

**MINISTERUL EDUCAȚIEI
UNIVERSITATEA “BABEȘ-BOLYAI” CLUJ-NAPOCA
FACULTATEA DE EDUCAȚIE FIZICĂ ȘI SPORT
ȘCOALA DOCTORALĂ DE EDUCAȚIE FIZICĂ ȘI SPORT**

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

**TEHNOLOGII DIGITALE PENTRU DEZVOLTAREA COORDONĂRII
MOTORII PRIN PERCEPȚIE-AȚIUNE**

Conducător științific,

Prof. univ. dr. Emilia Florina Grosu

Supraveghetor Co-Tutela

Prof. Univ. Dr. Dario Colella

Student doctorand

Nicola Mancini

Cluj – Napoca

2023

Lista cu lucrările originale publicate 2021-2023

- 1) **Mancini N**, Mancini S, Grosu E,F. (2023). Effects of integrated training with the use of action perception light sensors on agility, quickness and motor reaction in female volleyball players. Italian Journal of Health Education, Sport and Inclusive Didactis ISSN:2532-3296.V.7,N.2,(2023).
<https://doi.org/10.32043/gsd.v7i2.846>
- 2) Moscatelli F, Toto G, Valenzano A, Cibelli G, Monda V, Limone P, **Mancini N**, Messina A, Marsala G, Messina G, Polito R. (2023). High frequencies (HF) repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) increase motor coordination performances in volleyball players. BMC Neuroscience ISSN: 1471-2202. 23 May 2023.
[doi: 10.1186/s12868-023-00796-2](https://doi.org/10.1186/s12868-023-00796-2)
- 3) **Mancini N**, Colella D, Grosu V T. (2022). Relations between agility tests and motor reaction times in young sportsmen. Proceedings of the 10th Edition of International Scientific Conference; “The infinity of human performance”; September 15-16, 2022 Targu – Jiu;Academica Brancusi” Publishing House, 2022, ISSN2344–1003;ISSN–L2344–1003
<https://www.utgiu.ro/fefs/cercetare/2022/MANCINI.pdf>
- 4) **Mancini N**, Grosu E F, Maussier N, Colella D. (2022). Reaction times, agility and body mass index: differences between boys and girls in multisport. 8th International Conference “Education for health and performance” organized by the Universitaria Consortium. Cluj-Napoca, Romania, October 21-22, 2022
- 5) Colella D, Monacis D, d’Arando C, **Mancini N**, Massari F. (2023). The learning of motor competencies through different teaching styles. Analysis of the behavior of the Physical Education teacher in secondary school. XIII National Congress SISMES: Research and Training Applied to Motor Sciences, Milan (Italy) 4-6 November 2022. Sport Sci Health (2023) 19 (Suppl 1):S1–S149.
<https://doi.org/10.1007/s11332-022-01027-7>

- 6) Colella D, Monacis D, Cinquepalmi D, Mancini N. (2022). Physical education and motor skills in primary school: the SBAM project! – Health Wellness Nutrition, Movement at school. *Science and Movement*, N. 28 January-March 2022 (pp. 35-49)
- 7) Monacis D, **Mancini N**, d'Arando C & Colella D. (2021). Non-linear learning and teaching styles in physical education and sport. A new paradigm for Teachers?, as part of the thematic session "Psychophysical well-being, motor and sports education and embodiment", Research on Educational Neuroscience (REN), 30-31 March 2021, virtual conference.
- 8) Fiorenzo Moscatelli, Giuseppe Cibelli, Anna Valenzano, Vincenzo Monda, Giovanni Messina, Chiara Porro, Gabriella Marsala, **Nicola Mancini**, Maria Antonietta Panaro, Antonietta Messina, Rita Polito. (2023). Dorsal lateral prefrontal cortex (DLPFC) stimulation improves reaction time and percentage of errors in volleyball players. *Under review in Sports - MDPI, ISSN: 2075-4663*
- 9) Fiorenzo Moscatelli, Giusi Toto, Antonietta Messina, Marcellino Monda, Vincenzo Monda, Giuseppe Cibelli, Anna Valenzano, **Nicola Mancini**, Gabriella Marsala, Maria Ida de Stefano, Pierpaolo Limone, Giovanni Messina, Rita Polito. (2023). Evaluation of Orexin-A salivary levels and its correlation with attention after non-invasive brain stimulation in volleyball players. *Under review in International Journal of Molecular Sciences –MDPI, ISSN: 1422-0067*

ABREVIERI

AP = Anti – Fază

BMI = Indicele de masa corporala

bpm = bataie pe minut

CG = Grupul de control

CMCT = Timpul de conducere al motorului central

d= d-Cohen 's dimensiunea efectului

DLPFC = Cortexul prefrontal dorsolateral

DX = Diferența de mijloace

EF = Functii executive

EG = Grupul experimental

EMG = Electromiografie

gl = gradul de libertate

HAT = Testul de agilitate Exagon

HF = Frecvențe înalte

ICC = Coeficientul de corelație interclasă

IP = În – fază

ip% = creste la suta

LED = Dioda electro luminiscenta

M = Rău

M1 = Cortexul motor primar

MEP = Potențialul evocat motor

MT = Pragul motorului

NIBS = Stimulare non-invazivă a creierului

p = semnificație

PAD = Dispozitive de percepție-acțiune

PCF = Funcții cognitive perceptive

RA = Agilitate reactivă

RGB LED = Roșu Verde Albastru Diodă emițătoare de lumină

RT = Timp de reacție

RTc = Timp de reacție complex

rTMS = Stimulare magnetică transcraniană repetitivă

RTs = Timp de reacție simplu

RTsLL = Timp de reacție membru inferior simplu

RTsUL = Timp de reacție membru superior simplu

SD = Deviație standard

spTMS = Stimulare magnetică transcraniană cu un singur impuls

S-R = Stimul – Răspuns

TEC = Teoria codificării evenimentelor

TES = Stimularea electrică transcraniană

TLL = Atingerea membrului inferior

TMS = Stimulare magnetică transcraniană

TUL = Atingerea membrului superior

VTA = Regiunea ventrală tegmentală

CUPRINS

INTRODUCERE.....	1
Enunțarea problemei.....	2
PARTEA I BAZELE TEORETICE ALE CERCETĂRII	5
CAPITOLUL I PERCEPȚIA SENZORIALĂ.....	6
1.1 Percepție-Acțiune	6
1.2 Atenția	6
1.3 Programe motorii.....	7
1.4 Mișcarea umană.....	7
CAPITOLUL II CAPACITATEA DE COORDONARE	8
2.1 Coordonarea motorie.....	8
2.2 Clasificarea abilităților de coordonare	9
CAPITOLUL III Agilitatea și rapiditatea	11
3.1 Premiză.....	11
3.2 Factorii agilității	12
3.3 Agilitatea reactivă.....	12
3.4 Factorii rapidității	12
3.5 Tempo de reacție motorie (RT).....	13
3.6 Măsurarea timpului de reacție: probleme	14
CAPITOLUL IV STIMULAREA MAGNETICĂ TRANSCRANIANĂ	15
4.1 Stimulările non-invazive ale creierului (NIBS-TES).....	15
4.2 MEP (potențial motor evocat)	16
4.3 Pragul motor (MT)	16
4.4 Stimularea magnetică transcraniană repetitivă (rTMS).....	16
CAPITOLUL V DISPOZITIVELE DE PERCEPȚIE-AȚIUNE CU TEHNOLOGIA LED	17
5.1 Sistemele de percepție-ațiune în sport.....	17
5.2 Funcționare.....	17
5.3 Considerații	18

