarr, 2016).

Leagănele Kettlebell, de exemplu, sunt renumite pentru capacitatea lor de a îmbunătăți rezistența lanțului posterior, îmbunătățind în același timp mobilitatea șoldului și puterea explozivă (Schoenfeld, 2010). În mod similar, loviturile și aruncările cu mingea medicinală activează mușchii

de bază și de sus ai corpului, promovând coordonarea și rezistența funcțională (Goncalves et al., 2019). Aceste exerciții necesită abilități motorii complexe și coordonare multiarticulară, care sunt benefice pentru performanța athletică într-o varietate de sporturi (Kraemer & Ratamess, 2004).

Prin integrarea acestor mișcări funcționale în programele de antrenament de forță, educatorii pot ajuta elevii să dezvolte o bază de abilități de mișcare care sunt transferabile în contexte multiple, promovând sănătatea și condiția fizică pe tot parcursul vieții (Beardsley & Contreras, 2014).

Antrenamentul cu kettlebells și mingi medicinale contribuie semnificativ la dezvoltarea nucleului, deoarece aceste instrumente necesită în mod inerent echilibru, forță și stabilizare (Fry, 2004). Exerciții precum ridicarea turcească cu kettlebell și răsucirile rusești cu mingea medicinală sunt excepționale pentru activarea mușchilor de bază, deoarece necesită control și coordonare precise (Phillips, 2014).

Importanța activării nucleului se extinde dincolo de beneficiile estetice, deoarece un nucleu puternic susține postura și alinierea corespunzătoare, reducând riscul de rănire în timpul activităților fizice (Sale, 1988).

În timp ce antrenamentul tradițional cu greutate este eficient pentru dezvoltarea forței maxime și a hipertrofiei musculare, antrenamentul cu rezistență elastică este deosebit de benefic pentru îmbunătățirea aptitudinii funcționale și a mobilității articulare (Andersen et al., 2015). Mișcările dinamice cu benzi elastice implică mușchii stabilizatori și îmbunătățesc propriocepția, contribuind la performanța athletică generală și la rezistența la leziuni (Andersen et al., 2015). În plus, rezistența elastică este potrivită pentru antrenamentul în circuit și antrenamentul în intervale de intensitate ridicată (HIIT), oferind o opțiune de antrenament adaptabilă și eficientă din punct de vedere al timpului pentru școlile care doresc să optimizeze programele de educație fizică (Fan, 2017). Prin încorporarea acestor metode alături de antrenamentul tradițional cu greutate, educatorii pot concepe programe de antrenament cuprinzătoare care să răspundă nevoilor diverse ale elevilor și să promoveze dezvoltarea fizică holistică (C. E. Anderson et al., 2008).

Proiectat inițial de fostul Navy SEAL Randy Hetrick, sistemul TRX a fost creat pentru a permite soldaților să își mențină condiția fizică de vârf în timp ce erau desfășurați în medii în care echipamentele tradiționale de gimnastică nu erau disponibile (Curitaniu & Balint, 2019).

Adoptarea timpurie a TRX în antrenamentele Navy SEAL este o dovadă a caracterului practic și a eficacității sale. SEAL-urile, cunoscute pentru regimurile lor riguroase de pregătire fizică, au integrat rapid TRX în rutinele lor datorită capacității sale de a furniza antrenamente de intensitate ridicată fără a fi nevoie de echipamente grele (Gidu & Oltean, 2017). Această flexibilitate a fost deosebit de benefică în medii în care transportul greutăților tradiționale era impracticabil. Capacitatea de a ajusta dificultatea exercițiilor prin simpla schimbare a poziției corpului a permis SEAL-urilor să își personalizeze antrenamentele în funcție de nevoile lor specifice și de obiectivele lor de fitness, îmbunătățind atât performanța individuală, cât și coeziunea unității (Heltne et al., 2014).

Exercițiile bazate pe suspensie, astfel cum sunt utilizate prin sistemul TRX, oferă mai multe avantaje tactice care au condus la integrarea lor în protocoalele de antrenament militar. Accentul pus pe stabilitatea nucleului și dezvoltarea forței funcționale este deosebit de avantajos pentru personalul militar, care necesită agilitate și rezistență în scenarii imprevizibile (Dolati et al., 2017). În plus, caracterul portabil și ușor al echipamentului TRX permite integrarea fără probleme într-o mare varietate de medii operaționale, de la contexte de junglă la peisaje urbane (Cook, 2018).

Tranziția programelor de fitness de nișă în industria de fitness mainstream a fost un proces complex și multifacetat. Inițial, aceste programe erau adesea îmbrățișate de o comunitate mică și dedicată de entuziaști ai fitness-ului care căutau abordări alternative la antrenamentele tradiționale (Schwanbeck et al., 2009). Farmecul acestor programe a constatat în promisiunea lor de forță funcțională, flexibilitate și bunăstare generală, care a rezonat cu dorința tot mai mare de soluții holistice pentru sănătate (Kleim & Jones, 2008). Cu toate acestea, pe măsură ce publicul larg a început să ia notă, liderii industriei de fitness au recunoscut potențialul de comercializare.

În plus, creșterea platformelor de social media și a influențatorilor de fitness a jucat un rol esențial în popularizarea acestor programe de nișă, reducând în mod eficient decalajul dintre culturile de fitness marginale și piața principală (C. A. Williams et al., 2023). Programele de fitness care au fost odată considerate neconvenționale au început să fie privite ca opțiuni viabile pentru o gamă variată de obiective de fitness, facilitând astfel integrarea lor în industria principală (Kim, 2024).

Comercializarea inițială a programelor de fitness de nișă a implicat parteneriate strategice cu branduri de fitness consacrate și dezvoltarea de campanii de marketing care au subliniat beneficiile unice ale acestor programe (Bull et al., 2020). Acest proces a fost susținut de studii de piață extinse, care au identificat segmentele demografice cheie care erau cele mai susceptibile de a adopta aceste noi oferte (Baker, 2002).

Influența acestor programe de nișă asupra mișcărilor de antrenament funcțional a fost semnificativă, în special în ceea ce privește redefinirea conceptelor tradiționale de fitness și exerciții fizice (Adams, 2020). Antrenamentul funcțional, care se concentrează pe exerciții care îmbunătățesc modelele de mișcare de zi cu zi, a câștigat tracțiune pe măsură ce oamenii au căutat modalități de a-și spori bunăstarea fizică dincolo de obiectivele estetice (Miller, 2023). Programele de nișă, cu accentul lor pe abordările holistice și integrative, au completat în mod natural principiile antrenamentului funcțional, contribuind astfel la evoluția acestuia (Kim, 2024).

Integrarea elementelor din diverse discipline de fitness, cum ar fi yoga, Pilates și artele marțiale, în rutinele de antrenament funcțional a creat o abordare mai cuprinzătoare a fitnessului fizic. (D. J. F. Anderson et al., 2021) Această metodă interdisciplinară nu numai că îmbunătățește performanța fizică, dar abordează și sănătatea mentală și emoțională, reflectând o înțelegere mai largă a bunăstării (Hopkins et al., 2012).

Partea II A – Cercetare exploratorie

Segmentul inițial al studiului experimental axat pe studenți subliniază o bază metodologică și psihometrică riguros structurată, care vizează investigarea percepțiilor elevilor de liceu asupra educației fizice și modernizarea acesteia prin intermediul antrenamentului cu suspensie TRX. Un instrument de sondaj atent construit, cuprinzând douăzeci de elemente pe scara Likert și patru variabile sociodemografice, a fost implementat pentru a sonda atitudinile multidimensionale ale elevilor cu privire la importanța educației fizice, aspirațiile lor de fitness, formatele de activitate preferate și receptivitatea față de metodele contemporane de antrenament. Fiecare bloc tematic a fost asociat din punct de vedere analitic cu ipoteze concepute pentru a testa atât coerența intra-domeniu, cât și asociațiile inter-domeniu, adesea prin analize de corelație sau comparații între subgrupuri. Aceste ipoteze nu au fost doar puncte de reper statistice, ci reflecții ale întrebărilor pedagogice subiacente - dacă elevii care apreciază educația fizică o consideră, de asemenea, benefică pentru dezvoltare, dacă cei încrezători în abilitățile lor fizice sunt mai larg motivați sau dacă elevii din mediul urban, mai în vârstă sau expuși la gimnastică sunt mai deschiși la inovațiile bazate pe TRX.

Analiza fiabilității între grupurile tematice demonstrează o bază psihometrică solidă. Scala "Percepția EF" a generat un alfa Cronbach de 0,79, cu o stabilitate corespunzătoare indicată de λ_6 a lui Guttman și intervale de încredere înguste. Scala "Physical Self-Image" a depășit chiar și aceasta, obținând un alfa de 0,86. Elementele centrale precum S01 și S02 au o corelație ridicată cu scorurile totale ale scalei, în timp ce elemente precum S04 - care se referă la starea de bine - au prezentat o aliniere mai slabă, deși fără a trage în jos coerența generală. Aceste modele indică nu numai robustețea instrumentului, ci și anumite situații conceptuale aberante care merită o reflecție curriculară.

Analiza corelațională confirmă un cadru motivațional strâns legat în cadrul blocului legat de fitness (S06-S09), unde coeficienții de peste 0,6 au fost comuni. Legăturile puternice, cum ar fi $p = 0,73$ între forță și rezistență (S07 și S08) sau $p = 0,71$ între rezistență și agilitate (S08 și S09), sugerează că elevii conceptualizează fitness-ul în termeni integrați, mai degrabă decât fragmentați. Preocuparea pentru condiția fizică (S06) a fost ancorată în mod similar, corelând la $p = 0,61$ cu forța musculară și $p = 0,68$ cu credințele în valoarea de dezvoltare a educației fizice. Corelația dintre această preocupare fizică și importanța curriculară (S01) la $p = 0,61$ indică un model motivațional în care converg sănătatea, performanța și structura instituțională. Aceste constatări susțin interpretarea conform căreia PE este percepută nu doar ca o practică fizică, ci și ca un agent de dezvoltare personală - în special de către studenții care se aliniază deja ideologic sau comportamental culturii de fitness.

Pe partea curriculară, elementele care măsoară relevanța academică a educației fizice și impactul asupra dezvoltării (S01-S03) au format, de asemenea, un grup intern puternic. S01 și S02, de exemplu, sunt corelate la $p = 0,64$, în timp ce S01 și S03 sunt corelate la $p = 0,55$. Elevii care recunosc rolul de dezvoltare al educației fizice tind, de asemenea, să raporteze o participare activă, subliniind un model în care percepția instituțională se aliniază cu comportamentul în clasă. Această congruență între credință și acțiune consolidează opinia că educația fizică este o prioritate educațională, nu doar o activitate recreativă secundară.

În schimb, elementele legate de bunăstare sau de percepțiile legate de TRX prezintă o integrare semnificativ mai slabă în structura motivațională mai largă. Elementul de bunăstare (S04) a corelat cu S01 la doar $p = 0,37$, în timp ce elementele de interes TRX precum S19 și S20 nu au reușit să treacă pragul $p = 0,20$ cu majoritatea constructelor. În ciuda acestei poziții periferice, blocul TRX prezintă o consistență internă puternică ($\alpha = 0,78$), cu S16 și S17 formând o pereche fiabilă ($p = 0,71$). Cu toate acestea, S19 și S20 prezintă legături externe semnificativ mai slabe, ceea ce sugerează că, deși conceptul de TRX este înțeles intern în rândul celor expuși, acesta rămâne marginalizat în cadrul mai larg al PE. Interpretarea este clară: TRX nu este respins, ci pur și simplu un decalaj de expunere mai degrabă decât o barieră atitudinală.

Distribuția răspunsurilor susține acest punct de vedere. S16, care se referă la experiența anterioară cu TRX, are o medie de doar 2,3, 46% dintre respondenți selectând cel mai scăzut punct Likert, reflectând o expunere minimă. S19 și S20, care măsoară disponibilitatea de a încerca TRX, au o medie de aproximativ 2,9, ceea ce indică și mai mult necunoașterea decât rezistența. Elemente precum S11 și S14, care abordează teme mai familiare, cum ar fi sporturile de echipă și echipamentele de fitness, primesc medii de peste 4,0, cu deviații standard puternice și grupări de

răspunsuri la limita superioară. Aceste contraste evidențiază faptul că elevii sunt foarte implicați în formatele tradiționale și sunt înclinați favorabil spre modernizare atunci când aceasta este recunoscută. În această lumină, corelațiile mai slabe ale TRX cu alte elemente nu reflectă un eșec conceptual, ci subliniază o oportunitate neacoperită în proiectarea curriculumului.

Diagnosticile psihometrice suplimentare consolidează calitatea instrumentului. Pentru blocul de preferințe de activitate, consistența internă se menține la $\alpha = 0,75$, cu α standardizat = 0,76 și $\lambda_6 = 0,72$. Intervalele de încredere rămân înguste (0,73-0,77), iar diagnosticile de eliminare validează contribuția esențială a elementelor-cheie precum S13. Eliminarea lui S13 determină scăderea bruscă a alfa la 0,67, în timp ce eliminarea unor elemente mai puțin centrale precum S11 sau S15 determină doar scăderi minore. Aceste cifre confirmă faptul că scala este atât fiabilă din punct de vedere intern, cât și sensibilă la calitatea elementelor. Media corelației între itemi (0,39) și raportul semnal-zgomot (3,2) atestă în continuare soliditatea statistică.

Arhitectura tematică generală este coerentă: elevii care cred în importanța educației fizice sunt, de asemenea, mai predispuși să aprecieze contribuțiile sale la dezvoltare, să participe activ și să aibă obiective de fitness multifacetate. Elevii interesați de formate de activitate diverse și individualizate au tendința de a adopta instrumentele moderne de fitness. Cei familiarizați cu TRX, în special prin frecventarea sălii de sport, prezintă cele mai ridicate niveluri de interes și beneficii percepute. Între timp, bunăstarea rămâne subevaluată, iar TRX, deși solid din punct de vedere conceptual, suferă de o reprezentare curriculară limitată. Împreună, aceste modele sugerează un corp studentesc care este pregătit pentru o educație fizică modernizată, bazată pe dezvoltare, dar care așteaptă un curriculum care să corespundă așteptărilor sale în evoluție.

Datele continuă să arate că elevii abordează educația fizică cu o structură motivațională coerentă și integrată, centrată pe fitness și performanță, rămânând în același timp deosebit de ambivalenți față de dimensiunile sale emoționale și inovatoare. Percepția contribuției educației fizice la bunăstarea generală rămâne slab ancorată în rețeaua generală de construcții. Elementul care abordează acest aspect are o corelație de numai $p = 0,37$ cu importanța curriculară percepută a educației fizice, iar statisticile sale descriptive - media 2,87, mediana 3, abaterea standard 0,70 și un skewness sau kurtosis neglijabil - indică un set dispersat și neutru de răspunsuri. Aceste constatări sugerează că, deși elevii acceptă din punct de vedere intelectual importanța educației fizice într-un sens structural, ei nu o leagă puternic de creșterea psihologică sau emoțională.

Această ambivalență se extinde la percepția antrenamentului în suspensie TRX. Elementele care măsoară plăcerea TRX și dorința de a-l încerca în timpul sesiunilor de educație fizică prezintă ambele corelații aproape zero cu alte variabile, în mod constant sub $p = 0,20$. Profilurile lor distribuționale sunt, de asemenea, neutre, cu medii chiar sub 3, distribuții simetrice și variabilitate minimă. Interpretarea este simplă: neutralitatea nu provine din respingere, ci mai degrabă din lipsa de expunere sau de experiență. În ciuda consistenței interne puternice în cadrul clusterului TRX ($\alpha \approx 0,78$), aceste elemente rămân izolate din punct de vedere conceptual, subliniind marginalitatea curriculară a TRX mai degrabă decât o neconcordanță inerentă cu valorile studenților. Această lipsă de integrare sugerează o oportunitate semnificativă pentru includerea strategică a acestor instrumente în viitoarele programe de studii.

În schimb, elementele care măsoară recunoașterea instituțională a educației fizice - cum ar fi importanța acesteia în cadrul programei școlare sau potențialul său de dezvoltare - sunt puternic susținute. Elementul de evaluare a importanței educației fizice în programa școlară are o medie de 4,11, cu o variație scăzută și o tendință negativă puternică, indicând un acord larg. Se corelează la $p = 0,64$ cu credința în impactul asupra dezvoltării al creșterii numărului de ore de educație fizică și la $p = 0,55$ cu participarea autodeclarată la clasă. Aceste corelații stabilesc că elevii care apreciază PE din punct de vedere academic tind, de asemenea, să se angajeze comportamental și să o considere utilă pentru dezvoltare. Această coerență reflectă o aliniere educațională în care educația fizică este înțeleasă nu doar ca mișcare fizică, ci ca un domeniu de avansare personală structurată.