PARTE II STUDII EXPERIMENTALE	20
CAPITOLUL VI STUDIU PILOT	21
6.1 Premiza.....	21
6.2 Scopul studiului pilot.....	22
6.3 Materiale și metode	22
6.3.1 Subiecți.....	22
6.4 Metodologie.....	22
6.4.1 Test motor: Testul de agilitate în formă de hexagon (HAT).....	23
6.4.2 Teste cognitive-motorii	23
6.4.3 Analiză statistică	24
6.5 Rezultate și Discuție.....	24
6.6 Concluzii și limitări	25
CAPITOLUL VII EXPERIMENT 1	26
7.1 Introducere.....	26
7.2 Materiale și metode	27
7.2.1 Participanți	27
7.2.2 Măsurări și instrumente	27
7.2.3 Proceduri	27
7.2.4 Analiza statistică	28
7.3 Rezultat și discuții	28
7.4 Concluzii și recomandări.....	29
7.5 Limitări.....	29
CAPITOLUL VIII EXPERIMENT II.....	30
8.1 Introducere.....	30
8.2 Materiale și metode	31
8.2.1 Participanți	31
8.2.2 Proiectarea și procedura cercetării	31
8.2.3 Măsurători și instrumente.....	31

8.2.4	Analiza Statistică.....	32
8.3	Rezultat si discutie.....	33
8.4	Concluzie.....	33
8.5	Limite	34
CAPITOLUL IX EXPERIMENTUL 3.....		35
9.1	Introducere.....	35
9.2	Materiale și metode	36
9.2.1	Proiectarea studiului.....	36
9.2.2	Analizele statistice.....	37
9.3	Rezultate și discuții	37
9.4	Concluzii și limitări	38
CONCLUZIA CERCETĂRII		39
REFERINȚE		42

INTRODUCERE

Cuvinte cheie: coordonare, agilitate, rapiditate, instrumente percepție-acțiunii, funcții executive, funcții perceptiv-cognitive, antrenament cognitiv-motor, neurocogniție.

În ultimii 20 de ani, cercetarea s-a implicat din ce în ce mai mult în înțelegerea modului în care utilizarea tehnologiilor în domeniul motor și sportiv poate contribui în mod pozitiv la îmbunătățirea calitativă și cantitativă a proceselor de învățare, a metodologiilor de antrenament, a metodelor și instrumentelor de evaluare și stocare a datelor referitoare la activitatea fizică și performanțele motorii. Utilizarea suporturilor multimedia în sport a devenit indispensabilă în procesul modern de antrenament. În ultimii zece ani, abordarea organizării antrenamentului sportiv s-a schimbat radical, atât în contextul amatorilor, cât și profesionist, precum și în formarea tinerilor sportivi în cluburi sportive și școli. Datorită răspândirii universale a digitalizării, sunt utilizate în mod extins numeroase dispozitive pentru înregistrarea și analizarea parametrilor de antrenament. În lumea sportului, studiile privind funcțiile executive (EF) și funcțiile perceptiv-cognitive (PCF) sunt deosebit de interesante, adică acele competențe necesare pentru prelucrarea informațiilor și adaptarea rapidă la schimbările rapide din context, atât în termeni de complexitate, cât și de situații. Atât în sport, cât și în alte contexte, cum ar fi cel educațional, este tot mai frecventă utilizarea unor mijloace de învățare și antrenament care cresc sensibilitatea la sursele de informații perceptiv. Antrenorii și profesorii par să arate o apreciere intuitivă față de această metodologie, modificând, limitând și îmbunătățind calitatea și cantitatea informațiilor perceptiv care înconjoară elevii. Validitatea acestor strategii de învățare în contexte sportive și educaționale este încă insuficient cercetată. Prezenta cercetare, ca un abordaj ecologic, îmbrățișează ideea cunoscută sub numele de cuplaj percepție-acțiune, în care mișcarea creează informații care, la rândul lor, guvernează alte mișcări (Kensler & Gibson, 1969), astfel că trebuie să percepem pentru a ne mișca, dar trebuie și să ne mișcăm pentru a percepe. Percepția și acțiunea nu lucrează în compartimente separate, ci interacționează direct și ciclic, în alte cuvinte, percepția este o invitație la acțiune, iar acțiunea este o componentă esențială a percepției (Gibson, 2014).

Le funcții executive (EF) sunt deosebit de relevante în situații complexe de activitate motorie și sportivă, situații în care răspunsurile motorii implică raționamentul, rezolvarea problemelor și planificarea. În situațiile de joc sau competiție, este esențial să poți interpreta

diferitele situații și să poți evalua rapid o serie de variabile interne și externe ale corpului în mișcare pentru a selecta un comportament motor adecvat, chiar și în condiții de stres emoțional. (Vestberg et al., 2017).

Funcțiile executive (EF) pot fi antrenate și îmbunătățite prin practică și experiență. Metodologiile și instrumentele actuale din neuroștiințele aplicate în sport pot fi aplicate pentru îmbunătățirea performanțelor, creșterea disponibilității energetice a unui sportiv prin optimizarea funcțională a performanței sportive. Instrumente precum dispozitivele de percepție-acțiune (DPA) și utilizarea stimulării magnetice transcraniene (TMS) reprezintă un exemplu în această cercetare. Coordonarea motorie asigură faptul că o acțiune motorie este realizată în cel mai adecvat mod pentru obiectivul stabilit, iar în performanțele sportive componentele motorii precum agilitatea și rapiditatea au o importanță mare, deoarece necesită capacitatea de a percepe informații relevante din exterior și de a reacționa rapid și precis prin deplasarea în spațiu. Potrivit unor autori (W B Young et al., 2002), agilitatea este influențată de factori percepțivi și decizionali, precum și de viteza cu care se schimbă direcția mișcării în spațiu.