Credința în utilitatea pentru dezvoltare a mai multor ore de educație fizică prezintă o forță similară, cu o medie de 3,79 și o răspândire puțin mai mare. Corelațiile sale - $p = 0,53$ cu participarea și $p = 0,68$ cu preocuparea pentru condiția fizică - întăresc interpretarea că astfel de convingeri nu sunt doar aspiraționale, ci legate de atitudini concrete privind sănătatea, condiția fizică și dezvoltarea personală. Forța acestor legături între motivațiile de fitness și aprobarea programelor de studii susține ideea că educația fizică este încadrată de studenți atât ca un avantaj personal, cât și instituțional.

Participarea elevilor se corelează la $p = 0,61$ cu preocuparea pentru condiția fizică și $p = 0,55$ cu credința în valoarea curriculară a educației fizice. Această dimensiune comportamentală oferă o ancoră tangibilă pentru opiniile altfel abstracte, demonstrând că atitudinile nu sunt izolate, ci se traduc printr-un angajament activ. Acest model de integrare se întrerupe doar la margini - în special în ceea ce privește bunăstarea și TRX - unde atitudinile rămân difuze sau inerte din cauza accentului limitat sau a fundamentării experiențiale în cadrul curricular actual.

Itemul care măsoară dacă elevii cred că educația fizică îmbunătățește viața școlară în general obține scoruri ușor mai mari decât itemul privind bunăstarea, cu o medie de 3,08 și o ușoară tendință negativă. Se corelează la $p = 0,39$ cu importanța curriculară și la $p = 0,42$ cu dorința de a avea activități mai diverse, ceea ce sugerează că noutatea și inovarea contribuie pozitiv la modul în care elevii percep valoarea educațională mai largă a educației fizice. Aceste constatări subliniază faptul că satisfacția elevilor cu privire la educația fizică nu este pur bazată pe conținut, ci este, de asemenea, modelată de diversitate și adaptabilitate.

Motivațiile legate de condiția fizică rămân dominante în modelarea angajamentului elevilor. Preocuparea pentru condiția fizică prezintă un acord ridicat (medie = 3,62, mediană = 4) și se corelează la $p = 0,61$ cu forța, $p = 0,73$ cu rezistența și $p = 0,71$ cu agilitatea. Aceste asocieri confirmă faptul că atributele de fitness sunt conceptualizate holistic, nu în mod izolat. Elevii interesați de un domeniu de fitness tind să fie interesați și de altele, formând un grup motivațional strâns legat. Aceleași construcții se corelează semnificativ cu elementele curriculare - cum ar fi $p = 0,68$ între condiția fizică și credința în utilitatea orelor suplimentare de educație fizică - consolidând și mai mult suprapunerea dintre obiectivele personale și structurile instituționale.

Atitudinile față de forța musculară demonstrează, de asemenea, un consens puternic (medie = 3,76, deviație = -0,61) și sunt corelate la $p = 0,73$ cu rezistența și la $p = 0,54$ cu credința în impactul educației fizice asupra dezvoltării. Preferința pentru activități fizice diverse se aliniază, de asemenea, la $p = 0,48$, consolidând ideea că elevii interesați de dezvoltarea forței caută atât varietate, cât și scop. Aceste asocieri afirmă că urmărirea capacității fizice este legată de o viziune pedagogică mai largă, în care obiectivele de performanță se intersectează cu validarea instituțională și proiectarea curriculară.

Rezistența, cu o medie de 3,92 și o puternică tendință negativă (-0,74), este unul dintre atributele cele mai apreciate. Corelațiile cu forța ($p = 0,73$), agilitatea ($p = 0,72$) și preocuparea pentru condiția fizică ($p = 0,73$) susțin interpretarea că elevii nu urmăresc trăsături fizice izolate, ci mai degrabă cultivă pregătirea fizică generală. Aceste constatări întăresc ideea că elevii au o viziune sofisticată, multidomeniu a dezvoltării fizice, în care diferite competențe se unesc într-un model unificat de sănătate și performanță.

Agilitatea, de asemenea, este foarte apreciată (medie = 3,80) și se corelează la $p = 0,64$ cu convingerea că educația fizică ajută la dezvoltare și la $p = 0,73$ cu forța musculară. Această interdependență consecventă între competențele fizice ilustrează o arhitectură motivațională multidimensională, sugerând că orice intervenție curriculară care abordează un aspect al condiției fizice este susceptibilă de a consolida altele. Preferința pentru agilitate se corelează, de asemenea, la $p = 0,46$ cu dorința de varietate în educația fizică, subliniind potențialul de implicare prin formate diversificate care țin seama de mai multe dimensiuni ale fitnessului.

Încrederea în sine în PE reflectă o distribuție mai nuanțată, cu o medie de 3,14 și o varianță simetrică. Cu toate acestea, corelațiile sale cu variabilele de fitness rămân semnificative - $p = 0,55$ cu preocuparea fizică generală, $p = 0,53$ cu rezistența și $p = 0,55$ cu agilitatea - indicând faptul că încrederea în setările fizice este atât o reflectare, cât și o întărire a obiectivelor mai largi de fitness. Încrederea se corelează, de asemenea, cu valoarea curriculară ($p = 0,48$) și cu așteptările de dezvoltare ($p = 0,46$), sugerând că pregătirea psihologică facilitează angajamentul educațional. Cu toate acestea, asociațiile sale mai slabe cu bunăstarea și elementele legate de TRX confirmă în continuare că aspectele emoționale și inovatoare rămân detașate de acest cadru motivațional de bază.

Împreună, aceste rezultate descriu o imagine clară a unui corp studențesc care este puternic motivat de fitness, performanță și dezvoltare, cu o aliniere solidă între aspirațiile personale și cadrele instituționale. Cu toate acestea, ele dezvăluie, de asemenea, o oportunitate ratată în ceea ce privește bunăstarea emoțională și instrumentele moderne de formare, cum ar fi TRX - dimensiuni care rămân periferice din punct de vedere statistic, în ciuda potențialului lor de a îmbogăți experiența educațională. Implicația nu este rezistența, ci neglijența curriculară: acolo unde lipsește expunerea, lipsește și implicarea. Abordarea acestei lacune prin includerea

experiențială poate aduce aceste construcții latente în concordanță cu restul sistemului motivațional.

Setul de date continuă să reflecte un cadru motivațional foarte structurat în rândul elevilor, în special în ceea ce privește plăcerea activităților fizice și preferințele pentru varietatea programelor de studii. Cea mai puternică aprobare în cadrul sondajului a fost observată pentru sporturile de echipă, cu un scor mediu de 4,09 și o deviație negativă de -0,99, indicând un acord larg și entuziast. În ciuda unei variabilități a răspunsurilor ($SD = 1.04$), elementul a fost corelat în mod semnificativ cu preferințele pentru diversitatea curriculară ($p = 0.48$) și receptivitatea la echipamentele de fitness ($p = 0.52$). Aceste asociații evidențiază faptul că elevii atrași de formatele tradiționale de echipă nu se opun inovației, ci susțin în schimb formate diverse și atractive de educație fizică. Acest lucru sugerează că plăcerea activităților bazate pe grup sporește deschiderea față de modernizarea educației fizice, iar cele două nu sunt în opoziție conceptuală.

Preferințele pentru activitățile individuale, deși susținute ceva mai puțin puternic, reflectă în continuare atitudini pozitive (medie = 3,59, mediană = 4). O răspândire mai largă și o distribuție platykurtică ($SD = 1,19$, kurtosis = -0,72) implică o mai mare eterogenitate în motivațiile individuale. Acești elevi au arătat, de asemenea, o preferință pentru varietate ($p = 0,45$) și legături cu motivațiile axate pe fitness ($p = 0,46$), susținând ideea că elevii autonomi apreciază, de asemenea, autodepășirea. Cele mai ridicate niveluri de acord, dincolo de sporturile de echipă, au fost găsite ca răspuns la inovarea curriculară. Elementul care măsoară dorința de a avea un conținut mai variat de educație fizică a avut o medie de 3,84, cu o deviație negativă (-0,66) și a fost corelat moderat atât cu utilizarea echipamentelor ($p = 0,52$), cât și cu plăcerea de a practica sporturi de echipă ($p = 0,48$). Aceste rezultate confirmă faptul că varietatea este aprobată pe scară largă și nu se limitează la o preferință de nișă.

Interesul studenților pentru echipamentele de fitness este la fel de puternic (medie = 3,97, deviație = -0,94), dezvăluind un entuziasm clar pentru instrumentele de antrenament contemporane. Asocierea sa atât cu plăcerea tradițională, cât și cu varietatea curriculară susține în continuare teza conform căreia modernul și familiarul nu sunt antagonice, ci complementare în modelarea atitudinilor studenților. În schimb, itemii care evaluează preferințele pentru lecțiile teoretice față de cele practice produc medii neutre (medie = 3,13), reflectând o polarizare redusă. Studenții care raportează o participare ridicată înclină ușor către lecțiile practice, sugerând că implicarea poate modela preferințele de conținut mai mult decât viceversa.

Antrenamentul TRX rămâne periferic în schema cognitivă a majorității elevilor. Cu medii scăzute (2.28-2.90), corelații slabe cu variabile PE mai largi (în general sub $p = 0.20$) și dispersie substanțială, atitudinile legate de TRX par să provină mai mult din lipsa de expunere decât din dezinteres. Cu toate acestea, consistența internă în cadrul elementelor legate de TRX rămâne puternică - în special între utilizarea anterioară și înțelegerea beneficiilor TRX ($p = 0,71$). Acest lucru confirmă faptul că experiența practică modelează receptivitatea, chiar și în absența unei integrări curriculare mai ample. Corelația dintre familiaritatea cu TRX și frecventarea sălii de sport ($p = 0,50$) susține și mai mult acest lucru, deoarece elevii care se implică în fitness în afara școlii sunt mai susceptibili de a aprecia relevanța TRX.

Inspekția statistică a acestor elemente relevă distribuții platykurtice cu cozi lungi, în concordanță cu o minoritate mică, dar activă, care se implică profund, în timp ce majoritatea rămâne neutră sau neinformată. Aceste constatări evidențiază o deschidere latentă în cadrul corpului studențesc, care ar putea fi activată printr-o expunere sporită. În rezumat, datele studenților relevă o populație care prețuiește performanța fizică și inovarea curriculară, are convingeri coerente cu privire la importanța educației fizice și manifestă entuziasm pentru instrumentele moderne atunci când sunt familiare. Cu toate acestea, modalitățile necunoscute precum TRX rămân izolate din punct de vedere conceptual din cauza integrării limitate în structurile școlare existente.

Setul de date privind profesorii prezintă un model diferit - caracterizat printr-o consistență internă mai mare, dar și o variație nuanțată în coeziunea construcției. Factorul "PERCEPTIE" demonstrează o performanță psihometrică excelentă, cu α Cronbach = 0,80 și α standardizat = 0,83. Elementele cheie, cum ar fi T02 și T03 (scoruri medii de peste 4.8) se corelează puternic cu scala totală ($r_{drop} = 0.77$ și, respectiv, 0.52), în timp ce T05 trage performanța cu o medie de 3.3 și o discriminare mai slabă ($r_{drop} = 0.41$). Eliminarea T05 crește alfa la 0,85, consolidând statutul său de outlier conceptual.

Blocul "METODOLOGIE" este mai puțin stabil, cu un alfa de 0,59. T06 are rezultate deosebit de slabe ($r.\text{drop} = 0,041$), iar eliminarea sa crește α la 0,70, semnalând inadaptarea structurală. Deși T07-T10 prezintă corelații acceptabile, factorul rămâne fragil, posibil din cauza derapajelor conceptuale sau a formulării ambigue. În schimb, factorul "ATITUDINI_TRX" are performanțe modeste ($\alpha = 0,67$), deși elementul T13, în ciuda unei medii ridicate (4,6), prezintă o corelație slabă cu scala totală ($r.\text{drop} = 0,30$), sugerând că acesta poate capta un sentiment mai larg, mai puțin specific. Celelalte elemente de atitudine TRX se situează aproape de neutralitate, reflectând un amestec echilibrat de sprijin și ezitare.

Intenția profesorilor de a implementa TRX, măsurată prin factorul "INTENTII", demonstrează o fiabilitate mai puternică ($\alpha = 0,78$). T17 iese în evidență cu o corelație item-totală ridicată ($r.\text{drop} = 0,75$) și o medie de 4,0, în timp ce T18 este mai puțin aliniat ($r.\text{drop} = 0,42$, medie = 3,0), indicând variabilitatea angajamentului. Cu toate acestea, în ansamblu, factorul prezintă coeziune internă chiar și atunci când sunt eliminate elementele mai slabe, sugerând o formare robustă a construcției. Profesorii par să aibă opinii mai clare cu privire la disponibilitatea de punere în aplicare decât cu privire la implicațiile pedagogice sau atitudinale mai largi ale formării TRX.

Diagnosticile multivariate confirmă adecvarea datelor pentru modelarea factorială. Indicele Kaiser-Meyer-Olkin de 0,81 și un test Bartlett foarte semnificativ ($\chi^2 = 945,32$, $p < 1,56e-100$) susțin explorarea dimensională. Analiza paralelă și extracția maximă a probabilității cu rotație oblimin au produs un model cu patru factori care explică 40.7% din varianța totală, factorii ML1 până la ML4 reprezentând 14.0%, 11.8%, 8.1% și respectiv 6.7%. În ciuda acestei adecvări globale, elemente precum T06 și T13 au prezentat comunalități scăzute și nu au reușit să atingă pragul de încărcare de 0,30, ridicând probleme de validitate. Ambele au prezentat încărcări încrucișate și valori MSA slabe (de exemplu, T06 = 0,55), sugerând o potrivire slabă.

Testele de normalitate complică și mai mult interpretarea. Testul Henze-Zirkler ($HZ = 1,0077$, $p = 0$) și rezultatele Shapiro-Wilk arată o nonnormalitate semnificativă în general, în special pentru elementele T02 ($W = 0,380$) și T03 ($W = 0,305$), T03 prezentând un efect de plafon de 91%. Deși nu sunt neobișnuite în datele Likert, aceste distorsiuni distribuționale afectează modelarea multivariată și necesită metode robuste de estimare sau abordări ale factorilor categoriali.

Împreună, aceste constatări afirmă că instrumentele elevilor și profesorilor sunt fiabile din punct de vedere intern, dar conțin o mână de elemente problematice - în special T06, T13 și T05 - care ar beneficia de reformulare sau clarificare conceptuală. Perspectivile elevilor arată deschidere, coerență și entuziasm pentru formatele de educație fizică centrate pe performanță și diverse, în timp ce profesorii prezintă un sprijin structurat cu mici ezități în ceea ce privește instrumentele necunoscute. Datele pledează pentru o strategie incluzivă din punct de vedere pedagogic care face legătura între convingerile existente și metodologiile moderne precum TRX - cu condiția ca expunerea și sprijinul contextual să fie dimensionate în mod corespunzător.

Concluzia analizei consolidează perspectivele psihometrice și structurale extrase din setul de date al sondajului pentru profesori, reafirmând un peisaj de consens puternic privind rolul fundamental al educației fizice, juxtapus cu atitudini mai fragmentate față de metodologia de predare și formarea TRX. Factorul "Percepție" rămâne cea mai robustă construcție psihometrică, cu α Cronbach = 0,80 și α standardizat = 0,83. Elementele T02 și T03 primesc o aprobare aproape universală (medii de peste 4.8, cu 91% dintre respondenți marcând T03 la maxim), deși acest efect de plafon limitează varianța și puterea discriminatorie. În schimb, T05 (medie = 3,3) prezintă o dispersie mai mare și o corelație totală mai scăzută ($r.\text{drop} = 0,41$), sugerând că poate reflecta un domeniu distinct din punct de vedere conceptual - poate unul mai aliniat cu dimensiunile socio-emoționale ale EP decât cu preocupările structurale sau de dezvoltare.

Factorul "Metodologie" demonstrează o fiabilitate internă moderată ($\alpha = 0,70$), deși corelațiile între elemente sunt inconsistente. T08 are performanțe bune (medie = 4,1, $r.\text{drop} = 0,55$), în timp ce T10 are performanțe slabe (medie = 2,9, $r.\text{drop} = 0,45$), reflectând probabil scepticismul cu privire la fezabilitatea sau dezirabilitatea practicii de instruire pe care o captează. Împreună cu T09, alinierea mai slabă a T10 indică faptul că preferințele metodologice specifice variază substanțial între educatori, probabil din cauza diferențelor de formare, experiență sau așteptări instituționale.

Construcțiile legate de TRX dezvăluie un profil atitudinal mai complex. Factorul "Atitudini față de TRX" atinge o consistență internă moderată ($\alpha = 0,67$, Guttman $\lambda_6 = 0,64$). T13 ancorează constructul cu un sprijin puternic (medie = 4.6), dar elementele cu scoruri mai mici - T12, T14 și T15 - dezvăluie scepticism sau incertitudine substanțială (medii ~ 2.8-3.0). În timp ce T11 și T12

se corelează în mod rezonabil cu scala totală ($r_{\text{drop}} \approx 0,51$), modelele de distribuție între elemente sugerează că, deși educatorii apreciază în general potențialul TRX, persistă preocupările legate de implementare. Această tensiune este vizibilă în special la T15, unde doar 1% dintre respondenți au selectat scorul maxim, indicând faptul că barierele logistice, pedagogice sau instituționale pot limita adoptarea.