Enunțarea problemei

Utilizarea instrumentelor digitale inovatoare reprezintă un element în creștere constantă în viața fiecărui individ de mai mulți ani. Până de curând, dezvoltarea coordonării în antrenamentul sportiv nu se baza pe suportul tehnologiilor digitale. Cu toate acestea, având în vedere că antrenamentul coordonativ necesită elemente de noutate și imprevizibilitate, care pot fi furnizate ușor de dispozitivele tehnologice, era previzibilă introducerea sistemelor sportive ușoare. Dispozitivele de percepție-acțiune (DPA) cu tehnologie cu LED-uri luminoase, de exemplu, sunt acum ușor de găsit și accesibile tuturor. Această cercetare dorește să studieze aplicabilitatea și impactul lor asupra performanțelor motorii și sportive. Din analiza literaturii științifice, reiese cât de necesar este să se investigheze modul în care utilizarea și integrarea acestor instrumente digitale, de la lecțiile de educație fizică din școli până la sesiunile de antrenament sportiv, pot îmbunătăți funcțiile executive (EF), dezvoltarea capacităților de coordonare, rapiditatea mișcării și capacitatea de reacție simplă și complexă. Foarte probabil, lipsa informațiilor științifice cu privire la efectele utilizării acestor instrumente creează ezitare în rândul profesorilor și antrenorilor în ceea ce privește utilizarea lor. O revizuire sistematică asupra utilizării DPA afirmă că există încă puține studii în literatură și că categoria cel mai mult testată este cea a tinerilor sportivi în anumite sporturi (Katanić et al., 2020).

Sunt rare studiile și evidențele referitoare la efectele semnificative asupra dezvoltării capacităților de coordonare ale protocoalelor motorii cu caracteristici transversale față de

specializarea în abilități fundamentale specifice, care utilizează tehnologii digitale și dispozitive moderne de percepție-acțiune. Pentru profesori și antrenori care se implică în acest domeniu, există o cerință tot mai mare de a dispune de cunoștințe științifice care să demonstreze cum, când și în ce mod dispozitivele tehnologice portabile pot contribui la îmbunătățirea performanțelor motorii și sportive la tineri. O sarcină fundamentală pentru a formula noi propuneri pentru aplicarea largă a dispozitivelor tehnologice în contextul școlar și sportiv este de a identifica, prin intermediul literaturii științifice, dovezi care indică inițiative de succes sau ineficiente în achiziționarea și dezvoltarea capacităților motorii și a abilităților (Medeiros et al., 2017). În prezent, aceste instrumente de suport multimedia pentru sport permit îmbunătățirea coordonării prin utilizarea de gadgeturi și tehnologii digitale, oferind o nouă dimensiune antrenamentului sportiv.

Scopul studiului și întrebările de cercetare

În linii generale, această cercetare își propune să demonstreze cum utilizarea metodologiilor care fac uz de instrumente tehnologice de nouă generație poate genera soluții inovatoare pentru a obține o mai mare eficacitate în antrenament, cu repercusiuni pozitive asupra performanțelor sportive ale sportivilor. Este recunoscut în mod general faptul că în contextul sportiv, capacitatea de a reacționa rapid la un stimul, împreună cu un nivel înalt de coordonare, agilitate și rapiditate, constituie o bază solidă pentru a obține succes în situații competitive. În timpul performanței sportive, sportivii au acces constant la surse de informații senzoriale pe care le utilizează pentru a-și ghida și adapta comportamentul motor. În special, dorim să investigăm dacă și în ce măsură utilizarea acestor instrumente poate contribui la îmbunătățirea unor caracteristici ale funcțiilor perceptiv-cognitive (PCF) și ale coordonării, cum ar fi viteza de reacție, agilitatea și rapiditatea, la indivizii care practică activități sportive.

Întrebările care sunt adresate sunt:

- Există diferențe semnificative în performanțele motorii între testele de reacție motorie la stimulii vizuali și capacitățile de coordonare?
- Pot fi utilizate dispozitivele de percepție-acțiune (DPA) ca instrumente de evaluare?
- Utilizarea instrumentelor tehnologice, cum ar fi DPA-urile, poate fi integrată într-un program de antrenament pentru a îmbunătăți performanțele?
- Utilizarea DPA-urilor poate îmbunătăți timpul de reacție și de mișcare la un stimul vizual la sportivii avansați?
- Utilizarea DPA-urilor poate îmbunătăți agilitatea și rapiditatea?
- Utilizarea unor instrumente tehnologice non-invazive care folosesc unde magnetice pentru a stimula zonele creierului poate avea efecte pozitive asupra testelor de coordonare motorie?

Trebuie menționat că o bună parte din acest program de doctorat, desfășurat între 2020 și 2022, a fost marcat de pandemia de COVID-19, care a cauzat probleme în obținerea de subiecți și a necesitat o adaptare parțială a ceea ce a fost ipotetizat și planificat inițial. De exemplu, restricțiile sanitare stricte în sport și în școală nu au permis realizarea de protocoale experimentale de intervenție pe o perioadă de timp în rândul populației din cauza lockdown-ului.

PARTEA I
BAZELE TEORETICE ALE CERCETĂRII

CAPITOLUL I

PERCEPȚIA SENZORIALĂ

1.1 Percepție-Acțiune

În ultimele decenii, a existat un interes crescând în domeniul științific față de rolul proceselor cognitive în activitățile motorii și în sport. Jucătorii sau sportivii interacționează în timpul performanțelor lor, primind un flux constant de informații din mediul înconjurător în timp ce efectuează mișcări simple sau complexe. La fiecare individ, acest flux este transmis de sistemul senzorial către creier, unde informațiile sunt procesate pentru a construi o reprezentare a realității. Acest model stă la baza conștiinței noastre perceptivă, iar informațiile care o alcătuiesc sunt folosite pentru a programa fiecare acțiune a noastră. În domeniul sportiv, dar nu numai, relația dintre percepție și mișcare este strânsă, atât încât unii autori au susținut că ambele ar trebui considerate ca un sistem funcțional unitar (Arbib, 1987; Kelso et al., 2018; Lee, 1986; Warren, 1988). Percepția și acțiunea reprezintă, prin urmare, un proces interdependent, aproape unitar, care integrează funcțional evenimentele "de perceput" și "de produs". În această perspectivă, percepția este un proces activ de colectare a informațiilor, inclusiv prin acțiune (de exemplu, mișcările oculare), în timp ce acțiunea are nevoie să fie ghidată constant de informații senzoriale pentru a interacționa cu mediul înconjurător..

1.2 Atenția

Atenția poate fi definită ca fiind capacitatea de a se concentra asupra unui stimul specific, a unei informații sau sarcini, în timp ce se filtrează sau se ignoră restul. Mai precis, atenția poate fi descrisă ca o serie de procese de selecție pe care creierul le implementează față de stimulii care provin din lumea exterioară prin organele de simț (Turatto et al., 2004). Este o funcție cognitivă fundamentală care ne permite să selectăm, să procesăm și să răspundem la informațiile relevante din mediul nostru. Atenția selectivă reprezintă un aspect important în sport, deoarece permite sportivilor să se concentreze asupra stimulilor relevanți și să filtreze cei care nu sunt relevanți. În timpul practicii sportive și motorii, sportivii trebuie să fie capabili să-și concentreze atenția asupra obiectivului specific, cum ar fi o minge în mișcare sau un adversar. Această capacitate de a selecta

informațiile relevante și de a ignora distragerile este fundamentală pentru obținerea unor performanțe optime.

1.3 Programe motorii

Programele motorii de stimul-răspuns (S-R) sunt instrumente folosite pentru dezvoltarea și îmbunătățirea abilităților motorii și a coordonării unei persoane. Aceste programe sunt concepute pentru a furniza stimuli specifici, care pot fi vizuali, auditivi sau tactile, participanților, care apoi trebuie să ofere un răspuns motor adecvat în funcție de stimulul primit. Acestea pot fi, de asemenea, utilizate în contextul sportiv pentru a îmbunătăți performanța sportivilor prin antrenamentul specific de coordonare și mișcare.