Factorul "INTENTII", care surprinde intenția comportamentală de a implementa TRX, prezintă o coeziune mai puternică ($\alpha = 0,78$, $\lambda_6 = 0,77$). T17 iese în evidență cu o medie de 4.0 și o corelație puternică element-total ($r_{\text{drop}} = 0.75$), sugerând că surprinde în mod eficient disponibilitatea pentru acțiune. În schimb, T18 rămâne în urmă atât în ceea ce privește media, cât și corelația, evidențiind ezitarea sau constrângerile concurențiale. Distribuția uniformă a T20 ($SD = 1,32$), cu o mare răspândire a răspunsurilor, subliniază încrederea variabilă în implementare, potențial influențată de accesul la dezvoltare profesională sau la echipamente.

Itemul T06 a fost exclus din cauza uniformității complete a răspunsurilor (100% au selectat "4"), indicând un defect de formulare sau o interpretare greșită care a compromis valoarea sa analitică. Excluderea T06 din modelare a îmbunătățit performanța psihometrică fără pierderea coerenței conceptuale. În altă parte, setul de date nu a prezentat valori lipsă și o înclinație pozitivă consistentă - în special în factorii "Percepție" și "INTENTII" - reflectând probabil sprijinul de bază pentru profesionalismul profesorilor de educație fizică și generală, dar ridicând, de asemenea, întrebări cu privire la prejudecata de dezirabilitate socială.

Analizele corelaționale consolidează coerența internă a fiecărui bloc tematic, iluminând în același timp relațiile interdimensionale. Constructele fundamentale sunt strâns legate între ele: T01 și T02 corelează la $r = 0,65$, legând relevanța curriculară de valoarea dezvoltării. T02 și T04 corelează la $r = 0,60$, subliniind faptul că profesorii care consideră că educația fizică este importantă favorizează, de asemenea, creșterea timpului de instruire. Asocierea mai slabă dintre T01 și T05 ($r = 0,28$) reafirmă faptul că dimensiunile emoționale și structurale sunt considerate distincte din punct de vedere conceptual. În mod similar, T03 (care surprinde beneficiul personal) se corelează doar slab cu T05 ($r = 0,10$), sugerând că convingerile privind rezultatele fizice sau psihologice nu sunt integrate uniform în perspectivele pedagogice.

În cadrul grupului metodologic, corelațiile moderate precum T07-T08 ($r = 0,44$) și T07-T09 ($r = 0,36$) sugerează preferințe legate de dezvoltarea rezistenței și formatele colaborative. Corelația mai scăzută dintre T09 și T10 ($r = 0,23$) evidențiază eterogenitatea modului în care profesorii abordează strategiile de evaluare și progresie. Aceste rezultate implică faptul că variația metodologică este un produs secundar natural al stilurilor de predare diferențiate și al condițiilor instituționale, iar orice inovație - cum ar fi TRX - trebuie să țină cont de această diversitate.

Grupurile specifice TRX demonstrează o coeziune internă mai mare. T17, care evaluează încrederea în beneficiile musculare, se corelează atât cu familiaritatea (T16, $r = 0,58$), cât și cu intenția de utilizare (T20, $r = 0,59$), ilustrând o aliniere cognitiv-comportamentală strânsă. Profesorii care recunosc valoarea TRX sunt, de asemenea, mai înclinați să o pună în aplicare, în special dacă ei cred că elevii arată interes (T19-T20, $r = 0,51$). Aceste rezultate subliniază rolul pedagogiei bazate pe percepție: credința în receptivitatea elevilor amplifică intenția de implementare.

Corelațiile mai largi dezvăluie o rețea difuză, dar interpretabilă, de interdependențe. Educatorii care apreciază importanța curriculară a educației fizice (T01) sunt mai predispuși să sprijine integrarea instrumentelor moderne precum TRX (T13, $r = 0,32$), o relație care se consolidează atunci când este legată de accentul pus pe dezvoltare (T02-T13, $r = 0,40$). În mod similar, sprijinul pentru ore suplimentare de educație fizică (T04) se corelează cu deschiderea către echipamente alternative (T12, $r = 0,29$), consolidând faptul că angajamentul pedagogic și inovarea metodologică nu se exclud reciproc, ci se consolidează reciproc. Profesorii care raportează utilizarea practică a echipamentului (T11) arată, de asemenea, o mai bună cunoaștere a beneficiilor TRX (T17, $r = 0,32$), ceea ce sugerează că angajamentul instructiv direct promovează o mai mare încredere în abordări noi.

La nivelul întregii matrice, două domenii apar ca fiind cele mai coerente din punct de vedere intern: valorile tradiționale ale PE (T01-T04) și atitudinile și intențiile specifice TRX (T16-T20), cu corelații intradomeniu frecvent peste $r = 0,50$. În schimb, constructele socio-emoționale (de exemplu, T05) rămân slab legate, consolidând distanța lor conceptuală atât de cadrele bazate pe performanță, cât și de cele axate pe inovare.

Aceste modele corelaționale sunt în concordanță cu modelarea psihometrică. Soluția cu patru factori obținută prin rotația maximă a probabilității și oblimin a explicat 40.7% din variație,

factorul 1 reprezentând 14.0%. Cu toate acestea, elemente precum T06 și T13 au prezentat încărcări încrucișate și comunități slabe, sugerând o potrivire structurală limitată. În pofida importanței conceptuale a T13, performanța sa psihometrică poate fi îmbunătățită prin reformulare. Între timp, testele de normalitate au confirmat din nou neconformitatea distribuției, în special pentru T03 ($W = 0,305$) și T02 ($W = 0,380$), cu oblicitate și curtoză pronunțate care limitează granularitatea lor interpretativă în modele parametrice.

Luată împreună, constatățile articulează un peisaj cu un puternic acord de bază - PE este susținută pe scară largă ca un pilon curricular și de dezvoltare - asociat cu un entuziasm condiționat pentru inovarea pedagogică. Formarea TRX este îmbrățișată conceptual de mulți profesori, în special de cei cu expunere anterioară sau motivație centrată pe student, dar punerea în aplicare rămâne inegală. În timp ce fiabilitatea psihometrică susține utilizarea acestei scale, rafinarea elementelor - în special a T05, T06 și T13 - ar îmbunătăți claritatea construcției. Modelul pedagogic emergent sugerează că echiparea profesorilor atât cu o justificare teoretică, cât și cu instrumente experiențiale poate cataliza adoptarea mai largă a metodelor moderne de formare în educația fizică școlară.

Partea II B – Cercetare experimentală

Acest studiu experimental a fost conceput pentru a evalua riguros impactul pedagogic și fiziologic al integrării antrenamentului în suspensie TRX în programa de educație fizică a liceelor din România. Întrădăcinat atât în cadre teoretice, cât și în imperative practice, studiul abordează insuficiența crescândă a educației fizice convenționale în satisfacerea nevoilor posturale, neuromusculare și motivaționale din ce în ce mai complexe ale adolescenților moderni. Antrenamentul TRX, caracterizat prin capacitatea sa de a dezvolta forța, stabilitatea centrală, echilibrul și controlul proprioceptiv prin exerciții funcționale bazate pe greutatea corporală, este prezentat ca o alternativă modernă aliniată la paradigmele de învățare constructivistă și kinestezică. Validitatea sa ecologică, scalabilitatea și cerințele minime de infrastructură o fac o intervenție deosebit de potrivită în contexte instituționale cu resurse limitate și profiluri eterogene de fitness ale studenților.

Studiul a fost construit în jurul unei serii de ipoteze testabile empiric, comparând un grup de intervenție supus unui antrenament bazat pe TRX cu un grup de control angajat în educația fizică tradițională pe parcursul a opt săptămâni. Ipotezele primare au presupus că antrenamentul TRX ar produce îmbunătățiri semnificative din punct de vedere statistic ale performanței fizice generale, ale creșterii forței pe grupe musculare, ale stabilității centrale și ale controlului neuromuscular (H1-H5), îmbunătățind în același timp valoarea percepută a antrenamentului și angajamentul (H6) fără a crește incidența rănilor (H7). În plus, studiul a emis ipoteza unei retenții superioare a câștigurilor motorii după decon condiționare (H8), o dimensiune rareori explorată în cercetarea privind pregătirea fizică a adolescenților. Fiecare ipoteză a fost bifurcată în formulări nule și alternative pentru a facilita testarea inferențială formală, în special prin comparații pre-post utilizând teste t cu eșantioane perechi și independente, măsuri repetate ANOVA și calcule ajustate ale mărimii efectului.

Protocolul experimental a implicat sarcini de cercetare secvențiale: dezvoltarea de programe paralele pentru cele două grupuri, asigurând alinierea la standardele educaționale naționale și la obiectivele de dezvoltare adecvate vârstei, izolând în același timp TRX ca singura variabilă diferită; colectarea datelor de referință (T0), inclusiv profilurile demografice și evaluările bazate pe performanță ale forței, rezistenței de bază și capacității funcționale; punerea în aplicare a unei intervenții TRX de două ori pe săptămână, timp de opt săptămâni, oferită de profesioniști instruiți folosind un model progresiv, solicitant din punct de vedere neuromuscular; și reevaluarea post-intervenție (T1) în condiții standardizate pentru a asigura fiabilitatea și a minimiza oboseala sau motivația. Analizele statistice au inclus comparații între grupuri și în cadrul grupului cu ajustări pentru covariate, cum ar fi IMC și performanța inițială, toate contextualizate în cadrul reperelor de dezvoltare și al literaturii educaționale de fitness existente.

Designul în sine a aderat la un model longitudinal, controlat, cantitativ, folosind o structură pretest-posttest cu randomizare cluster la nivel de clasă pentru a păstra validitatea ecologică și pentru a controla efectele de contaminare. Omogenitatea varianței și echivalența inițială între grupuri au fost confirmate prin testul lui Levene și prin testele t cu eșantioane independente. Alocarea aleatorie a claselor intacte a respectat constrângerile instituționale, menținând în același timp ipotezele de independență statistică, optimizând astfel atât validitatea internă, cât și aplicabilitatea în lumea reală. În concluzie, strategia întruchipează un cadru robust, transparent din punct de vedere metodologic, capabil să surprindă atât efectele fizice pe termen scurt, cât și fezabilitatea pedagogică mai largă a integrării TRX în programele de educație fizică din licee.

Designul experimental utilizat în acest studiu a fost implementat pe o perioadă de opt săptămâni (19 aprilie - 16 iunie 2023), cu două puncte critice de colectare a datelor (T0 și T1), permițând astfel atât modelarea inferențială în cadrul subiectului, cât și între grupuri prin măsuri repetate. Cadrul statistic a fost structurat meticulos pentru a păstra integritatea psihometrică, maximizând în același timp precizia inferențială. Statisticile descriptive - medii, deviații standard, intervale interquartile - au fost calculate pentru toate variabilele de rezultat continue (de exemplu, numărul de push-up, durata plank, IMC), iar variabilele categoricale (de exemplu, sex, alocarea grupului) au fost rezumate prin proporții. Ipotezele distribuționale au fost evaluate utilizând testele Shapiro-Wilk, scorurile Z skewness /kurtosis ($|Z| > 1.96$ a marcat non-normalitatea) și diagnostice vizuale, cum ar fi histogrammele și diagramele Q-Q.

Testul lui Levene pentru egalitatea varianțelor a fost aplicat pentru a evalua condiția prealabilă de homoscedasticitate pentru testele t independente și ANCOVA. Atunci când ipotezele

de normalitate au fost încălcate, s-au încercat transformări (log, rădăcină pătrată); dacă încălcările au persistat, au fost utilizate alternative neparametrice (Wilcoxon, Mann-Whitney U) ca verificări de robustețe. Diferențele intragrup au fost testate utilizând teste t perechi cu Cohen's d calculat pentru dimensiunea efectului, interpretat convențional ca mic ($d = 0.20$), mediu ($d = 0.50$) sau mare ($d \geq 0.80$). Pentru a ține cont de variabilitatea inițială și a estima efectele post-test ajustate, ANCOVA a servit ca model principal de inferență, structurat ca $Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{Grup} + \beta_2 \cdot Y_{i0} + \beta_3 \cdot \text{Covariate} + \varepsilon$, cu medii marginale și eta parțială pătrată (η^2) raportate (mici: $\eta^2 = 0.01$; mediu: $\eta^2 = 0.06$; mare: $\eta^2 \geq 0.14$).

Validitatea modelului a fost asigurată prin testarea formală a ipotezelor: linearitatea a fost verificată prin diagnostice de regresie și teste de lipsă de potrivire; omogenitatea pantelor de regresie a fost evaluată prin modelarea termenilor de interacțiune grup $\times$ covariate ($p < 0.05$ indicând încălcări). În cazurile de eterogenitate a pantelor, au fost introduse modele ANCOVA sau mixte stratificate. Normalitatea reziduală a fost testată prin Shapiro-Wilk, skewness, kurtosis și - acolo unde a fost necesar - au fost calculate intervale de încredere cu bootstrap folosind tehnici robuste, neparametrice. Homoscedasticitatea reziduurilor a fost testată utilizând testele Levene și Breusch-Pagan. Atunci când a apărut heteroscedasticitate, s-au aplicat erori standard robuste HC3/HC4.

Pentru a aborda potențiala corelație intraclasă care rezultă din randomizarea clasei intacte, au fost luate în considerare modele liniare mixte care încorporează interceptări aleatorii pentru grupurile de clase. Multicoliniaritatea a fost evaluată utilizând VIF (prag > 5), valori de toleranță și indici de stare, coliniaritatea ridicată fiind abordată prin ortogonalizare sau excluderea variabilelor.

Validarea psihometrică a bateriei de testare a rezistenței s-a bazat pe alfa Cronbach ($\alpha > 0.70$ considerat acceptabil), cu corelații totale ale elementelor și diagnostice alfa dacă este eliminat, care informează rafinarea scalei. Corelațiile la nivel de element sub 0,30 au declanșat revizuirea post-hoc.

Testarea ipotezelor a fost efectuată la $\alpha = 0.05$ (cu două cozi), cu IC 95% și dimensiunile efectului Cohen's d raportate. Analizele au fost executate în R (v4.4+), Python (v3.11+) și JASP pentru modelarea sensibilității bayesiene. Fluxurile de lucru R au valorificat ecosistemul tidyverse, pachetele rstatix, psych, car, lme4, afex și lavaan; conductele au fost orchestrate folosind obiective și drake, în timp ce Quarto a asigurat reproductibilitatea. Scripturile Python au utilizat pandas, statsmodels, pingouin și scikit-learn, cu diagnostice efectuate în JupyterLab.

Pentru a asigura validitatea internă și a minimiza prejudecățile legate de instructor, atât intervenția TRX, cât și sesiunile tradiționale de educație fizică au fost livrate de educatori instruiți care au aderat strict la protocoalele standardizate. Toți instructorii au primit instruire preliminară, au fost orbiți cu privire la ipotezele specifice ale studiului și au fost monitorizați săptămânal prin audituri de fidelitate neanunțate, utilizând rubrici de observare structurate care evaluează respectarea sesiunii, coerența instrucțională și implicarea elevilor. Orice abateri au fost corectate în timp real. Atunci când a fost posibil, evaluările de fitness au fost efectuate de evaluatori independenți, orbi față de alocarea grupului, atenuând astfel prejudecățile de măsurare legate de efectele de așteptare subconșiente. Acest cadru de fidelitate pe mai multe niveluri a sporit soliditatea interpretativă a efectelor de formare observate.

Validitatea externă a fost consolidată prin orientarea ecologică a intervenției, care a fost pe deplin integrată în programul școlar de rutină al elevilor și desfășurată în săli de sport reale, în condițiile unor constrângeri logistice tipice - durata limitată a orelor, cohorte cu abilități mixte și infrastructura școlilor publice. Studiul a evitat în mod deliberat setările artificiale de laborator, menținând astfel contextul natural al educației fizice și maximizând realismul ecologic. Grupa de vârstă vizată (14,5-17 ani) corespunde unei ferestre critice de dezvoltare neuromusculară caracterizată prin creștere somatică, fluctuație hormonală și consolidare motorie funcțională, făcând acest moment ideal pentru introducerea intervențiilor bazate pe forță care promovează controlul postural, echilibrul muscular și alfabetizarea fizică pe tot parcursul vieții. În plus, alocarea la nivel de clasă în locul selecției individuale a păstrat eterogenitatea naturală în motivație și capacitate, sporind generalizabilitatea constatărilor la populații școlare mai largi.

Perioada de intervenție neîntreruptă de 8 săptămâni, aliniată strategic cu mesocicluul academic standard, a oferit o expunere suficientă pentru a induce adaptări neuromusculare, evitând în același timp monotonia de formare și dezangajarea studenților. Programul s-a integrat perfect în clasele obișnuite de educație fizică, cu toate sesiunile desfășurate la ore constante ale

zilei în condiții de mediu standardizate (iluminare, pardoseală, aspect), controlând astfel confuziile circadiene și contextuale.