În modelele care descriu etapele căii informaționale de la stimul la răspuns, pot fi distinse trei etape fundamentale:

- Identificarea stimulului (percepție)
- Selecția răspunsului (cogniție)
- Execuția răspunsului (acțiune)

Programele motorii de stimul-răspuns pot fi personalizate în funcție de nevoile individuale și obiectivele specifice. Acestea pot include, de asemenea, o varietate de exerciții și activități care implică mișcări specifice, cum ar fi aruncarea și prinderea unei mingi, urmarea unui traseu prestabilit sau răspunsul la semnale vizuale sau auditive.

1.4 Mișcarea umană

Diferite modele și teorii funcționale oferă explicații cu privire la mișcarea umană, pornind de la presupuneri variate. Un model semnificativ este cel propus de Schmidt și Wrisberg (2000), care descrie procesul acțiunii prin intermediul a patru sisteme: executor, efector, feedback și comparator. Sistemul executor detectează stimulii perceptive, selectează răspunsul cel mai potrivit în funcție de mediul perceput și activează programul motor corespunzător. Sistemul efector primește informații de la executor și finalizează acțiunea dorită. Circuitele de feedback controlează activitatea sistemului efector, furnizând informații despre execuția acțiunii. Comparatorul procesează datele provenite de la executor și le compară cu cele provenite de la circuitele de feedback. Dacă datele nu corespund adecvat, se trimite un mesaj de eroare la executor pentru a corecta acțiunea.

CAPITOLUL II CAPACITATEA DE COORDONARE

2.1 Coordonarea motorie

Termenul de "capacități de coordonare", în domeniul științelor motorii sau al educației fizice, lasă încă loc pentru o varietate de opinii, puncte de vedere sau interpretări. În general, dintr-o perspectivă neuro-fiziologică, coordonarea este activitatea menită să regleze sincronizarea și amploarea contractării și relaxării diferitelor mușchi, în scopul realizării mișcărilor mai mult sau mai puțin complexe, urmărind obiective prestabilite. Capacitățile de coordonare depind de dimensiunea intelectuală, cognitivă și emoțională a persoanei și sunt responsabile de controlul, adaptarea și transformarea comportamentelor motorii. Omul este capabil să recunoască, să achiziționeze și să discrimineze informațiile provenite din mediul extern (mediul înconjurător) sau din interiorul său (propriul corp), devenind conștient de ele (percepție) prin funcțiile senzoriale și perceptivă. Adesea, în activitățile de viață cotidiană, de muncă și mai ales în cele motorii-sportive, vedem indivizi producând acțiuni coordonate în mod ușor, în timp ce alții întâmpină mai multe dificultăți. În domeniul motor și sportiv, această problemă devine și mai complexă, deoarece de multe ori există nevoia de a se mișca rapid pentru a rezolva situații simple sau chiar complexe, care necesită acțiuni rapide, economice și sigure. Atunci când încercăm să finalizăm sarcini motorii mai rapid decât de obicei, controlul motor scade și, prin urmare, apar mai multe erori de precizie și, în cazurile extreme, există chiar riscul de accidentare. Succesul unei acțiuni motorii, atunci când este finalizată, necesită un echilibru între viteza de execuție și precizie. (Fitts, 1964). Capacitățile de coordonare permit sportivilor să armonizeze acțiunile motorii în mod sigur și economic în situații posibile (stereotipate), imprevizibile (adaptare) și să dobândească gesturi sportive rapide relativ (Tudor & Popovici, 1999). Există o relație semnificativă între coordonarea motorie și abilitățile motorii. După cum observă unii autori (Gierczuk & Sadowski, 2015), relațiile strânse și reciproce între capacitățile motorii, abilități și capacitatea de coordonare conturează o activitate funcțională complexă a coordonării motorii. În special, acestea includ mecanismele generale de recepție și prelucrare a informațiilor, acumularea și realizarea experienței motorii, elementele de programare și mecanismele de corecție, precum și componentele generale ale procesului de coordonare (Boichuk et al., 2017).

Deși fenomenul este complex, pare evident faptul că subiecții cu niveluri ridicate de capacități de coordonare prezintă o serie de avantaje:

- se mișcă cu mai mult control, precizie și cu un efort energetic mai mic
- învață mai rapid mișcări noi sau abilități tehnice complexe și, prin urmare, dificile
- au competențe mai mari în repertoriul motor, reușind să utilizeze abilități tehnico-motorii în diferite contexte, cum ar fi un subiect care obține rezultate bune în discipline sportive diferite (dezvoltare multi-sport).

2.2 Clasificarea abilităților de coordonare

Clasificarea abilităților de coordonare a suferit numeroase modificări și actualizări în ultimii patruzeci de ani, în concordanță cu evoluția noilor descoperiri și cunoștințe în domeniile științifice (psihologie, fiziologie, neuroștiințe). În trecut, la sfârșitul anilor '60, termenul "abilitate manuală" era folosit de mulți autori ca sinonim pentru coordonarea motorie (Harre, 1977; Zaciorskij & Zanon, 1985), în timp ce autorii școlii sovietice o defineau deja ca o capacitate de control al mișcării. În anii '70, școala canadiană a introdus termenul "abilități perceptiv-kinetice" pentru a descrie abilitățile de coordonare, până când clasificarea lui Gundlach, acceptată și extinsă ulterior de mulți autori (Peter Hirtz, 1985; Meinel et al., 1984; Tschiene, 1977; Martin, 1979; Roth, 1982; Nadori, 1983), a fost adoptată în Europa.

Principalul aspect deosebitor între capacitățile de coordonare constă în divizarea lor distinctă în generale și specifice. Schnabel (1976) distinge trei capacități fundamentale:

- capacitatea de învățare motorie
- capacitatea de adaptare și transformare
- capacitatea de comandă și control al mișcării

și 11 capacități specifice de coordonare.

Capacitățile generale de coordonare sunt rezultatul unui proces de învățare și predare bazat pe multilateralism, care implică asimilarea și dobândirea chiar și a mișcărilor noi (capacitatea de învățare motorie), o fază de rafinare în care mișcărilor sunt controlate pentru a atinge obiective prestabilite (capacitatea de control motor) și o fază în care indivizii pot schimba, transforma și adapta programele motorii în funcție de schimbări bruște în situații sau condiții externe diferite de cele în care mișcarea a fost învățată (capacitatea de adaptare și transformare a mișcărilor) (Meinel et al., 1984). Capacitățile specifice de coordonare sunt legate de diverse activități motorii sau de contexte specifice în fiecare disciplină sportivă și presupun caracteristici tehnico-executive particulare în funcție de sportul sau disciplina respectivă. De-a lungul anilor, s-au făcut încercări de a crea o clasificare unică a abilităților de coordonare în scopuri de identificare. Întrebarea care se

pune este legată de imposibilitatea de a separa abilitățile individuale de coordonare, deoarece ele sunt implicate simultan în mișcări, cu diferite grade de prevalență dificil de cuantificat. (Meinel et al., 1984). Abilitățile de coordonare specifice se încadrează în diferite contexte ale activităților motorii sau în contexte specifice ale fiecărei discipline sportive, dobândind astfel caracteristici tehnico-executive specifice gestului tehnic. În funcție de sport sau de disciplină, acestea prezintă proprii lor caracteristici distincte ale gestului tehnic. De-a lungul anilor, s-au făcut încercări nereușite de a realiza o clasificare unică a abilităților de coordonare care să permită identificarea lor. Problema constă în imposibilitatea de a separa individual abilitățile de coordonare, deoarece în timpul mișcării acestea sunt implicate simultan, chiar dacă cu o prevalență diferită, dificil de cuantificat.