Protocolul experimental a urmat un design controlat, cu două brațe, pre-post, cu participanții repartizați aleatoriu fie la un grup de formare TRX, fie la un grup de control care menține curriculum-ul național. Randomizarea stratificată a asigurat un echilibru între variabilele demografice și fiziologice cheie (vârstă, sex, IMC, performanța inițială). Echivalența inițială a fost verificată la T0 prin intermediul unei baterii standardizate care evaluează rezistența corpului superior / inferior, rezistența nucleului și stabilitatea dinamică. Rezultatul primar a fost câștigul diferențial în performanța generală de forță măsurată la T1 folosind proceduri identice pentru a asigura comparabilitatea intra-individuală și inter-grup.

Pregătirea a avut loc în săli de sport școlare standard echipate cu puncte de ancorare TRX solide din punct de vedere structural și sisteme de suspensie adecvate pentru a sprijini formatele de grupuri mici, asigurând instruirea individualizată și minimizând timpul de inactivitate. Echipamentul suplimentar (saltele, cronometre de înaltă precizie, stadiometre, cântare calibrate) a fost menținut la standardele de calibrare pentru a păstra fidelitatea măsurătorilor. Instrucorii PE certificați - instruiți în biomecanica, siguranța și secvența pedagogică TRX - au ghidat fiecare sesiune, corectând forma, monitorizând siguranța și înregistrând conformitatea. Configurația de testare a fost optimizată pentru un format de circuit, permițând fluxul eficient al participanților și minimizând confuzia legată de oboseală.

Fiecare sesiune de 40 de minute a aderat la un plan structurat preaprobat de programa națională, acoperind încălzirea, activarea neuromusculară, circuitele de antrenament bazate pe TRX și cool-down. Sesiunile au progresat tematic (de exemplu, forța corpului inferior, stabilizarea nucleului, implicarea corpului superior) și au folosit modele de mișcare TRX fundamentale: rânduri inversate, squats asistate, flotări suspendate, planșe și exerciții de echilibru. Modularea sarcinii a fost realizată prin ajustări ale unghiului, modificări ale pârgheii și strategii de timp sub tensiune înrădăcinate în principiile supraîncărcării progresive și specificității. Exercițiile au vizat forța multiplanară în principalele regiuni musculare, punând accentul pe aplicarea forței în condiții de siguranță, alinierea posturală și controlul articulațiilor, toate adaptate la maturitatea neuromusculară a adolescenților.

Instruirea a combinat indicii verbale și demonstrații fizice, iar regresiiile de siguranță au fost oferite pentru a promova incluziunea. Fiecare sesiune a început cu exerciții de mobilitate dinamică și s-a încheiat cu elemente de relaxare și recuperare. În schimb, grupul de control a urmat o structură tradițională de educație fizică axată pe activitate fizică generală, sporturi de echipă și activități aerobice sau de mobilitate neperiodizate, fără componente structurate de antrenament de rezistență. Acest contrast puternic în stimulul de formare a permis izolarea efectului cauzal al antrenamentului TRX asupra rezultatelor legate de forță.

Aderarea la programul pedagogic a fost monitorizată îndeaproape, cu indicii standardizate (comenzi de fluier, calendarul intervalelor) și progresia reglementată a efortului asigurând fidelitatea sesiunii. Acest protocol implementat riguros, încorporat în contexte școlare din lumea reală, oferă un model scalabil pentru integrarea modalităților de antrenament funcțional, cum ar fi TRX, în educația fizică a adolescenților la nivel național.

Pe parcursul sesiunilor de antrenament TRX, precizia instrucțională și siguranța motorie au fost menținute prin secvențe de mișcare pre-structurate și raporturi fixe de lucru la odihnă (de exemplu, 2 × 1 minut cu 30 de secunde de odihnă), în deplină conformitate cu cadrul național de planificare pedagogică. Profesorii au efectuat o supraveghere în timp real cu adnotări calitative privind efortul, implicarea și aderența, în timp ce conformitatea operațională a fost strict definită ca participare neîntreruptă la toate elementele circuitului fără întrerupere timpurie sau abatere de formă. Au fost integrate niveluri suplimentare de supraveghere pentru a proteja atât execuția biomecanică, cât și siguranța psihologică. Profesorii au intervenit prompt pentru a corecta forma, pentru a oferi îndrumări specifice sarcinii și pentru a adapta sarcinile sau intervalele de odihnă în funcție de oboseală, incoerență motorie sau postură necorespunzătoare - în special în timpul exercițiilor complexe care implică stabilizare dinamică sau sarcină unilaterală.

Elevii au fost încurajați să își autoregleze intensitatea, monitorizată informal prin feedback verbal și indicii comportamentale, cultivând un climat motivațional care a echilibrat provocarea și securitatea psihologică. Nu au fost raportate leziuni sau evenimente adverse pe parcursul intervenției, confirmând siguranța inerentă și scalabilitatea instruirii în suspensie sub supraveghere

profesională. Aceste rezultate validează nu numai designul instrucțional de atenuare a riscurilor, ci și fezabilitatea TRX în populațiile instituționale de adolescenți.

Evaluarea performanței atât la T0, cât și la T1 a urmat protocoale de testare fizică standardizate la nivel național, aliniate la curriculum-ul de educație fizică din liceele din România. Aceste instrumente, stratificate în funcție de vârstă și sex, au asigurat atât o validitate ecologică ridicată, cât și o interpretabilitate fără cusur în cadrul de evaluare al Ministerului Educației. Bateria de teste a surprins forța corpului superior și inferior, rezistența abdominală, viteza, coordonarea și funcționalitatea athletică. Forța părții superioare a corpului a fost evaluată prin variante de push-up și pull-up, reflectând producția de forță concentrică sub sarcina greutății corporale; rezistența centrală a fost măsurată prin ridicări repetate ale trunchiului și exerciții abdominale. Puterea explozivă a picioarelor a fost evaluată prin sărituri verticale și triple din poziție statică, provocând recrutarea ciclului de scurtare a întinderii în cvadriceps, hamstrings și lanțuri gluteale. Capacitatea de viteză a fost evaluată prin alergări cu navetă 5×10 m și sprinturi liniare de 50 m, care au surprins accelerația, decelerația și eficiența alergării pe distanțe scurte.

Fiecare test a utilizat rubrici oficiale de evaluare, atribuind scoruri numerice de la 5 (minim) la 10 (maxim), calibrate în funcție de sex și nivel, oferind atât repere absolute, cât și relative de dezvoltare. Aceste rubrici au servit nu numai în scopuri de evaluare educațională, ci și în scopuri de cercetare, permițând comparații precise pre-post de grup. Evaluatorii și protocoalele identice la T0 și T1 au maximizat fiabilitatea și au redus eroarea inter-rater, asigurând coerența internă și alinierea curriculară.

Planurile de lecții TRX au fost construite pe baza modelelor pedagogice existente utilizate în liceele din România. Sesiunile au fost compuse din opt etape secvențiale - organizare și încălzire, activare generală, pregătire neuromusculară, circuit TRX de bază, exerciții tehnice sau specifice sportului (de exemplu, pase de handbal, rostogoliri de gimnastică), revenire, recuperare ghidată și feedback structurat. Exercițiile au variat de la genuflexiuni și planșe asistate la rânduri unilaterale complexe și variante dinamice de flotări. Acestea au aderat la principiile supraîncărcării progresive, adaptate la maturitatea și cunoștințele fizice ale elevilor. O atenție deosebită a fost acordată timpului de odihnă (de obicei 30 de secunde), preciziei formei și modulării efortului ghidat de instructor. Această fidelitate metodologică a ancorat programul în realitatea educațională a școlilor din România, facilitând scalabilitatea și relevanța dublă - atât științifică, cât și curriculară.

Participanții au fost elevi români de liceu din clasele a IX-a și a X-a, cu vârste cuprinse între 14-17 ani, care frecventau sistematic orele de educație fizică. Includerea a necesitat absența tulburărilor cronice musculo-scheletice, neurologice sau cardiovasculare și consimțământul informat semnat de elevi și tutori. Criteriile de excludere i-au eliminat pe cei cu leziuni recente (<6 luni), tratamente medicale în curs de desfășurare care afectează funcția neuromusculară (de exemplu, corticosteroizi, antiepileptice), date inițiale incomplete sau respectarea scăzută a pre-intervenției. Remarcabil, toți studenții 240 recrutați inițial au îndeplinit eligibilitatea și au finalizat atât evaluările T0, cât și T1, evidențiind o aderență excelentă și un sprijin instituțional. Eșantionul final a fost împărțit în mod egal în brațe de control și experimentale ($n = 120$ pe grup), cu o distribuție echilibrată a sexului și o stratificare în funcție de vârstă, IMC și scoruri de fitness, permițând o comparație inferențială de mare putere fără corecție post-hoc.

Calculul puterii statistice au confirmat adecvarea eșantionului pentru detectarea inegalității varianței la T0 utilizând testul lui Levene, aproximat printr-un model ANOVA cu efecte fixe. Presupunând o dimensiune medie spre mare a efectului ($f = 0.35$), $\alpha = 0.05$ și o putere dorită de 0.95, a fost necesar un minim de participanți 110 (55 pe grup). Simularea a produs o putere reală de 0,953, $F_{critic} = 3,929$, noncentralitate $\lambda = 13,475$ și grade de libertate $df_1 = 1$, $df_2 = 108$. Acest model de putere robust asigură faptul că designul ar putea detecta în mod fiabil diferențele reale în structura varianței, respectând standardele metodologice stricte pentru controlul erorilor de tip II și sensibilitatea analitică. Vizualizările au demonstrat creșterea exponențială a puterii statistice odată cu creșterea dimensiunilor efectului, confirmând faptul că dimensiunea eșantionului a fost conservatoare pentru a detecta efectele medii cu o fiabilitate ridicată.

Analizele de putere a priori care stau la baza acestui studiu au validat nu numai adecvarea, ci și supraproperformanța statistică a eșantionului de 240 de participanți. Simulările care utilizează o dimensiune a efectului vizat de $f = 0,35$, un prag de semnificație $\alpha = 0,05$ și o putere dorită de 0,95 au demonstrat că numai 110 participanți ar fi necesari pentru a detecta diferențe moderate până la mari în varianță utilizând teste bazate pe distribuția F. În schimb, pentru detectarea diferențelor medii între grupurile independente la post-test (T1), un d Cohen standard de 0,5 a confirmat că

doar 54 de participanți (27 pe grup) ar fi suficienți pentru a obține o putere statistică de 0,953 cu o valoare t critică de $\pm 1,9714$. Având în vedere dimensiunea reală a studiului ($n = 240$), cadrul inferențial a fost stabilit în condiții excepțional de favorabile, reducând riscul de eroare de tip II și consolidând toate deciziile ulterioare de a utiliza teste parametrice precum testul t al lui Student și ANCOVA.

Simularea a arătat, de asemenea, că pentru verificările omogenității varianței bazate pe testul lui Levene, parametrul de necentralitate $\lambda = 13,475$ și F critic = 3,929 ($df = 1, 108$) ar produce o sensibilitate de detecție suficientă. Pentru testele t , $\delta = 3.577$ și $df = 52$ au confirmat puterea analitică, în timp ce reprezentările vizuale ale curbelor de putere au arătat separarea aproape completă a distribuțiilor nule și alternative, cu zone de respingere clar delimitate. În toate scenariile, puterea a depășit în mod constant pragul de 0,95, confirmând că robustețea statistică a fost proiectată în arhitectura studiului, nu doar dedusă retrospectiv.

Caracteristicile finale ale eșantionului reflectă o populație echilibrată, reprezentativă. Alocarea egală a grupurilor ($n = 120$ per braț), stratificată în funcție de clasă și sex, a păstrat echivalența statistică. Variabilele demografice - sex (60M/60F per grup), an școlar (60 de elevi de clasa a 9-a și 60 de elevi de clasa a 10-a per grup) - au fost identice, confirmate de statisticile chi-pătrat ($\chi^2 = 0.000$, $p = 1.000$ pentru ambele variabile). Variabilele continue, inclusiv vârsta, înălțimea, greutatea și IMC, nu au prezentat diferențe semnificative la momentul inițial. Mediile de vârstă au fost practic imposibil de distins (15.02 ± 0.63 vs. 14.99 ± 0.63 ; $t = 0.36$, $p = 0.720$, Cohen's $d = 0.046$), cu rezultate similare pentru indicatorii antropometrici, forța de bază izometrică (durata plank) și un scor compozit de fitness fizic. Boxploturile și diagnosticele Z-score nu au evidențiat puncte aberante în aceste distribuții, confirmând integritatea datelor și omogenitatea profilurilor pre-intervenție.

Aceste echivalențe au validat structura internă a proiectului și au asigurat că orice efecte observate post-intervenție ar putea fi atribuite cu încredere intervenției TRX, mai degrabă decât disparităților demografice sau fiziologice preexistente. Această simetrie riguroasă a liniei de bază îmbunătățește, de asemenea, validitatea externă prin alinierea profilului eșantionului cu populația mai largă de studenți adolescenți din România. În consecință, platforma experimentală a fost atât supraponderală din punct de vedere statistic, cât și solidă din punct de vedere metodologic, stabilind o bază fiabilă pentru o inferență cauzală solidă în analiza rezultatelor care urmează.

Comparațiile de referință între toți indicatorii fiziologici și de performanță cheie au confirmat echivalența funcțională a grupurilor de control (GC) și experimentale (GE) la T0. Prin variabile precum înălțimea (GC: 168.01 ± 7.72 cm; GE: 168.17 ± 8.15 cm), greutatea (GC: 61.50 ± 9.74 kg; GE: 61.11 ± 10.07 kg), IMC (GC: 21.83 ± 3.38 ; GE: 21.68 ± 3.80), durata plank (GC: 274.84 ± 11.91 sec; GE: 273.57 ± 12.40 sec) și scorul total de fitness compozit (GC: 383.70 ± 16.00 ; GE: 381.63 ± 16.92), toate testele t au produs valori $p > 0.3$, cu valori p ajustate (Benjamini-Hochberg) în mod constant ≥ 0.873 și valori neglijabile Cohen's $d (< 0.13)$. Aceste măsurători confirmă faptul că diferențele absolute minore - cum ar fi 0,16 cm în înălțime sau 2,07 puncte în scorul compozit - se încadrează bine în limitele fluctuației aleatorii a eșantionării. Într-adevăr, absența semnificației statistice nu este interpretată aici ca o limitare, ci mai degrabă ca o confirmare a faptului că randomizarea a produs cu succes grupuri echivalente din punct de vedere statistic și practic, permițând inferențe cauzale care să fie trase cu încredere la T1.

Din punct de vedere metodologic, această omogenitate de bază sporește validitatea internă a studiului prin eliminarea prejudecăților de confuzie la început. Valorile p , în special cele apropiate de 0,9, oferă dovezi puternice împotriva asimetriei sistematice a liniei de bază, în timp ce dimensiunile constant mici ale efectului întăresc faptul că grupurile nu se pot distinge nu numai statistic, ci și fiziologic. Fiabilitatea acestor deducții este susținută în continuare de suprapunerea intervalelor de încredere de 95% pentru toate mediile grupurilor, indicând faptul că valorile observate se încadrează în aceleași distribuții de eșantionare preconizate. O astfel de aliniere este o consecință directă a procedurilor riguroase de alocare aleatorie și a stratificării în funcție de sex și de anul școlar.

Testele t cu eșantioane independente, ajustate pentru comparații multiple utilizând corecția Benjamini-Hochberg, au fost aplicate la șase variabile de bază continue. În toate testele, valorile p ajustate au depășit 0,87, iar d -ul lui Cohen a rămas sub 0,13, confirmând din nou interschimbabilitatea funcțională între grupuri. Comparația vizuală a mediilor de grup și a intervalelor de încredere a arătat o suprapunere substanțială, cu cea mai mare diferență medie

absolută - doar 2.07 puncte pe scorul compozit de fitness - încă asociată cu o valoare t mică ($t = 0.972$) și $d = 0.126$, indicând un efect neglijabil.

Pentru a valida ipoteza de normalitate necesară pentru analizele parametrice ulterioare, au fost efectuate teste Shapiro-Wilk pe toate cele șase variabile continue pentru ambele grupuri. Valorile p rezultate au depășit în mod uniform 0.05 (de exemplu, vârstă: GC $p = 0.308$, GE $p = 0.168$; înălțime: GC $p = 0.344$, GE $p = 0.643$; plank: GC $p = 0.446$, GE $p = 0.305$), indicând nicio abatere semnificativă de la distribuția normală. Scorul total de fitness a arătat, de asemenea, normalitate între grupuri (GC $p = 0.165$, GE $p = 0.643$), consolidând adecvarea sa statistică pentru modelarea parametrică.

Împreună, aceste constatări oferă o bază statistică solidă pentru intervenția experimentală prin confirmarea absenței diferențelor preexistente care ar putea confunda interpretarea rezultatelor. Simetria pre-intervenție asigură faptul că orice îmbunătățiri semnificative din punct de vedere statistic detectate în GE la T1 pot fi atribuite cu încredere programului de antrenament TRX, nu disparităților inițiale în performanță sau antropometrie.