Studiile lui Blume D. (Blume, 1986), bazate pe intervenția analizatorilor în timpul mișcării, conduc la o clasificare suplimentară a abilităților de coordonare, distinse în:

- abilitatea de combinare și cuplare a mișcărilor;
- abilitatea de orientare spațio-temporală;
- abilitatea de diferențiere;
- abilitatea de echilibru static-dinamic;
- abilitatea de reacție motorie;
- abilitatea de transformare a mișcării;
- abilitatea de ritmizare.

Este clar că intervenția diferențiată a diferiților analizatori variază de la sport la sport, astfel încât nivelurile de pregătire, adecvare și precizie a răspunsurilor motorii, și implicit nivelurile de coordonare motorie ale unui sportiv, depind de modul în care acesta percepe mișcarea și contextul ambiental în care se exprimă. Cu alte cuvinte, totul depinde și de modul în care sportivul reușește să obțină un profit calitativ mai mare din eficiența analizatorilor săi implicați.

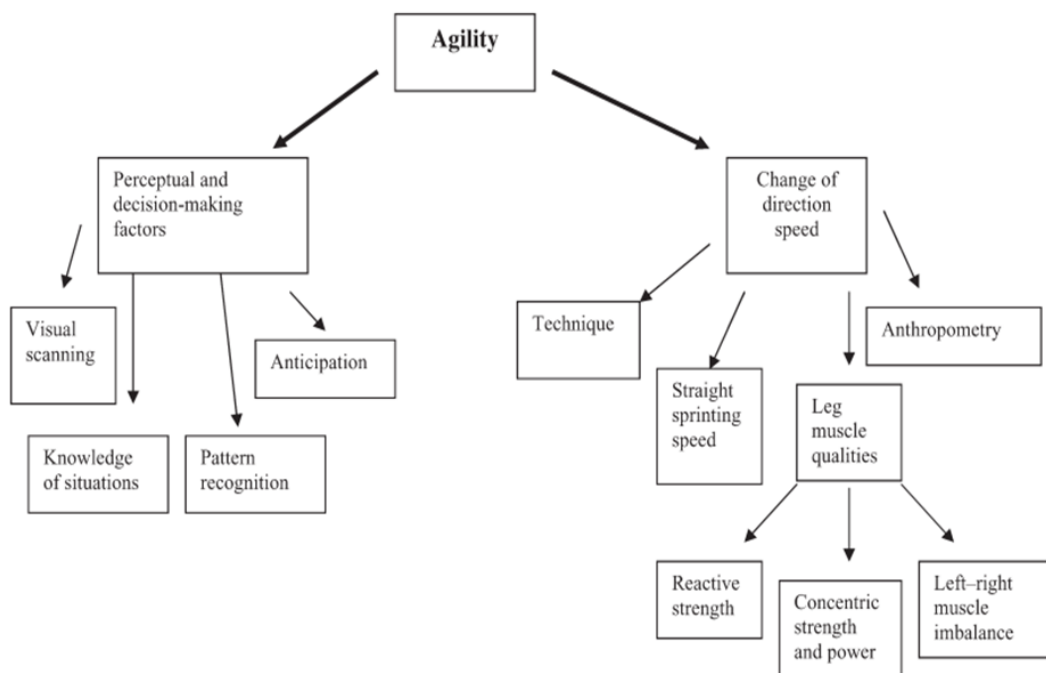
Componentele cele mai semnificative ale abilităților de coordonare pentru performanța sportivă sunt următoarele (Weineck, 2009):

- abilitatea de echilibru;
- abilitatea de orientare;
- abilitatea de diferențiere;
- abilitatea de ritm;
- abilitatea de reacție;
- abilitatea de transformare;
- abilitatea de coordonare segmentară.

CAPITOLUL III AGILITATEA ȘI RAPIDITATEA

3.1 Premiză

În aproape toate sporturile, mișcările care implică întregul corp necesită sportivilor să accelereze, să decelereze sau să schimbe direcția în mod rapid și instantaneu în răspuns la situațiile de joc. De fapt, capacitatea de a schimba rapid direcția este adesea mai importantă decât pura viteză de alergare în linie dreaptă. Ca rezultat, mulți antrenori și sportivi caută modalități eficiente de a îmbunătăți agilitatea și rapiditatea. Scopul unei părți din această cercetare este tocmai de a găsi noi metodologii care să folosească instrumente tehnologice pentru a ajuta antrenorii sportivi, sportivii și profesioniștii în fitness și condiționare să atingă acest obiectiv. Conform unor autori, factorii cei mai semnificativi care influențează performanțele agilității sunt viteza cu care subiecții schimbă direcția în spațiu și factorii cognitivi, cum ar fi cei percepționali și decizionali. În cadrul acestor două componente principale există mai multe subcomponente, așa cum este prezentat în figură 3-1.



Figură 3-1 Componentele universale ale agilității (modificate după Young et al., 2002)

Agilitatea și rapiditatea sunt abilități sportive complexe care includ atât componente fizice, cât și cognitive. De exemplu, putem imagina un jucător de fotbal care, primind o pasă în zona adversă, trebuie să ia rapid o decizie în ce direcție să se îndrepte pentru a depăși un fundaș adversar și a trage în poartă. Evoluția jocului în sporturile moderne se îndreaptă tot mai mult către viteza acțiunii, astfel încât și sportivii trebuie să gândească, să decidă și să acționeze rapid pentru a atinge o viteză excepțională în teren. Pentru a maximiza performanțele, programele actuale de antrenament trebuie să abordeze atât aspectele fizice, cât și cele cognitive ale agilității și rapidității, numai în acest fel sportivii vor putea cu adevărat să umple decalajul dintre antrenament și competiție.