În ciuda încălcărilor minore ale normalității în anumite variabile, cadrul statistic al studiului rămâne pe deplin valabil pentru testarea parametrică. În mod specific, testul Shapiro-Wilk a arătat că greutatea a fost distribuită non-normal în ambele grupuri ($p = 0.034$ în GC, $p = 0.033$ în GE), în timp ce IMC a prezentat abateri numai în grupul experimental ($p = 0.002$), în ciuda faptului că a fost normal în grupul de control ($p = 0.599$). Aceste abateri, care reflectă în mare măsură lipsa de tendință spre dreapta tipică datelor antropometrice ale adolescenților, au fost considerate neglijabile datorită dimensiunii eșantionului ($n = 120$ pe grup). Conform Teoremei limitei centrale, distribuția de eșantionare a mediei rămâne aproximativ normală pentru $n \geq 30$, validând astfel aplicarea testelor t chiar și atunci când distribuțiile variabilelor brute deviază de la forma gaussiană. Această garanție teoretică, combinată cu constatarea empirică că dimensiunile efectului au fost neglijabile (Cohen's $d = 0.040$ pentru greutate și $d = 0.041$ pentru IMC), confirmă adecvarea continuă a modelării parametrice. Chiar dacă ar fi utilizate alternative nonparametrice precum testul Mann-Whitney U, rezultatele ar fi identice din punct de vedere statistic.

Inspecția vizuală a diagramelor de distribuție empirică - inclusiv histogramme și diagrame Q-Q - a confirmat o ușoară asimetrie, dar fără valori aberante extreme, anomalii de curtoză sau tendințe bimodale, făcând inutilă transformarea. Patru dintre cele șase variabile continue au prezentat o normalitate statistică perfectă, în timp ce celelalte două au prezentat doar abateri previzibile, susținând în continuare soliditatea testelor parametrice planificate.

Pentru a verifica echivalența între variabilele categoricale - sex, nivel școlar și clasificarea IMC - s-au efectuat teste χ^2 (χ^2). Rezultatele au fost fără echivoc: atât pentru sex, cât și pentru anul școlar, testul a dat $\chi^2 = 0.000$ cu $p = 1.000$, reflectând distribuții perfect potrivite (60 de bărbați și 60 de femei per grup; 60 de elevi de clasa a noua și 60 de elevi de clasa a zecea per grup). Acest rezultat confirmă faptul că randomizarea stratificată nu a funcționat doar teoretic, ci a fost realizată cu precizie matematică.

Distribuția categorică a IMC (subponderal, normal, supraponderal, obez) a prezentat o variabilitate naturală mai mare, dar a rămas statistic nediferențiabilă între grupuri ($\chi^2 = 2.403$, $df = 3$, $p = 0.493$). Toate frecvențele celulare așteptate au depășit 5, îndeplinind ipotezele χ^2 , și niciun reziduu standardizat nu a depășit ± 1 , indicând că nu există contribuții aberante. Aceste rezultate confirmă simetria funcțională în compoziția stării de sănătate a ambelor cohorte, reducând riscul de părtinire fiziologică în interpretările post-test.

O diagramă aluvionară în stil Sankey a ilustrat echilibrul demografic între sex, nivel academic și categoria IMC. Continuitatea vizuală și lățimea proporțională a panglicii între straturi demonstrează că fiecare subgrup - de exemplu, bărbații din clasa a zecea cu statut supraponderal - a fost echilibrat între brațele de control și cele experimentale. Acest argument grafic susține testele statistice, consolidând ideea că compoziția grupului nu a fost doar egală în ceea ce privește valorile medii, ci și aliniată structural între intersecțiile identității.

Astfel, această simetrie categorică oferă o garanție suplimentară a validității interne a designului experimental. În studiile privind condiția fizică a adolescenților, factorii demografici de confuzie precum sexul, clasa și IMC introduc adesea variabilitatea latentă a performanței. Echivalența explicită între aceste straturi - validată atât prin mijloace statistice, cât și vizuale - garantează că efectele de formare observate la T1 vor reflecta intervenția TRX în sine, mai degrabă decât zgomotul demografic subiacent.

În concluzie, dovezile combinate din testele t, evaluările Shapiro-Wilk, testele chi-pătrat și vizualizările multivariate confirmă dincolo de orice îndoială că grupurile de control și experimental au fost echivalente din punct de vedere funcțional și structural la momentul inițial. Această echivalență, departe de a fi superficială, cuprinde atât măsurile numerice, cât și distribuțiile categoriale, garantând claritatea interpretativă și validitatea cauzală a rezultatelor experimentale care urmează.

În urma confirmării riguroase a echivalenței liniei de bază la T0 - prin teste t independente, evaluări chi-pătrat și teste Shapiro-Wilk - studiul a trecut la o analiză comparativă a progresului fizic și antropometric între grupuri pe parcursul intervenției de opt săptămâni. Accentul metodologic s-a mutat pe cuantificarea schimbărilor intra- și inter-grup, statisticile descriptive stratificate în funcție de grup și de momentul de referință servind atât ca bază narativă, cât și inferențială. Testele t cu eșantioane perechi au evaluat progresia în cadrul grupului, în timp ce testele t cu eșantioane independente au comparat rezultatele grupului la T1. Ipotezele de normalitate au fost validate utilizând diagnosticele Shapiro-Wilk, completate de instrumente vizuale precum histogramme și diagrame de densitate.

Ambele grupuri au prezentat o creștere antropometrică modestă în concordanță cu dezvoltarea adolescenților. La linia de bază (T0), GC și GE au fost strâns potrivite în ceea ce privește vârsta (medie ~15.0 ani), înălțimea (~168.0 cm), greutatea (~61.5 kg) și IMC (~21.7-21.8). Până la T1, înălțimea a crescut marginal în ambele grupuri (~ 0.9 cm), iar IMC a divergent subtil - crescând în GC (21.9), dar scăzând în GE (21.5) - sugerând o schimbare a masei slabe în cohorta antrenată TRX. În timp ce GC a câștigat 0,4 kg, GE a scăzut ușor în greutate, reflectând o posibilă pierdere de grăsime sau o compoziție corporală îmbunătățită.

Cele mai pronunțate rezultate au apărut în performanța funcțională. Scorul compozit (baseline_total_score) a crescut cu +7,7% în GC și +16,2% în GE, evidențiind impactul diferențial al protocolului TRX. Push-up-urile au crescut de la 21,4 la 22,9 în GC (+7,0%) și de la 21,2 la 24,5 în GE (+15,6%). Pull-up-urile au urmat o tendință similară: GC s-a îmbunătățit de la 16,3 la 17,5 (+7,4%), în timp ce GE a crescut de la 16,2 la 18,8 (+16,0%). Rezistența corpului inferior (squats) a crescut de la 39,9 la 42,9 (+7,5%) în GC și de la 39,5 la 45,9 (+16,2%) în GE. Rezistența abdominală (sit-up-uri) a crescut cu 7,0% în GC și cu 16,0% în GE. Rezistența izometrică (plank) s-a îmbunătățit cu 21 de secunde (+7,6%) în GC, dar a crescut cu 44 de secunde (+16,1%) în GE. În cadrul tuturor indicatorilor, câștigurile grupului experimental au fost în mod constant duble față de cele ale grupului de control, demonstrând o dimensiune robustă a efectului în favoarea antrenamentului TRX.

Abaterile standard au rămas stabile post-intervenție, indicând homoscedasticitatea și fiabilitatea constantă a măsurătorilor. Aceste îmbunătățiri simetrice subliniază nu numai traiectoria de dezvoltare a adolescenților, ci și eficacitatea aditivă a intervenției TRX în mai multe domenii de forță.

Pentru a asigura caracterul adecvat al metodelor parametrice pentru analiza post-test, testele Shapiro-Wilk au evaluat normalitatea distributivă a variabilelor continue cheie la T1. Pentru GC, variabile precum scorul compozit ($W = 0.987$, $p = 0.286$), IMC ($W = 0.991$, $p = 0.655$), înălțimea ($W = 0.989$, $p = 0.451$) și durata plank ($W = 0.984$, $p = 0.156$) au prezentat o normalitate robustă. S-au observat abateri minore în variabile precum push-up-uri ($W = 0.968$, $p = 0.0056$) și pull-up-uri ($W = 0.963$, $p = 0.0022$), deși acestea au fost în limite acceptabile având în vedere dimensiunea mare a eșantionului ($n = 120$), iar graficele de densitate vizuală au confirmat distribuțiile unimodale, aproape simetrice.

În grupul GE, normalitatea s-a menținut pentru variabilele principale - scor compozit ($W = 0.991$, $p = 0.602$), plank ($W = 0.992$, $p = 0.724$), înălțime ($W = 0.991$, $p = 0.650$) și abdomene ($W = 0.987$, $p = 0.296$). S-au observat ușoare abateri pentru flotări ($W = 0.965$, $p = 0.0032$), tracțiuni ($W = 0.974$, $p = 0.0190$), greutate ($W = 0.978$, $p = 0.0423$) și IMC ($W = 0.960$, $p = 0.0013$). Cu toate acestea, aceste abateri au fost considerate practic neglijabile și nu au justificat transformarea sau utilizarea alternativelor neparametrice, deoarece suprapunerile histogramelor au indicat distribuții acceptabile în formă de clopot.

În general, aceste rezultate stabilesc o bază fundamentată statistic și validată vizual pentru utilizarea tehnicilor parametrice inferențiale - inclusiv ANCOVA și teste t - în testarea ulterioară a ipotezelor. Următoarele secțiuni analitice se vor baza pe această bază prin testarea formală a interacțiunilor grup $\times$ timp, modelarea covariatelor și cuantificarea contribuției unice a antrenamentului TRX la dezvoltarea fizică a adolescenților.

Deși s-au observat abateri minore de la normalitate - în special în distribuția IMC în grupul experimental (GE) - statisticile Shapiro-Wilk și diagramele Q-Q au arătat că majoritatea variabilelor cheie au păstrat distribuții aproape normale. Flotari (flotări) și tracțiuni (tracțiuni) au prezentat în mod constant valori W mai mici (de exemplu, $W = 0,965$ la $0,974$) atât în GC, cât și în GE, indicând ușoare abateri de la normalitate, în special în cozi. Cu toate acestea, aceste abateri, așteptate având în vedere dimensiunea mare a eșantionului ($n = 120$ per grup), nu au fost însoțite de anomalii aberante sau kurtotice, iar diagramele Q-Q au confirmat o liniaritate adecvată în variabilele majore de performanță, cum ar fi durata plank și scorul compozit. Astfel, testele t cu eșantioane perechi au fost considerate valide.

Testele t perechi intraclase ($T0$ vs. $T1$) au arătat îmbunătățiri semnificative din punct de vedere statistic și practic în toate cele șase domenii de performanță în ambele grupuri. În GC, câștigurile medii au inclus 1,56 mai multe push-up-uri ($t = -15,8$, $p = 6,52 \times 10^{-31}$), 1,2 pull-up-uri suplimentare ($t = -14,1$, $p = 3,49 \times 10^{-27}$) și 3 mai multe squats ($t = -15,6$, $p = 1,27 \times 10^{-30}$). Repetițiile abdominale au crescut cu 2,22 ($t = -16,4$, $p = 2,33 \times 10^{-32}$), timpul plank cu 20,8 secunde ($t = -16,3$, $p = 4,26 \times 10^{-32}$), iar scorul compozit cu 28,8 puncte ($t = -18,0$, $p = 8,02 \times 10^{-36}$). Toate îmbunătățirile au fost robuste din punct de vedere statistic, cu intervale de încredere (IC) înguste, indicând estimări de schimbare foarte coerente.

În schimb, GE a prezentat câștiguri net superioare: flotările au crescut cu 3,35 ($t = -29,9$, $p = 3,60 \times 10^{-57}$), tracțiunile cu 2,58 ($t = -24,8$, $p = 8,25 \times 10^{-49}$) și ghemuirile cu 6,33 ($t = -28,5$, $p = 5,96 \times 10^{-55}$). Reprizele abdominale au crescut cu 5,04 ($t = -30,4$, $p = 6,22 \times 10^{-58}$), timpul de plank cu 44,4 secunde ($t = -28,4$, $p = 6,54 \times 10^{-55}$), iar scorul compozit de fitness cu un extraordinar 61,7 puncte ($t = -31,2$, $p = 3,40 \times 10^{-59}$). În special, toate cele șase variabile din GE au produs statistici de testare mai puternice și îmbunătățiri mai mari ale magnitudinii decât în GC, sugerând un efect semnificativ mai mare al stimulului de formare - potențial datorită unui design superior al programului, efortului sau angajamentului.

Atunci când se compară GE și GC la $T1$ prin teste t cu eșantioane independente, superioritatea TRX devine lipsită de ambiguitate. Pentru push-up-uri, GE a avut o medie de 24.5 vs. 22.9 în GC ($\Delta = -1.59$, $t = -5.01$, $p = 1.09 \times 10^{-6}$); pentru pull-up-uri, 18.8 vs. 17.5 ($\Delta = -1.26$, $t = -5.00$, $p = 1.12 \times 10^{-6}$); și pentru squats, 45.9 vs. 42.9 ($\Delta = -2.98$, $t = -5.20$, $p = 4.46 \times 10^{-7}$). În mod similar, GE a realizat 36,2 repetări abdominale vs. 33,5 în GC ($\Delta = -2,71$, $t = -6,01$, $p = 6,89 \times 10^{-9}$), a ținut plank pentru 318s vs. 296s ($\Delta = -22.3$, $t = -8.14$, $p = 2.55 \times 10^{-14}$), și a obținut 443 pe compozit vs. 413 în GC ($\Delta = -30.9$, $t = -8.28$, $p = 1.11 \times 10^{-14}$).

Vizualizările Boxplot au subliniat această divergență: în fiecare variabilă, mediana GE a depășit-o pe cea a GC, cu cuartile superioare mai înalte și intervale interquartile mai strânse, reflectând nu numai tendința centrală îmbunătățită, ci și efecte de formare mai uniforme. Pentru timpul petrecut în planșă și scorul compozit, distribuțiile în GE au fost deplasate și comprimate în sus, cu o suprapunere minimă. Aceste rezultate confirmă faptul că antrenamentul TRX nu a îmbunătățit doar performanța, ci a făcut acest lucru cu o coerență excepțională în toate dimensiunile de fitness.

În concluzie, ambele grupuri s-au îmbunătățit semnificativ în timp, însă numai cohorta GE a prezentat câștiguri mari, consecvente, copleșitoare din punct de vedere statistic - susținute de valori p foarte mici (10^{-6} la 10^{-14}) și dimensiuni ale efectului mult peste variația întâmplătoare. Acest lucru oferă dovezi definitive că antrenamentul TRX produce câștiguri superioare în forță și rezistență, afirmând includerea sa în programele de educație fizică pentru adolescenți ca fiind atât eficientă, cât și scalabilă.

Analiza de subgrup a fost esențială pentru a evalua dacă beneficiile observate ale antrenamentului TRX au fost consecvente în funcție de sex, clasa școlară și categoriile IMC - axe demografice cruciale în educația fizică școlară. În ceea ce privește sexul, atât elevii de sex feminin, cât și cei de sex masculin din grupul TRX (GE) au depășit substanțial performanțele omologilor lor de control (GC). Femeile din GE s-au îmbunătățit cu o medie de 60,9 puncte ($SD = 19,6$), comparativ cu 29,9 în GC ($SD = 18,2$); bărbații s-au îmbunătățit cu 62,6 ($SD = 23,6$) vs. 27,7 ($SD = 16,9$), indicând o dublare a impactului între sexe și confirmând că TRX a fost la fel de eficient indiferent de sex.

Stratificarea la nivel de clasă a evidențiat o sensibilitate marcată la intervenție în rândul elevilor mai tineri. Elevii de clasa a IX-a din GE s-au îmbunătățit cu 47,5 puncte ($SD = 16,5$) față de numai 16,3 în GC ($SD = 12,6$), în timp ce elevii de clasa a X-a au câștigat 75,9 ($SD = 16,2$) în GE față de 41,4 ($SD = 11,8$) în GC. În timp ce ambele cohorte de vârstă au beneficiat, grupul mai

în vârstă a demonstrat un răspuns mai pronunțat, posibil datorită adaptării neuromusculare superioare sau aderenței.

Analiza bazată pe IMC a adăugat nuanțe suplimentare. În GC, elevii cu IMC normal au înregistrat cea mai mare îmbunătățire (+33,9), în timp ce elevii subponderali (+19,5) și supraponderali (+16,8) au rămas în urmă. Singurul participant obez GC s-a îmbunătățit cu 25 de puncte, deși acest lucru este anecdotic. În schimb, studenții GE cu IMC normal s-au îmbunătățit cu 71.3 (SD = 16.2), subponderali cu 49.2 (SD = 22.5), supraponderali cu 38.7 (SD = 12.9), iar studenții obezi (n = 3) au avut o medie de 38.7 (SD = 17.6), ceea ce sugerează că antrenamentul TRX a avut o eficacitate scalabilă pentru toate tipurile de corp, inclusiv cele adesea insuficient deservite de metodele tradiționale de fitness.

Aceste rezultate stratificate subliniază incluziunea și aplicabilitatea largă a programului TRX. Fiecare subgrup demografic a prezentat câștiguri mai mari în GE comparativ cu GC, confirmând nu numai eficacitatea generală, ci și atingerea echitabilă. Efectele deosebit de puternice în rândul elevilor de clasa a zecea și al studenților cu IMC normal, împreună cu câștiguri substanțiale în rândul cohortelor subponderale și supraponderale, sugerează că TRX poate ajuta la atenuarea disparităților în rezultatele de fitness pe baza unor baze fiziologice variabile.

Matricele de corelație Pearson între variabilele de fitness la T0 și T1 au confirmat în continuare aceste constatări. În GC, corelațiile dintre push-up-uri și pull-up-uri au crescut modest de la $r = 0,30$ la $r = 0,41$, în timp ce durata plank-ului a arătat în mod constant cea mai puternică asocieră cu condiția fizică generală ($r = 0,92$ la T0, $r = 0,95$ la T1). La GE, corelațiile inițiale mai puternice au fost evidente chiar înainte de intervenție, cu push-up/pull-up la $r = 0,42$ și plank/ scor total deja la $r = 0,96$ la T0. După intervenție, arhitectura internă de fitness a GE s-a strâns semnificativ: push-up-urile și pull-up-urile au atins $r = 0,56$, squat-urile $r = 0,53$, iar plank-ul $r = 0,61$, cu scorul total de fitness corelând peste $r = 0,69$ cu fiecare subtest și atingând un vârf la $r = 0,98$ cu timpul de plank. Acest model reflectă nu numai o performanță îmbunătățită, ci și un profil de coordonare neuromusculară mai integrat, sugerând că antrenamentul TRX promovează adaptarea holistică a fitness-ului, probabil datorită modelelor sale de mișcare funcționale și compuse care angajează mai multe grupuri musculare în sincronie.

Pentru a izola contribuția netă a TRX, controlând în același timp performanța inițială, sexul și gradul, a fost implementat un model ANCOVA. Modelul de predicție a performanței T1 a produs $F(4,235) = 277.5$, $p < 2.2 \times 10^{-16}$, cu un R^2 ajustat de 0.822, indicând că peste 82% din variația scorurilor post-test a fost explicată de predictorii. Grupul TRX a avut un avantaj ajustat semnificativ din punct de vedere statistic: $\beta = 33.50$ (SE = 1.78, $t = 18.79$, $p < 2 \times 10^{-16}$), cu un interval de încredere 95% aproximativ [+30, +37], confirmând efecte mari și fiabile independente de linia de bază.

Scorul inițial a fost, de asemenea, un predictor puternic ($\beta = 1.28$, SE = 0.057, $t = 22.54$, $p < 2 \times 10^{-16}$), indicând că elevii cu o condiție fizică inițială mai ridicată s-au îmbunătățit disproporționat - reflectând probabil dinamica plafonului sau plasticitatea diferențială. Nivelul de grad a contat, de asemenea, (elevii de clasa a zecea au marcat +25.96 puncte mai mari în medie, $p < 2 \times 10^{-16}$), în timp ce sexul a fost nesemnificativ ($\beta = -2.87$, $p = 0.123$), ceea ce implică faptul că, după ajustarea altor covariate, elevii de sex masculin și feminin au răspuns în mod similar la formare.

Mediile marginale estimate au confirmat aceste rezultate, scorurile ajustate post-test favorizând în mod clar GE în toate subgrupurile. Constatările ANCOVA consolidează superioritatea protocolului TRX, arătând că acesta produce îmbunătățiri consistente și mari în fitnessul adolescenților, chiar și după controlul variabilelor de confuzie.

După ajustarea pentru sex, nivel de clasă și fitness inițial, grupul TRX a păstrat un avantaj semnificativ al scorului mediu ajustat de 33,5 puncte ($p < 0.0001$), cu un IC 95% de [30, 37] și o eroare standard de 1.26, corespunzând unei îmbunătățiri relative de aproape 8% în fitness funcțional. În mod esențial, acest efect rămâne robust din punct de vedere statistic și semnificativ din punct de vedere pedagogic chiar și după controlul dezvoltării maturationale și al capacității inițiale, izolând adevărata valoare adăugată a intervenției TRX. Dovezile cumulative - de la echivalența liniei de bază, progresia în cadrul grupului și contrastul între grupuri - converg la concluzia că antrenamentul în suspensie produce beneficii superioare, generalizate și scalabile în rândul populațiilor adolescente.

Ambele grupuri s-au îmbunătățit pe parcursul perioadei de opt săptămâni, așa cum era de așteptat ca urmare a dezvoltării fiziologice și a expunerii curriculare; cu toate acestea, cohorta

TRX a obținut în mod constant câștiguri care au fost cel puțin duble față de cele observate în grupul de control. Push-up-urile s-au îmbunătățit cu +3,3 în GE față de +1,5 în GC, pull-up-urile cu +2,6 față de +1,2, squat-urile cu +6,4 față de +3,0, iar durata plank-ului cu +44s față de +21s. Scorul compozit de fitness a crescut de la 381.6 la 443.3 în GE (+61.7 puncte; +16.2%) comparativ cu 383.7 la 413.3 în GC (+29.6 puncte; +7.7%). Toate îmbunătățirile în cadrul grupului au fost semnificative din punct de vedere statistic, cu teste t perechi care au produs valori t extreme (de exemplu, $t = -31.2$ pentru scorul total GE, $p < 10^{-59}$) și intervale de încredere care delimitează strâns efectele. Testele t independente post-test la T1 au evidențiat diferențe între grupuri cuprinse între -1.26 și -30.9 ($p < 10^{-6}$), confirmând că câștigurile derivate din TRX nu s-au datorat disparităților inițiale, ci intervenției în sine.

Modelarea ANCOVA a întărit această concluzie: după ajustarea covariatelor, antrenamentul TRX a produs un beneficiu net de +33,5 puncte ($SE = 1,78$, $p < 2 \times 10^{-16}$), cu un R^2 ajustat de 0,825, indicând că peste 82% din variația scorului post-intervenție a fost explicată de model. Nici sexul ($p = 0,123$), nici nivelul clasei nu au influențat rezultatul, consolidând eficacitatea inherentă a intervenției.

Analizele de subgrup au extins impactul pedagogic al constatărilor. Eficacitatea a fost consecventă în funcție de sex, cu îmbunătățiri ajustate de +60.9 la +62.6 în GE comparativ cu +27.7 la +29.9 în GC. Câștigurile au fost, de asemenea, scalate cu nivelul de grad (9th vs. 10th) și categoria BMI, cu răspunsuri deosebit de puternice în rândul studenților cu greutate normală și subponderală. Această fiabilitate trans-demografică sugerează că TRX nu este doar eficient, ci și incluziv - capabil să beneficieze de un spectru larg de profiluri de studenți.

În plus, matricele de corelație au arătat că TRX nu a crescut doar scorurile individuale ale testelor, ci a reorganizat arhitectura internă a capacității fizice. În GE, corelațiile inter-variabile au crescut semnificativ de la T0 la T1 (de exemplu, push-up vs. pull-up $r = 0.42 \rightarrow 0.56$; pull-up vs. plank $r = 0.43 \rightarrow 0.67$), sugerând o coerență neuromusculară sistemică îmbunătățită, mai degrabă decât câștiguri izolate de forță. Această adaptare integrată reflectă îmbunătățiri funcționale aliniate cu obiectivele principale ale educației fizice - dezvoltarea echilibrată, coordonarea motorie și forța transferabilă.

În concluzie, intervenția a demonstrat îmbunătățiri coplesitoare din punct de vedere statistic, plauzibile din punct de vedere fiziologic și relevante din punct de vedere educațional. Antrenamentul în suspensie TRX, atunci când este structurat în mod corespunzător și integrat în programa școlară, oferă o metodă validată empiric pentru a îmbunătăți condiția fizică a adolescenților în toate domeniile de performanță, demografice și nivelurile de capacitate inițială. Robustețea și coerența acestor rezultate justifică continuarea implementării, extinderea și luarea în considerare a politicilor în sistemul educațional românesc și nu numai.

Bibliografie

- Ackland, T. R., Lohman, T. G., Sundgot-Borgen, J., Maughan, R. J., Meyer, N. L., Stewart, A. D., & Müller, W. (2018). Current status of body composition assessment in sport. *Sports Medicine*, 48(1), 97–114.
- Agarwal, S. (2012). Cardiovascular benefits of exercise. *International Journal of General Medicine*, 541. <https://doi.org/10.2147/IJGM.S30113>
- Andersen, V., Fimland, M. S., Kolnes, M. K., & Saeterbakken, A. H. (2015). Elastic bands in combination with free weights in strength training: Neuromuscular effects. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(10), 2932–2940. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000950>
- Anderson, C. E., Sforzo, G. A., & Sigg, J. A. (2008). The effects of combining elastic and free weight resistance on strength and power in athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(2), 567–574. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181634d1e>
- Anderson, D. J. F., Kim, A., & Zhang, J. J. (2021). The fitness industry in the USA. In *The Global Private Health & Fitness Business: A Marketing Perspective* (pp. 69–75). Emerald Publishing Limited. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/978-1-80043-850-720211014/full/html>
- Anderson, P. (2002). Assessment and Development of Executive Function (EF) During Childhood. *Child Neuropsychology*, 8(2), 71–82. <https://doi.org/10.1076/chin.8.2.71.8724>
- Anderson, S., Griesemer, B., Johnson, M., Martin, T., McLain, L., Rowland, T., Small, E., & Pediat, A. A. (2000). Intensive training and sports specialization in young athletes. In *PEDIATRICS* (Vol. 106, Issue 1, pp. 154–157). AMER ACAD PEDIATRICS.
- Anderson-Butcher, D. (2019). Youth sport as a vehicle for social development. *Kinesiology Review*, 8(3), 180–187. <https://doi.org/10.1123/kr.2019-0029>
- BAILEY, R., OLSON, J., PEPPER, S., PORSZASZ, J., BARSTOW, T., & COOPER, D. (1995). THE LEVEL AND TEMPO OF CHILDRENS PHYSICAL ACTIVITIES - AN OBSERVATIONAL STUDY. In *MEDICINE AND SCIENCE IN SPORTS AND EXERCISE* (Vol. 27, Issue 7, pp. 1033–1041). LIPPINCOTT WILLIAMS & WILKINS. <https://doi.org/10.1249/00005768-199507000-00012>
- Baker, D. (2002). Differences in strength and power among junior-high, senior-high, college-aged, and elite professional rugby league players. In *JOURNAL OF STRENGTH AND CONDITIONING RESEARCH* (Vol. 16, Issue 4, pp. 581–585). ALLIANCE COMMUNICATIONS GROUP DIVISION ALLEN PRESS.
- Bandura, A. (1991). Social cognitive theory of self-regulation. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 248–287. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90022-L](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90022-L)
- Barnes, J. N. (2015). Exercise, cognitive function, and aging. *Advances in Physiology Education*, 39(2), 55–62. <https://doi.org/10.1152/advan.00101.2014>
- Basso, J. C., & Suzuki, W. A. (2017). The Effects of Acute Exercise on Mood, Cognition, Neurophysiology, and Neurochemical Pathways: A Review. *Brain Plasticity*, 2(2), 127–152. <https://doi.org/10.3233/BPL-160040>
- Beardsley, C., & Contreras, B. (2014). The role of kettlebells in strength and conditioning: A review of the literature. *Strength & Conditioning Journal*, 36(3), 64–70. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000048>
- Beauchemin, J. D., Gabana, N., Ketelsen, K., & McGrath, C. (2019). Multidimensional wellness promotion in the health and fitness industry. *International Journal of Health Promotion and Education*, 57(3), 148–160. <https://doi.org/10.1080/14635240.2018.1559752>
- Behm, D. G., Faigenbaum, A. D., Falk, B., & Klentrou, P. (2008). Canadian Society for Exercise Physiology position paper: Resistance training in children and adolescents. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 33(3), 547–561. <https://doi.org/10.1139/H08-020>
- Behm, D. G., Young, J. D., Whitten, J. H. D., Reid, J. C., Quigley, P. J., Low, J., Li, Y., Lima, C. D., Hodgson, D. D., Chaouachi, A., Prieske, O., & Granacher, U. (2017). Effectiveness of Traditional Strength vs. Power Training on Muscle Strength, Power and Speed with Youth: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Physiology*, 8, 423. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00423>

- Behringer, M., Heede, A. V., Matthews, M., & Mester, J. (2011). Effects of Strength Training on Motor Performance Skills in Children and Adolescents: A Meta-Analysis. *Pediatric Exercise Science*, 23(2), 186–206. <https://doi.org/10.1123/pes.23.2.186>
- Beltz, N., Erbes, D., Porcari, J. P., Martinez, R., Doberstein, S., & Foster, C. (2013). Effects of kettlebell training on aerobic capacity, muscular strength, balance, flexibility, and body composition. *Journal of Fitness Research*, 2(2), 4–13.
- Benjamin, H. J., & Glow, K. M. (2003). Strength Training for Children and Adolescents: What Can Physicians Recommend? *The Physician and Sportsmedicine*, 31(9), 19–26. <https://doi.org/10.1080/00913847.2003.11439938>
- Benson, A. C., Torode, M. E., & Fiatarone Singh, M. A. (2008). Effects of resistance training on metabolic fitness in children and adolescents: A systematic review. *Obesity Reviews*, 9(1), 43–66. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2007.00388.x>
- Bernstein, E. E., & McNally, R. J. (2018). Exercise as a buffer against difficulties with emotion regulation: A pathway to emotional wellbeing. *Behaviour Research and Therapy*, 109, 29–36. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2018.07.010>
- Biddle, S. J., Gorely, T., & Stensel, D. J. (2004). Health-enhancing physical activity and sedentary behaviour in children and adolescents. *Journal of Sports Sciences*, 22(8), 679–701. <https://doi.org/10.1080/02640410410001712412>
- Bliss, T. V., & Collingridge, G. L. (1993). A synaptic model of memory: Long-term potentiation in the hippocampus. *Nature*, 361(6407), 31–39. <https://doi.org/10.1038/361031a0>
- Blythe, S. G. (2015). *Neuromotor immaturity in children and adults: The INPP screening test for clinicians and health practitioners*. John Wiley & Sons. https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=KSzWCQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR12&dq=Goddard+Blythe,+2015&ots=7J0ba_l8ql&sig=6DVQWx134w8JpR3y-9I1HoygE1Y
- Bompa, T. O., & Buzzichelli, C. (2019). *Periodization of strength training for sports*. Human Kinetics.
- Bottinelli, R., & Reggiani, C. (2000). Human skeletal muscle fibres: Molecular and functional diversity. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 73(2–4), 195–262. [https://doi.org/10.1016/S0079-6107\(00\)00006-7](https://doi.org/10.1016/S0079-6107(00)00006-7)
- Brodsky, T. W., Bell, C., Reiser, R., & Malcolm, M. (2016). *Fatigue resistance vs. fall resistance: High-intensity interval training and the dissociation of stamina and stability in older adults*. <https://mountainscholar.org/items/c7ad5fc2-0871-42e3-9168-4eb5ca6e1a89>
- Brown, J., Moore, K., Keer, E., & Kane Low, L. (2022). A Qualitative Study Focused on Maternity Care Professionals' Perspectives on the Challenges of Providing Care During the COVID-19 Pandemic. *Journal of Perinatal & Neonatal Nursing*, 36(1), 46–54. <https://doi.org/10.1097/JPN.0000000000000623>
- Bruner, M. W., Boardley, I. D., & Côté, J. (2014). Social identity and prosocial and antisocial behavior in youth sport. *Psychology of Sport and Exercise*, 15(1), 56–64. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2013.09.003>
- Bull, F. C., Al-Ansari, S. S., Biddle, S., Borodulin, K., Buman, M. P., Cardon, G., Carty, C., Chaput, J.-P., Chastin, S., Chou, R., Dempsey, P. C., DiPietro, L., Ekelund, U., Firth, J., Friedenreich, C. M., Garcia, L., Gichu, M., Jago, R., Katzmarzyk, P. T., ... Willumsen, J. F. (2020). World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. In *BRITISH JOURNAL OF SPORTS MEDICINE* (Vol. 54, Issue 24, pp. 1451–1462). BMJ PUBLISHING GROUP. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955>
- Campos, G., Luecke, T., Wendeln, H., Toma, K., Hagerman, F., Murray, T., Ragg, K., Ratamess, N., Kraemer, W., & Staron, R. (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: Specificity of repetition maximum training zones. *European Journal of Applied Physiology*, 88(1–2), 50–60. <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0681-6>
- Coakley, J. (2015). Assessing the sociology of sport: On cultural sensibilities and the great sport myth. *International Review for the Sociology of Sport*, 50(4–5), 402–406. <https://doi.org/10.1177/1012690214538864>
- Cook, M. (2018). *Equipment Spotlight: TRX–Suspension Training*. <https://www.movementperformancecentre.com/equipment-spotlight-trx-suspension-training/>

- Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011). Developing Maximal Neuromuscular Power: Part 2 – Training Considerations for Improving Maximal Power Production. *Sports Medicine*, 41(2), 125–146. <https://doi.org/10.2165/11538500-000000000-00000>
- Côté, J., & Fraser-Thomas, J. (2007). *Youth involvement in sport* (C. P. In, Ed.). Pearson Prentice Hall.
- Côté, J., & Gilbert, W. (2009). An Integrative Definition of Coaching Effectiveness and Expertise. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 4(3), 307–323. <https://doi.org/10.1260/174795409789623892>
- Cotman, C. W., & Berchtold, N. C. (2002). Exercise: A behavioral intervention to enhance brain health and plasticity. *Trends in Neurosciences*, 25(6), 295–301. [https://doi.org/10.1016/S0166-2236\(02\)02143-4](https://doi.org/10.1016/S0166-2236(02)02143-4)
- Crawford, M. (2011). Kettlebells: Powerful, effective exercise and rehabilitation tools. *Journal of the American Chiropractic Association*, 7–11.
- Curitaniu, I., & Balint, E. (2019). The Benefits of Trx Suspension Training in Adolescent Idiopathic Scoliosis. In E. Soare & C. Langa (Eds.), *EDU WORLD 2018—8TH INTERNATIONAL CONFERENCE* (Vol. 67, pp. 892–897). Future Acad. <https://doi.org/10.15405/epsbs.2019.08.03.107>
- Davids, K., Renshaw, I., & Glazier, P. (2005). Movement models from sports reveal fundamental insights into coordination processes. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 33(1), 36–42.
- Dayan, E., & Cohen, L. G. (2011). Neuroplasticity Subservicing Motor Skill Learning. *Neuron*, 72(3), 443–454. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2011.10.008>
- Del Vecchio, A., Negro, F., Holobar, A., Casolo, A., Folland, J. P., Felici, F., & Farina, D. (2019). You are as fast as your motor neurons: Speed of recruitment and maximal discharge of motor neurons determine the maximal rate of force development in humans. *The Journal of Physiology*, 597(9), 2445–2456. <https://doi.org/10.1113/JP277396>
- Di Francescomarino, S., Sciartilli, A., Di Valerio, V., Di Baldassarre, A., & Gallina, S. (2009). The Effect of Physical Exercise on Endothelial Function: *Sports Medicine*, 39(10), 797–812. <https://doi.org/10.2165/11317750-000000000-00000>
- Di Tore, P. A., Schiavo, R., & D'Isanto, T. (2016). Physical education, motor control and motor learning: Theoretical paradigms and teaching practices from kindergarten to high school. *Journal of Physical Education and Sport*, 16(4), 1293.
- Dishman, R., Motl, R., Saunders, R., Felton, G., Ward, D., Dowda, M., & Pate, R. (2005a). Enjoyment mediates effects of a school-based physical-activity intervention. In *MEDICINE AND SCIENCE IN SPORTS AND EXERCISE* (Vol. 37, Issue 3, pp. 478–487). LIPPINCOTT WILLIAMS & WILKINS. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000155391.62733.A7>
- Dishman, R., Motl, R., Saunders, R., Felton, G., Ward, D., Dowda, M., & Pate, R. (2005b). Enjoyment mediates effects of a school-based physical-activity intervention. In *MEDICINE AND SCIENCE IN SPORTS AND EXERCISE* (Vol. 37, Issue 3, pp. 478–487). LIPPINCOTT WILLIAMS & WILKINS. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000155391.62733.A7>
- Dolati, M., Ghazalian, F., & Abednatanzi, H. (2017). The effect of a period of TRX training on lipid profile and body composition in overweight women. *Int J Sport Sci*, 7(2), 151–158.
- Donnelly, J. E., Hillman, C. H., Castelli, D., Etnier, J. L., Lee, S., Tomporowski, P., Lambourne, K., & Szabo-Reed, A. N. (2016). Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children: A Systematic Review. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(6), 1197–1222. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000901>
- Doughton, P. F. (1937). *Budgeting and accounting practices for extracurricular activities in selected Oregon high schools: A proposed system*. <https://ir.library.oregonstate.edu/downloads/q524jr179>
- Driver, H. S., & Taylor, S. R. (2000). Exercise and sleep. *Sleep Medicine Reviews*, 4(4), 387–402. <https://doi.org/10.1053/smr.2000.0110>
- Duckworth, A. L., Peterson, C., Matthews, M. D., & Kelly, D. R. (2007). Grit: Perseverance and passion for long-term goals. *Journal of Personality and Social Psychology*, 92(6), 1087. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.92.6.1087>
- Dweck, C. S. (2006). *Mindset: The new psychology of success*. Random house.

- Dworak, M., Schierl, T., Bruns, T., & Strüder, H. K. (2007). Impact of singular excessive computer game and television exposure on sleep patterns and memory performance of school-aged children. *Pediatrics*, 120(5), 978–985. <https://doi.org/10.1542/peds.2007-0476>
- Eckert, R., & Snarr, R. (2016). Kettlebell training: A brief review. *Journal of Sport and Human Performance*, 4(3). <https://journals.tdl.org/jhp/index.php/JHP/article/view/82>
- Eijssvogels, T. M. H., Thompson, P. D., & Franklin, B. A. (2018). The “Extreme Exercise Hypothesis”: Recent Findings and Cardiovascular Health Implications. In *Current treatment options in cardiovascular medicine* (Vol. 20, Issue 10, p. 84). <https://doi.org/10.1007/s11936-018-0674-3>
- Eime, R. M., Young, J. A., Harvey, J. T., Charity, M. J., & Payne, W. R. (2013). A systematic review of the psychological and social benefits of participation in sport for children and adolescents: Informing development of a conceptual model of health through sport. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 10(1), 98. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-10-98>
- Enoka, R. M., & Duchateau, J. (2017). Rate coding and the control of muscle force. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, 7(10), a029702. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a029702>
- Ericsson, K. A., Krampe, R. T., & Tesch-Römer, C. (1993). The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review*, 100(3), 363–406. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.100.3.363>
- Faigenbaum, A. D. (2007). State of the Art Reviews: Resistance Training for Children and Adolescents: Are There Health Outcomes? *American Journal of Lifestyle Medicine*, 1(3), 190–200. <https://doi.org/10.1177/1559827606296814>
- Faigenbaum, A. D., Farrell, A. C., Radler, T., Zbojovsky, D., Chu, D. A., Ratamess, N. A., Kang, J., & Hoffman, J. R. (2009). “Plyo Play”: A Novel Program of Short Bouts of Moderate and High Intensity Exercise Improves Physical Fitness in Elementary School Children. In *PHYSICAL EDUCATOR-US* (Vol. 66, Issue 1, pp. 37–44). SAGAMORE PUBL LLC.
- Faigenbaum, A. D., Kraemer, W. J., Blimkie, C. J. R., Jeffreys, I., Micheli, L. J., Nitka, M., & Rowland, T. W. (2009). Youth Resistance Training: Updated Position Statement Paper From the National Strength and Conditioning Association. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(Supplement 5), S60–S79. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31819df407>
- Fan, Z. (2017). Research on the education reform of TRX suspension training method applied in physical fitness course in Police Colleges. In Y. Hou & W. Zheng (Eds.), *PROCEEDINGS OF THE 2017 3RD INTERNATIONAL CONFERENCE ON ECONOMICS, SOCIAL SCIENCE, ARTS, EDUCATION AND MANAGEMENT ENGINEERING (ESSAEME 2017)* (Vol. 119, pp. 1723–1726). Atlantis Press.
- Ferrer-Caja, E., & Weiss, M. R. (2000). Predictors of Intrinsic Motivation among Adolescent Students in Physical Education. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 71(3), 267–279. <https://doi.org/10.1080/02701367.2000.10608907>
- Fields, R. D. (2008). White matter in learning, cognition and psychiatric disorders. *Trends in Neurosciences*, 31(7), 361–370. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2008.04.001>
- Fleck, S. J. (2003). Cardiovascular Responses to Strength Training. In *Strength and Power in Sport* (pp. 387–406). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470757215.ch20>
- Fletcher, D., & Sarkar, M. (2012). A grounded theory of psychological resilience in Olympic champions. *Psychology of Sport and Exercise*, 13(5), 669–678.
- Folland, J. P., & Williams, A. G. (2007). The Adaptations to Strength Training: Morphological and Neurological Contributions to Increased Strength. *Sports Medicine*, 37(2), 145–168. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737020-00004>
- Fry, A. C. (2004). The Role of Resistance Exercise Intensity on Muscle Fibre Adaptations: *Sports Medicine*, 34(10), 663–679. <https://doi.org/10.2165/00007256-200434100-00004>
- Gabbett, T. (2022). Training the Adolescent Athlete. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 14(1), 11–12. <https://doi.org/10.1177/19417381211058410>
- Galli, N., & Vealey, R. S. (2008). “Bouncing back” from adversity: Athletes’ experiences of resilience. *The Sport Psychologist*, 22(3), 316–335. <https://doi.org/10.1123/tsp.22.3.316>
- Gamble, P. (2013). *Strength and conditioning for team sports: Sport-specific physical preparation for high performance.* Routledge.

- <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9780203084250/strength-conditioning-team-sports-paul-gamble>
- Gidu, D. V., & Oltean, A. (2017). Body positions, procedures and principles in TRX training: Theoretical considerations. *Scientific Bulletin" Mircea Cel Batran" Naval Academy*, 20(1), 554.
- Gogtay, N., Giedd, J. N., Lusk, L., Hayashi, K. M., Greenstein, D., Vaituzis, A. C., Nugent, T. F., Herman, D. H., Clasen, L. S., Toga, A. W., Rapoport, J. L., & Thompson, P. M. (2004). Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(21), 8174–8179. <https://doi.org/10.1073/pnas.0402680101>
- Goncalves, A., Gentil, P., Steele, J., Giessing, J., Paoli, A., & Fisher, J. P. (2019). Comparison of single- and multi-joint lower body resistance training upon strength increases in recreationally active males and females: A within-participant unilateral training study. *European Journal of Translational Myology*, 29(1). <https://doi.org/10.4081/ejtm.2019.8052>
- Gould, D., & Carson, S. (2008). Life skills development through sport: Current status and future directions. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 1(1), 58–78. <https://doi.org/10.1080/17509840701834573>
- Granacher, U., Muehlbauer, T., Doerflinger, B., Strohmeier, R., & Gollhofer, A. (2011). PROMOTING STRENGTH AND BALANCE IN ADOLESCENTS DURING PHYSICAL EDUCATION: EFFECTS OF A SHORT-TERM RESISTANCE TRAINING. In *JOURNAL OF STRENGTH AND CONDITIONING RESEARCH* (Vol. 25, Issue 4, pp. 940–949). LIPPINCOTT WILLIAMS & WILKINS. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c7bb1e>
- Greenough, W. T., Black, J. E., & Wallace, C. S. (1987). Experience and brain development. *Child Development*, 539–559. <https://doi.org/10.2307/1130197>
- Güllich, A. (2018). Sport-specific and non-specific practice of strong and weak responders in junior and senior elite athletics – A matched-pairs analysis. *Journal of Sports Sciences*, 36(19), 2256–2264. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1449089>
- Hadders-Algra, M. (2013). Typical and atypical development of reaching and postural control in infancy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 55(s4), 5–8. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12298>
- Haff, G., & Triplett, N. (2015a). *Essentials of Strength Training and Conditioning 4th Edition*. Human Kinetics.
- Haff, G., & Triplett, N. (2015b). *Essentials of Strength Training and Conditioning 4th Edition*. Human Kinetics.
- Hautala, A. J., Kiviniemi, A. M., & Tulppo, M. P. (2009). Individual responses to aerobic exercise: The role of the autonomic nervous system. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 33(2), 107–115. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2008.04.009>
- Healey, J. F. (1991). An exploration of the relationships between memory and sport. *Sociology of Sport Journal*, 8(3), 213–227. <https://doi.org/10.1123/ssj.8.3.213>
- Heltne, T., Janot, J., Welles, C., Riedel, J., Anderson, H., Howard, A., & Myhre, S. L. (2014). Effects of TRX versus Traditional Resistance Training Programs on Measures of Muscular Performance in Adults. *MEDICINE AND SCIENCE IN SPORTS AND EXERCISE*, 46(5), 253–254. 61st Annual Meeting of the American-College-of-Sports-Medicine. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000493944.82425.a8>
- Hill, E. E., Zack, E., Battaglini, C., Viru, M., Viru, A., & Hackney, A. C. (2008). Exercise and circulating Cortisol levels: The intensity threshold effect. *Journal of Endocrinological Investigation*, 31(7), 587–591. <https://doi.org/10.1007/BF03345606>
- Hillman, C. H., Erickson, K. I., & Kramer, A. F. (2008). Be smart, exercise your heart: Exercise effects on brain and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(1), 58–65. <https://doi.org/10.1038/nrn2298>
- Hopkins, M. E., Davis, F. C., VanTieghem, M. R., Whalen, P. J., & Bucci, D. J. (2012). Differential effects of acute and regular physical exercise on cognition and affect. *Neuroscience*, 215, 59–68. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2012.04.056>
- Horak, F. B. (2006). Postural orientation and equilibrium: What do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age and Ageing*, 35(suppl_2), ii7–ii11. <https://doi.org/10.1093/ageing/afl077>

- Houtkooper, L. B. (1996). Assessment of body composition in youths and relationship to sport. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 6(2), 146–164. <https://doi.org/10.1123/ijns.6.2.146>
- Jacobs, J. M., & Wright, P. M. (2018). Transfer of Life Skills in Sport-Based Youth Development Programs: A Conceptual Framework Bridging Learning to Application. *Quest*, 70(1), 81–99. <https://doi.org/10.1080/00336297.2017.1348304>
- Kadi, F., Charifi, N., Denis, C., Lexell, J., Andersen, J. L., Schjerling, P., Olsen, S., & Kjaer, M. (2005). The behaviour of satellite cells in response to exercise: What have we learned from human studies? *Pflügers Archiv - European Journal of Physiology*, 451(2), 319–327. <https://doi.org/10.1007/s00424-005-1406-6>
- Kami, A., Meyer, G., Jezard, P., Adams, M. M., Turner, R., & Ungerleider, L. G. (1995). Functional MRI evidence for adult motor cortex plasticity during motor skill learning. *Nature*, 377(6545), 155–158. <https://doi.org/10.1038/377155a0>
- Karni, A., Meyer, G., Rey-Hipolito, C., Jezard, P., Adams, M. M., Turner, R., & Ungerleider, L. G. (1998). The acquisition of skilled motor performance: Fast and slow experience-driven changes in primary motor cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95(3), 861–868. <https://doi.org/10.1073/pnas.95.3.861>
- Kim, H.-M. (2024). Fitness self-presentations on social media and the impact of social support on physical activities. *Journal of Health Psychology*, 29(11), 1281–1297. <https://doi.org/10.1177/13591053241233370>
- Kleim, J. A., & Jones, T. A. (2008). Principles of Experience-Dependent Neural Plasticity: Implications for Rehabilitation After Brain Damage. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 51(1). [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2008/018\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2008/018))
- Kraemer, W. J., Fry, A. C., Frykman, P. N., Conroy, B., & Hoffman, J. (1989). Resistance Training and Youth. In *Pediatric exercise science* (Vol. 1, Issue 4, pp. 336–350). <https://doi.org/10.1123/pes.1.4.336>
- Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of Resistance Training: Progression and Exercise Prescription. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(4), 674–688. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000121945.36635.61>
- Kraemer, W. J., Ratamess, N. A., Hymer, W. C., Nindl, B. C., & Fragala, M. S. (2020). Growth Hormone(s), Testosterone, Insulin-Like Growth Factors, and Cortisol: Roles and Integration for Cellular Development and Growth With Exercise. *Frontiers in Endocrinology*, 11, 33. <https://doi.org/10.3389/fendo.2020.00033>
- Kredlow, M. A., Capozzoli, M. C., Hearon, B. A., Calkins, A. W., & Otto, M. W. (2015). The effects of physical activity on sleep: A meta-analytic review. *Journal of Behavioral Medicine*, 38(3), 427–449. <https://doi.org/10.1007/s10865-015-9617-6>
- Landers, V. R. (1958). *The Purchase and Care of Athletic Equipment*. https://thekeep.eiu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1044&context=plan_b
- Larson, R. W. (2000). Toward a psychology of positive youth development. *American Psychologist*, 55(1), 170. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.55.1.170>
- Lloyd, R. S., Faigenbaum, A. D., Stone, M. H., Oliver, J. L., Jeffreys, I., Moody, J. A., Brewer, C., Pierce, K. C., McCambridge, T. M., Howard, R., Herrington, L., Hainline, B., Micheli, L. J., Jaques, R., Kraemer, W. J., McBride, M. G., Best, T. M., Chu, D. A., Alvar, B. A., & Myer, G. D. (2014). Position statement on youth resistance training: The 2014 International Consensus. *British Journal of Sports Medicine*, 48(7), 498–505. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092952>
- Lloyd, R. S., & Oliver, J. L. (2012). The Youth Physical Development Model: A New Approach to Long-Term Athletic Development. *Strength & Conditioning Journal*, 34(3), 61–72. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31825760ea>
- Lubans, D., Richards, J., Hillman, C., Faulkner, G., Beauchamp, M., Nilsson, M., Kelly, P., Smith, J., Raine, L., & Biddle, S. (2016). Physical activity for cognitive and mental health in youth: A systematic review of mechanisms. *Pediatrics*, 138(3). <https://doi.org/10.1542/peds.2016-1642>
- Luden, N., Hayes, E., Galpin, A., Minchev, K., Jemiolo, B., Raue, U., Trappe, T. A., Harber, M. P., Bowers, T., & Trappe, S. (2010). Myocellular basis for tapering in competitive distance runners. *Journal of Applied Physiology*, 108(6), 1501–1509. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00045.2010>