3.2 Factorii agilității

Unii autori propun o nouă definiție a agilității în sport ca fiind: "un mișcare rapidă a întregului corp cu schimbare de viteză sau direcție în răspuns la un stimul" (Sheppard & Young, 2006). Această definiție respectă componentele cognitive ale scanării vizuale și procesului decizional care contribuie la performanțele de agilitate în sport (Abernethy & Russell, 1987; Chelladurai, 1976; W B Young et al., 2002), precum și performanțele fizice implicate în accelerare, decelerare și schimbarea direcției pentru a evita un adversar, sprinturi cu schimbări de direcție pentru a ajunge la o minge sau la un jucător, sau începutul mișcării întregului corp în răspuns la un stimul. Agilitatea este o calitate importantă care contribuie semnificativ la succesul în rezultatele sportive (Sekulic et al., 2017; Warren B Young et al., 2015). În sporturile de echipă, schimbările continue ale mediului (modificări în poziția mingii, a colegilor și a adversarilor) cer acțiuni specifice din partea jucătorilor, precum răspunsuri motorii pre-programate, coordonarea segmentelor corpului și anticiparea acțiunilor provenite din informații senzoriale complexe modificate rapid (Lage et al., 2011).

3.3 Agilitatea reactivă

Agilitatea reactivă se diferențiază de agilitatea în general, deoarece într-un context puternic dinamic, cum ar fi acțiunile din sport, un sportiv trebuie să aibă abilitatea de a se adapta rapid și eficient la schimbările bruște și imprevizibile în scenariul de joc. Agilitatea reactivă poate fi definită ca o combinație între agilitate, reactivitate și abilitatea de a lua decizii.

3.4 Factorii rapidității

Rapiditatea este definită ca capacitatea de a atinge, în anumite condiții, cea mai mare viteză posibilă de reacție și de mișcare, pe baza proceselor cognitive, a eforturilor maxime și a

funcționalității sistemului neuro-muscular (Grosser & Renner, 2007). Rapiditatea a fost identificată ca abilitate "multiplanară sau multidirecțională" care combină accelerarea, explozivitatea și reactivitatea (Moreno, 1995). S-a demonstrat că rapiditatea are legătură cu calități fizice antrenabile precum forța, puterea și tehnica, precum și cu componente cognitive precum tehnici de scanare vizuală, viteza de scanare vizuală și anticiparea (Sheppard & Young, 2006). Este evident, așadar, că rapiditatea unei persoane, fie că este tânără sau adultă, este cu siguranță o calitate complexă compusă din mai multe capacități psihofizice: rapiditatea percepției, rapiditatea anticipării, rapiditatea luării deciziilor, rapiditatea reacției, viteza mișcărilor ciclice și aciclice, reacția de acțiune simplă, rapiditatea generală a acțiunii (Weineck, 2009, 437). În sporturile de echipă, alături de coechipieri și adversari, cum ar fi badmintonul, arte marțiale, sporturile de luptă, fotbalul sau baschetul, rapiditatea reacției motorii este esențială în mai multe situații diferite, deoarece sportivii trebuie să ia decizii rapide pentru a avea mai multe șanse de succes în acțiunile lor (Mudric et al., 2015; Ruschel et al., 2011; van de Water et al., 2017).

3.5 Tempo de reacție motorie (RT)

Timpul de reacție (sau timpul premotor) este timpul de prelucrare centrală între stimul și începutul unei reacții (Donders, 1969; Sternberg, 1969). Cu alte cuvinte, timpul de reacție motorie (RT) poate fi definit ca timpul scurs de la apariția unui stimul până când este dat un răspuns și este considerat o măsură bună pentru evaluarea capacității sistemului cognitiv de a prelucra informațiile (Jensen, 2006; Kuang, 2017). RT depinde de viteza ciclului senzomotor, compus din sosirea excitației (semnalului) la un receptor, transferul informației prin nervii aferenți, generarea răspunsului de către sistemul nervos central și răspunsul mecanic final (Adleman et al., 2016; Greenhouse et al., 2017). S-a constatat că activitatea fizică și sportul pot fi corelate cu îmbunătățirea RT (Jain et al., 2015; Okubo et al., 2017; van de Water et al., 2017; Walton et al., 2018). RT poate fi clasificat în timp de reacție simplă (RTs) și timp de reacție complexă (RTC), care includ recunoașterea și RT-ul de alegere (Boisgontier et al., 2014). RTs este definit ca intervalul de timp între apariția unui stimul, detectarea acestuia și răspunsul dat (Jayaswal, 2016), acest interval de timp fiind în mod obișnuit mai mare de 120 de milisecunde.

Factorii care influențează timpul de reacție sunt:

- Capacitatea de atenție;
- Numărul de alternative stimul-răspuns;
- Compatibilitatea stimul-răspuns;
- Cantitatea de exercițiu;
- Natura exercițiului.

RT poate fi antrenat (H. Kirk et al., 2017; Rabiner et al., 2010) și activitatea fizică și sportul permit dezvoltarea unei game largi de acțiuni care ar influența dezvoltarea acestuia (Lynall et al., 2018; Walton et al., 2018).

3.6 Măsurarea timpului de reacție: probleme

Există o anumită ambiguitate în ceea ce privește măsurarea timpului de reacție. Ideal ar fi să se măsoare începutul reacției ca începutul activității musculare, detectată prin electromiografie. Cu toate acestea, multe studii se bazează pe începutul mișcării (de exemplu, apăsarea unui buton) sau pe schimbarea forței. Cu toate că aceste măsurători estimează timpul de reacție, ele includ de fapt întâzieri asociate timpului necesar pentru generarea forței, inclusiv întâzierile electro-mecanice. În domeniul sportului, timpul de reacție este adesea recunoscut ca fiind un timp total identificabil ca timp necesar pentru perceperea, identificarea și procesarea unui stimul extern și răspunsul motor, și are două componente parțiale care sunt timpul de reacție și timpul de mișcare. În acest studiu, timpul de reacție este considerat ca fiind timpul necesar de la prezentarea stimulului vizual până la atingerea acestuia printr-o mișcare rapidă a membrilor superioare (mână) sau inferioare (picior):
 $RTs = \text{Timp de reacție} + \text{Timp de mișcare}$.

Timpul de răspuns vizuo-motor (VMRT) poate fi clasificat ca timp de răspuns de recunoaștere și este definit ca timpul de la apariția unui stimul vizual până la detectarea sa și executarea unui răspuns de mișcare multisegmental. (Biggsby et al., 2014)