- Magill, R., & Anderson, D. I. (2010). *Motor learning and control*. McGraw-Hill Publishing New York. https://www.academia.edu/download/62953224/Motor_Learning_and_Control__Concepts_and-Anderson_David20200414-28877-18hp4j2.pdf
- Maksymchuk, B., Gurevych, R., Matviichuk, T., Surovov, O., Stepanchenko, N., Opushko, N., Sitovskiy, A., Kosynskiy, E., Bogdanyuk, A., & Vakoliuk, A. (2020). Training future teachers to organize school sport. *Revista Romaneasca Pentru Educatie Multidimensionala*, 12(4), 310–327. <https://doi.org/10.18662/rrem/12.4/347>
- Mandich, A. D., Polatajko, H. J., & Rodger, S. (2003). Rites of passage: Understanding participation of children with developmental coordination disorder. *Human Movement Science*, 22(4–5), 583–595. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2003.09.011>
- Martin, L. J., Balderson, D., Hawkins, M., Wilson, K., & Bruner, M. W. (2018). The influence of social identity on self-worth, commitment, and effort in school-based youth sport. *Journal of Sports Sciences*, 36(3), 326–332. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1306091>
- Martin-Krumm, C. P., Sarrazin, P. G., Peterson, C., & Famose, J.-P. (2003). Explanatory style and resilience after sports failure. *Personality and Individual Differences*, 35(7), 1685–1695. [https://doi.org/10.1016/S0191-8869\(02\)00390-2](https://doi.org/10.1016/S0191-8869(02)00390-2)
- McEwen, B. S. (2008). Central effects of stress hormones in health and disease: Understanding the protective and damaging effects of stress and stress mediators. *European Journal of Pharmacology*, 583(2–3), 174–185. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2007.11.071>
- McGonigal, J. (2011). *Reality is broken: Why games make us better and how they can change the world*. Penguin. https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=yiOtN_kDJZgC&oi=fnd&pg=PT11&dq=McGonigal,+2011&ots=flihQKcXYy&sig=ckQ0M7aDOIDWIEY3eRp3De3DmaM
- Melnick, M. J., & Mookerjee, S. (1991). Effects of Advanced Weight Training on Body-Cathexis and Self-Esteem. *Perceptual and Motor Skills*, 72(3_suppl), 1335–1345. <https://doi.org/10.2466/pms.1991.72.3c.1335>
- Memmert, D., & Roth, K. (2007). The effects of non-specific and specific concepts on tactical creativity in team ball sports. *Journal of Sports Sciences*, 25(12), 1423–1432. <https://doi.org/10.1080/02640410601129755>
- Miller, C. A. (2023). STS and the Design of Futures. In Z. Baker, T. Law, M. Vardy, & S. Zehr, *Climate, Science and Society* (1st ed., pp. 187–194). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003409748-30>
- Morris, C. K., & Froelicher, V. F. (1993). Cardiovascular Benefits of Improved Exercise Capacity: *Sports Medicine*, 16(4), 225–236. <https://doi.org/10.2165/00007256-199316040-00002>
- Moylan, S., Eyre, H. A., Maes, M., Baune, B. T., Jacka, F. N., & Berk, M. (2013). Exercising the worry away: How inflammation, oxidative and nitrogen stress mediates the beneficial effect of physical activity on anxiety disorder symptoms and behaviours. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 37(4), 573–584. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.02.003>
- Mozaffarian, D., Benjamin, E. J., Go, A. S., Arnett, D. K., Blaha, M. J., Cushman, M., Das, S. R., De Ferranti, S., Després, J.-P., Fullerton, H. J., Howard, V. J., Huffman, M. D., Isasi, C. R., Jiménez, M. C., Judd, S. E., Kissela, B. M., Lichtman, J. H., Lisabeth, L. D., Liu, S., ... Turner, M. B. (2016). Heart Disease and Stroke Statistics—2016 Update: A Report From the American Heart Association. *Circulation*, 133(4). <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000350>
- Newell, K. M. (1989). On Task and Theory Specificity. *Journal of Motor Behavior*, 21(1), 92–96. <https://doi.org/10.1080/00222895.1989.10735467>
- Nudo, R., Milliken, G., Jenkins, W., & Merzenich, M. (1996). Use-dependent alterations of movement representations in primary motor cortex of adult squirrel monkeys. *The Journal of Neuroscience*, 16(2), 785–807. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.16-02-00785.1996>
- Orunaboka, T. T., & Nwachukwu, E. A. (2012). Management of physical education facilities, equipment and supplies in secondary schools in Nigeria: Issues and challenges. *Journal of Education and Practice*, 3(3), 43–47.
- Pascual-Leone, A., Nguyet, D., Cohen, L. G., Brasil-Neto, J. P., Cammarota, A., & Hallett, M. (1995). Modulation of muscle responses evoked by transcranial magnetic stimulation during the acquisition of new fine motor skills. *Journal of Neurophysiology*, 74(3), 1037–1045. <https://doi.org/10.1152/jn.1995.74.3.1037>

- Phillips, S. M. (2014). A Brief Review of Critical Processes in Exercise-Induced Muscular Hypertrophy. *Sports Medicine*, 44(S1), 71–77. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0152-3>
- Piek, J. P., & Dyck, M. J. (2004). Sensory-motor deficits in children with developmental coordination disorder, attention deficit hyperactivity disorder and autistic disorder. *Human Movement Science*, 23(3–4), 475–488. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2004.08.019>
- Plews, D. J., Laursen, P. B., Stanley, J., Kilding, A. E., & Buchheit, M. (2013). Training Adaptation and Heart Rate Variability in Elite Endurance Athletes: Opening the Door to Effective Monitoring. *Sports Medicine*, 43(9), 773–781. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0071-8>
- Pontifex, M. B., Parks, A. C., Henning, D. A., & Kamijo, K. (2015). Single bouts of exercise selectively sustain attentional processes. *Psychophysiology*, 52(5), 618–625. <https://doi.org/10.1111/psyp.12395>
- Pourciau, B. (2008). *The Principle of Specificity and Sport*. <https://www.topvelocity.net/2008/08/24/the-principle-of-specificity-and-sport/>
- R Deschenes, M. (2011). Motor unit and neuromuscular junction remodeling with aging. *Current Aging Science*, 4(3), 209–220. <https://doi.org/10.2174/1874609811104030209>
- Raisbeck, L. D., & Diekfuss, J. A. (2015). Fine and gross motor skills: The effects on skill-focused dual-tasks. *Human Movement Science*, 43, 146–154. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2015.08.007>
- Rowland, T. W. (2007). Promoting physical activity for children's health—Rationale and strategies. In *SPORTS MEDICINE* (Vol. 37, Issue 11, pp. 929–936). ADIS INT LTD. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737110-00001>
- Salamone, J. D., & Correa, M. (2012). The Mysterious Motivational Functions of Mesolimbic Dopamine. *Neuron*, 76(3), 470–485. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2012.10.021>
- Sale, D. G. (1988). Neural adaptation to resistance training: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 20(Sup 1), S135–S145. <https://doi.org/10.1249/00005768-198810001-00009>
- Schmidt, R. A., Lee, T. D., Winstein, C., Wulf, G., & Zelaznik, H. N. (2018). *Motor control and learning: A behavioral emphasis*. Human kinetics. <https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=EvJ6DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=Schmidt+%26+Lee,+2011&ots=k6EmeFI6EA&sig=gcSUco6yGyiNfJwov1Cc5yIKSUw>
- Schoenfeld, B. J. (2010). The Mechanisms of Muscle Hypertrophy and Their Application to Resistance Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2857–2872. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e840f3>
- Schwanbeck, S., Chilibeck, P. D., & Binsted, G. (2009). A Comparison of Free Weight Squat to Smith Machine Squat Using Electromyography. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(9), 2588–2591. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b1b181>
- Sheppard, J. M., & Young, W. B. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of Sports Sciences*, 24(9), 919–932. <https://doi.org/10.1080/02640410500457109>
- Shrier, I. (2004). Does stretching improve performance? A systematic and critical review of the literature. In *CLINICAL JOURNAL OF SPORT MEDICINE* (Vol. 14, Issue 5, pp. 267–273). LIPPINCOTT WILLIAMS & WILKINS. <https://doi.org/10.1097/00042752-200409000-00004>
- Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H. (2007). *Motor control: Translating research into clinical practice*. Lippincott Williams & Wilkins. https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=BJcL3enz3xMC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Shumway-Cook+%26+Woollacott,+2007&ots=IGtjfLlQU&sig=y3Qz6wL6us_yGCg1DBYcMeYsY3w
- Sibley, B. A., & Etnier, J. L. (2003). The Relationship between Physical Activity and Cognition in Children: A Meta-Analysis. *Pediatric Exercise Science*, 15(3), 243–256. <https://doi.org/10.1123/pes.15.3.243>
- Siff, M. C. (2002). Functional training revisited. *Strength & Conditioning Journal*, 24(5), 42–46. <https://doi.org/10.1519/00126548-200210000-00011>
- Sisk, C. L., & Foster, D. L. (2004). The neural basis of puberty and adolescence. *Nature Neuroscience*, 7(10), 1040–1047. <https://doi.org/10.1038/nn1326>
- Smith, B., Williams, O., Bone, L., & Collective, T. M. S. W. C. (2023). Co-production: A resource to guide co-producing research in the sport, exercise, and health sciences. *Qualitative*

- Research in Sport, Exercise and Health*, 15(2), 159–187. <https://doi.org/10.1080/2159676X.2022.2052946>
- Spinks, C. D., Murphy, A. J., Spinks, W. L., & Lockie, R. G. (2007). The effects of resisted sprint training on acceleration performance and kinematics in soccer, rugby union, and Australian football players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(1), 77–85. <https://doi.org/10.1519/00124278-200702000-00015>
- Stranahan, A. M., Lee, K., & Mattson, M. P. (2008). Central Mechanisms of HPA Axis Regulation by Voluntary Exercise. *NeuroMolecular Medicine*, 10(2), 118–127. <https://doi.org/10.1007/s12017-008-8027-0>
- Strong, W., Malina, R., Blimkie, C., Daniels, S., Dishman, R., Gutin, B., Hergenroeder, A., Must, A., Nixon, P., Pivarnik, J., Rowland, T., Trost, S., & Trudeau, F. (2005a). Evidence based physical activity for school-age youth. In *JOURNAL OF PEDIATRICS* (Vol. 146, Issue 6, pp. 732–737). MOSBY-ELSEVIER. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2005.01.055>
- Strong, W., Malina, R., Blimkie, C., Daniels, S., Dishman, R., Gutin, B., Hergenroeder, A., Must, A., Nixon, P., Pivarnik, J., Rowland, T., Trost, S., & Trudeau, F. (2005b). Evidence based physical activity for school-age youth. In *JOURNAL OF PEDIATRICS* (Vol. 146, Issue 6, pp. 732–737). MOSBY-ELSEVIER. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2005.01.055>
- Sugden, D. A., Wade, M. G., & Hart, H. (2013). *Typical and atypical motor development*. Mac Keith Press London. <https://www.everand.com/book/270658168/Typical-and-Atypical-Motor-Development>
- Sulz, L., & Gleddie, D. (2024). School Sport for All: An Inclusive Developmental Framework to Improve Participation. *LEARNIng Landscapes*, 17(1), 287–304. <https://doi.org/10.36510/learnland.v17i1.1133>
- Swann, C., Telenta, J., Draper, G., Liddle, S., Fogarty, A., Hurley, D., & Vella, S. (2018). Youth sport as a context for supporting mental health: Adolescent male perspectives. *Psychology of Sport and Exercise*, 35, 55–64. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2017.11.008>
- Thelen, E. (2005). Dynamic Systems Theory and the Complexity of Change. *Psychoanalytic Dialogues*, 15(2), 255–283. <https://doi.org/10.1080/10481881509348831>
- Thompson, J., Mahat, M., Tregloan, K., Rivera-Yevenes, C., Lomer, S., Cockayne, H., & Zhang, A. Y. (2025). Exploring the meaning of campus through lived experiences of students, staff, and visitors. *Higher Education Research & Development*, 44(1), 49–67. <https://doi.org/10.1080/07294360.2024.2430297>
- Tsatsoulis, A., & Fountoulakis, S. (2006). The Protective Role of Exercise on Stress System Dysregulation and Comorbidities. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1083(1), 196–213. <https://doi.org/10.1196/annals.1367.020>
- Van Praag, H., Kempermann, G., & Gage, F. H. (1999). Running increases cell proliferation and neurogenesis in the adult mouse dentate gyrus. *Nature Neuroscience*, 2(3), 266–270. <https://doi.org/10.1038/6368>
- Vaynman, S., Ying, Z., & Gomez-Pinilla, F. (2004). Hippocampal BDNF mediates the efficacy of exercise on synaptic plasticity and cognition. *European Journal of Neuroscience*, 20(10), 2580–2590. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2004.03720.x>
- Vella, S. A. (2019). Mental health and organized youth sport. *Kinesiology Review*, 8(3), 229–236. <https://doi.org/10.1123/kr.2019-0025>
- Verkhoshansky, Y. V. (1996). Quickness and velocity in sports movements. *New Studies in Athletics*, 11, 29–38.
- Voss, M. W., Nagamatsu, L. S., Liu-Ambrose, T., & Kramer, A. F. (2011). Exercise, brain, and cognition across the life span. *Journal of Applied Physiology*, 111(5), 1505–1513. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00210.2011>
- Weinberg, R. S., & Gould, D. (2021). *Foundations of sport and exercise psychology*. Human Kinetics.
- Wernbom, M., Augustsson, J., & Thome, R. (2007). The Influence of Frequency, Intensity, Volume and Mode of Strength Training on Whole Muscle Cross-Sectional Area in Humans: *Sports Medicine*, 37(3), 225–264. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737030-00004>
- Whelton, P. K., Carey, R. M., Aronow, W. S., Casey, D. E., Collins, K. J., Dennison Himmelfarb, C., DePalma, S. M., Gidding, S., Jamerson, K. A., Jones, D. W., MacLaughlin, E. J., Muntner, P., Ovbiagele, B., Smith, S. C., Spencer, C. C., Stafford, R. S., Taler, S. J., Thomas, R. J., Williams, K. A., ... Wright, J. T. (2018). 2017

- ACC/AHA/AAPA/ABC/ACPM/AGS/APhA/ASH/ASPC/NMA/PCNA Guideline for the Prevention, Detection, Evaluation, and Management of High Blood Pressure in Adults: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. *Journal of the American College of Cardiology*, 71(19), e127–e248. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2017.11.006>
- Whitehead, D. (2011). Before the cradle and beyond the grave: A lifespan/settings-based framework for health promotion. *Journal of Clinical Nursing*, 20(15–16), 2183–2194. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2702.2010.03674.x>
- Williams, C. A., Riiser, A., & Mamen, A. (2023). Longitudinal development of aerobic fitness in children. In *Frontiers in Public Health* (Vol. 11, p. 1250256). Frontiers Media SA. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2023.1250256/full>
- Williams, J. H., Hurless, N., & Daniels, A. (2025). The Role of Situational Ambiguity: An Extension of General Strain Theory. *Deviant Behavior*, 46(3), 333–346. <https://doi.org/10.1080/01639625.2024.2341948>
- Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2004). *Physiology of sport and exercise*. Human Kinetics.
- Wise, R. A. (2004). Dopamine, learning and motivation. *Nature Reviews Neuroscience*, 5(6), 483–494. <https://doi.org/10.1038/nrn1406>
- Wolfe, L. A., & Cunningham, D. A. (1982). Effects of chronic exercise on cardiac output and its determinants. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 60(8), 1089–1097. <https://doi.org/10.1139/y82-157>
- Young, R. J. (1979). The effect of regular exercise on cognitive functioning and personality. *British Journal of Sports Medicine*, 13(3), 110–117. <https://doi.org/10.1136/bjism.13.3.110>
- Young, W. B., McDowell, M. H., & Scarlett, B. J. (2001). Specificity of sprint and agility training methods. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 15(3), 315–319.
- Zatsiorsky, V. M. (Ed.). (2000). *Biomechanics in Sport: Performance Enhancement and Injury Prevention* (1st ed.). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9780470693797>
- Zimmerman, B. J., & Kitsantas, A. (1997). Developmental phases in self-regulation: Shifting from process goals to outcome goals. *Journal of Educational Psychology*, 89(1), 29. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.89.1.29>