CAPITOLUL IV STIMULAREA MAGNETICĂ TRANSCRANIANĂ

4.1 Stimulările non-invazive ale creierului (NIBS-TES)

Stimularea magnetică transcraniană (TMS) este o tehnică non-invazivă utilizată în mod frecvent pentru studiul activității neuronale în cortexul cerebral uman (Missitzi et al., 2011). Este o tehnică relativ recentă, introdusă acum aproximativ 30 de ani (Brasil-Neto et al., 1992), și a fost adesea utilizată, împreună cu alte metode de modulare neuroștiințifică, pentru investigarea interacțiunilor intra-corticale, cortico-corticale și cortico-subcorticale (Petersen et al., 2003). Metodele transcraniane de stimulare a creierului pot furniza astfel de stimuli prin bariere cu rezistență ridicată, inclusiv prin straturile creierului, precum scalpul, craniul, meningele și lichidul cerebrospinal (Capotosto et al., 2012). TMS generează un câmp magnetic în schimbare rapidă printr-o bobină poziționată pe scalp, care induce curenți electrici slabi ce excita țesutul neuronal subiacent. Pentru a aprecia potențialul TMS, este necesar să se evalueze răspunsurile neuromusculare provocate de stimularea corticală. Deoarece stimularea neuronilor care inervează mușchii în diferite regiuni ale corpului generează un răspuns, este posibil să se evalueze rețeaua neuronală subiacentă. Acești neuroni au locații specifice pe cortexul motor (Candidi et al., 2010), iar TMS permite furnizarea de stimuli magnetici grupurilor de neuroni asociate cu grupuri musculare specifice. În experimentele clasice de TMS, impulsuri sunt livrate către cortexul motor primar (M1), iar potențialele motorii evocate (MEP) ale unui mușchi sau grup de mușchi sunt înregistrate utilizând electrozi de electromiografie (EMG) de suprafață. Intensitatea TMS este în mod obișnuit exprimată ca multiplu sau procentaj al intensității pragului necesare pentru a evoca MEP de o amplitudine specificată într-un număr specificat de încercări consecutive într-un mușchi al mâinii. Deoarece pragurile TMS variază semnificativ în populație, este crucial să se utilizeze măsurători de intensitate care să țină cont de eficacitatea biologică a stimulului în subiectul individual, în loc să se bazezi numai pe ieșirea dispozitivului de stimulare. Prin urmare, multiplul pragului necesar pentru a evoca MEP într-un mușchi cu prag scăzut este în mod obișnuit utilizat ca unitate de intensitate a stimulului (Ricci et al., 2012).

4.2 MEP (potențial motor evocat)

MEP (potențial motor evocat) este o măsură directă a excitabilității cortico-spinale, definită ca un potențial care poate fi generat prin stimularea TMS într-o anumită zonă a cortexului motor (Hallett, 2000). De exemplu, prin aplicarea unui impuls TMS asupra reprezentării mâinii în cortexul motor, se poate induce o contracție a mușchiului controlateral al mâinii și se poate înregistra un MEP. Se poate calcula timpul de conducere neural al unui semnal motor prin scăderea latenței potențialului evocat prin stimularea directă a mușchiului ales, de la latența potențialului motor evocat în mușchi prin stimularea rădăcinilor nervoase ale măduvei spinării.

4.3 Pragul motor (MT)

Pragul motor (MT) este definit ca fiind cea mai mică intensitate necesară a TMS pentru a evoca un MEP în mușchiul selectat din cortexul motor în cel puțin 50% din stimulările repetate (de exemplu, 5 din 10) (Borojerd et al., 2001). MT oferă informații cruciale despre excitabilitatea mușchiului specific în cortexul motor și se crede că reflectă excitabilitatea neuronilor corticospinali, precum și a neuronilor motori în măduva spinării, la joncțiunile neuromusculare și în mușchi.

4.4 Stimularea magnetică transcraniană repetitivă (rTMS)

rTMS (Stimularea magnetică transcraniană repetitivă) implică aplicarea unei serii de impulsuri cu aceeași intensitate la o anumită zonă cerebrală, la o frecvență și intensitate specifice. În general, cu cât este mai mare frecvența și intensitatea stimulării, cu atât impactul asupra funcțiilor corticale este mai mare în timpul aplicării impulsurilor. Cu toate acestea, în afară de efectele imediate, o serie de impulsuri rTMS poate induce o modulare prelungită a excitabilității corticale care poate persista și după terminarea seriei, acesta fiind trăsătura distinctivă a rTMS. Efectul de modulare poate fi inhibitor sau facilitator în funcție de parametrii de stimulare utilizați (Nowak et al., 2010). De exemplu, frecvențe mai scăzute, precum 1 Hz, aplicate la cortexul motor pot reduce excitabilitatea, în timp de serii de serii de stimulare cu frecvențe mai mari, în jur de 20 Hz, pot crește excitabilitatea corticală. Aceste efecte pot varia între indivizi și în funcție de caracteristicile seriilor de impulsuri. În utilizarea rTMS, frecvența pare să fie parametrul cheie care determină direcția efectelor, chiar dacă alte variabile trebuie luate în considerare în planificarea unui experiment cu această metodă.

|CAPITOLUL V DISPOZITIVELE DE PERCEPȚIE-AȚIUNE CU TEHNOLOGIA LED

5.1 Sistemele de percepție-ațiune în sport

În ultimii ani, am asistat la o creștere în utilizarea dispozitivelor tehnologice constituite din dispozitive wireless care emit semnale luminoase cu tehnologie LED și/sau semnale vizuale (litere, numere sau simboluri) pentru antrenarea și testarea timpilor de reacție sau timpilor de mișcare rapidă (Appelbaum & Erickson, 2018). Dispozitivele de percepție-ațiune cu LED-uri luminoase sunt utilizate în cercetarea științifică pentru a studia percepția, acțiunea și cogniția umană. Prin utilizarea acestor dispozitive, cercetătorii pot investiga relațiile dintre stimuli vizuali, acțiunea motorie și procesele cognitive. În rezumat, dispozitivele de percepție-ațiune cu LED-uri luminoase sunt instrumente care combină feedback-ul vizual și interacțiunea corporală pentru a facilita activități specifice, jocuri, terapii de reabilitare sau cercetări științifice. Aceste dispozitive utilizează LED-urile luminoase pentru a oferi un feedback vizual în timp real, îmbunătățind astfel percepția, interacțiunea și învățarea utilizatorului. O revizuire sistematică a investigat utilizarea sistemului Fitlight Trainer (Fitlight System, 2022) în sport, utilizând următoarele baze de date electronice: Google Scholar, PubMed, Medline, Mendeley, în perioada 2014-2020 (Katanić et al., 2020). Autorii au constatat că aceste noi instrumente tehnologice sunt utilizate în general în sport ca mijloace de antrenament și evaluare. Acestea pot fi utilizate atât în sporturile individuale, cât și în cele de echipă. Pot fi folosite pentru a studia abilitățile senzoriale și cognitive, precum și diversele abilități motorii: viteză de reacție, rapiditatea mișcărilor individuale, viteză de alergare, agilitatea (Katanić et al., 2020).

5.2 Funcționare

Utilizarea acestor sisteme este destul de simplă, iar unele dintre ele au un software de control foarte flexibil, permițând sistemului să fie adaptat și configurat pentru orice exercițiu, situație de joc sau disciplină sportivă. Funcționarea este în mare parte similară pentru toate sistemele. Un complex de lumini LED wireless (de la 1 la 8 discuri), controlabile de la distanță până la 30-40 de metri, pot fi aprinse în mod aleator sau într-o anumită ordine predefinită de către

dispozitivul de control (tableta sau smartphone), iar sarcina sportivului este să stingă luminile atingând sau apropiindu-se cât mai rapid posibil de senzor. Poate fi stabilit dinainte dacă faza de stingere a LED-urilor poate fi realizată prin atingerea discului sau trecerea oricărei părți a corpului sau a unui instrument. Fiecare disc poate emite lumini de aceeași culoare sau de culori diferite, această caracteristică permițând modelarea exercițiului, de exemplu, prin atribuirea unei sarcini motorii precise fiecărei culori în prealabil. De asemenea, este posibil să se determine durata de aprindere și stingere (între 0,1 și 10 secunde) a fiecărei lumini individuale, precum și durata intervalului, adică timpul minim între aprinderi consecutive. Faptul că se pot alege timpii permite antrenorului să accelereze sau să încetinească exercițiul la discreția sa, făcându-l mai intens sau mai puțin intens în funcție de obiectivele stabilite.

Aceste sisteme au și programe predefinite pentru a antrena rapiditatea mișcărilor, capacitatea de reacție simplă sau complexă, memoria, scanarea vizuală, utilizând secvențe de lumini de diferite culori propuse în succesiune secvențială, aleatoare sau simultană.

Printre programele cele mai răspândite se numără:

- Stingerea luminii în cel mai scurt timp posibil
- Stingerea unei secvențe de lumini în cel mai scurt timp posibil
- Stingerea culorii corecte, declarată în prealabil, printre mai multe culori (sarcină de tip adevărat-fals)
- Stingerea a mai multor culori corecte, declarate în prealabil, printre mai multe culori (sarcină de tip adevărat-fals și memorie)
- Stingerea LED-urilor care au culori diferite într-o serie utilizând logică diferențială
- Exerciții-jocuri de competiție între doi sau mai mulți jucători, de tipul "cel mai lent pierde"
- Exerciții-jocuri de competiție între doi sau mai mulți jucători, stingerea luminilor în culoarea atribuită
- Exerciții-jocuri de memorie vizuală, memorizarea culorilor care se aprind și repetarea lor după stingere
- Exerciții-jocuri de memorie vizuală, memorizarea secvenței cronologice de aprindere și repetarea ei
- Exerciții utilizând ochelari speciali de occludere care se conectează la software.

5.3 Considerații

Dispozitivele de percepție-acțiune cu LED-uri luminoase devin tot mai populare pe piața produselor destinate susținerii antrenamentelor sportive, datorită disponibilității și ușurinței de utilizare. Cu toate acestea, manualele acestor sisteme de antrenament sportiv cu lumină oferă instrucțiuni de

utilizare, dar nu oferă detalii despre specificațiile tehnice distinctive ale dispozitivelor. Există puține studii în literatura de specialitate referitoare la utilizarea lor și impactul lor în practica sportivă sau în orele de educație fizică la școală.

PARTE II
STUDII EXPERIMENTALE

CAPITOLUL VI STUDIU PILOT

RELATIONS BETWEEN AGILITY TESTS AND MOTOR REACTION TIMES IN YOUNG SPORTSMEN.

Proceedings of the 10th Edition of International Scientific Conference

“The infinity of human performance”

September 15-16, 2022 Targu – Jiu

Academica Brancusi” Publishing House, ISSN 2344 – 1003; ISSN–L 2344 – 1003

<https://www.utgjiu.ro/fe/s/cercetare/2022/MANCINI.pdf>

6.1 Premiza

Așa cum am menționat în introducerea acestei teze de cercetare, pandemia COVID-19 a modificat substanțial cursul planificat al acestui studiu de doctorat, iar ipoteza inițială a fost adaptată în funcție de situațiile reale și schimbările restrictive în domeniul sănătății. În mare parte a perioadei de urgență, elevilor de toate gradele li s-a interzis să desfășoare partea practică a educației fizice în săli de sport și în clase, ceea ce a dus la indisponibilitatea de subiecți și a făcut imposibilă realizarea studiului experimental planificat, care implica protocoale de intervenție pe durata a mai multor săptămâni, cu administrarea de teste și reteste. Pentru a compensa acest lucru, s-a decis să se efectueze un studiu pilot adaptat într-un context extracurricular, în timpul unui campus de vară, perioadă în care regulile restrictive anti-COVID permiteau activitățile fizice cu distanțare, iar participanții desfășurau în principal activități în aer liber, cu posibilitatea de a utiliza sala de sport și sălile de clasă, respectând restricțiile de grupuri mici pentru a fi supuși testelor. Scopul principal al studiului pilot adaptat, pe un eșantion numeric redus, a fost de a verifica dacă modelul de studiu al proiectului de cercetare este statistic valid, pentru a determina fezabilitatea acestuia sau pentru a obține informații care să permită determinarea tipologiei și dimensiunii eșantionului pentru studiile ulterioare. De asemenea, s-a încercat să se obțină familiarizare cu metodele și instrumentele de experimentare, în încercarea de a elimina diverse probleme, inclusiv cele legate de aleatoriu.

6.2 Scopul studiului pilot

Proiectul pilot constă în două experimente. Primul experiment își propune să determine dacă există diferențe semnificative în performanțele dintre timpul de reacție simplu și testele de agilitate într-un eșantion de indivizi tineri (N=44) cu vârste cuprinse între 11 și 12 ani, incluzând băieți (N=23) și fete (N=21). Al doilea experiment își propune să analizeze fiabilitatea și validitatea testului HAT (Exagon Agility Test, acronim specific al testului), comparând performanțele testului HAT și timpul de reacție simplu (RTs) pentru membrele superioare și inferioare la elevii care se implică în mod regulat în diverse activități sportive (N=44). În plus, s-au utilizat proceduri statistice pentru a investiga relațiile existente între timpul de reacție simplu și agilitate. Coeficientul de determinare a fost definit pentru a indica în ce măsură variația totală într-o variabilă de test este explicată de alta.

6.3 Materiale și metode

6.3.1 Subiecți

În cadrul unui campus de vară într-un oraș din sudul Italiei, la care au participat aproximativ 200 de studenți, prin selecționarea unei mostre utile, au fost recrutați 44 de studenți, dintre care 21 fete și 23 băieți (vârstă: $11.50 \pm 0,50$ ani; înălțime: 147.5 ± 6.0 cm; greutate corporală: 41.11 ± 4.35 kg; IMC: 18.87 ± 1.27). Toate procedurile au respectat directivele Declarației de la Helsinki.

Prin administrarea unui chestionar de cunoștințe, au fost luate în considerare criteriile de includere:

- vârsta cuprinsă între 11 și 12 ani;
- practica unei activități sportive de performanță sau a unei activități sportive organizate în afara școlii;
- cunoașterea și practica a cel puțin 3 discipline sportive;
- participare regulată la orele de educație fizică la școală (2 ore pe săptămână).

și criteriile de excludere:

- orice accident recent care necesită îngrijiri medicale;
- evenimente adverse de natură neurologică, cum ar fi crizele epileptice;
- infectare cu COVID-19.

6.4 Metodologie

Testele de estimare a timpului de reacție motorie utilizând Fitlight Trainer™ (Fitlight System, 2022) cu utilizarea luminilor LED au fost efectuate într-o cameră liniștită, cu expunere

redușă la lumină, în timp ce testul HAT a fost efectuat într-o sală de gimnastică cu aer condiționat, dotată cu podea sportivă de parchet.

6.4.1 Test motor: Testul de agilitate în formă de hexagon (HAT)

HAT este descris ca "o măsură a agilității și rapidității piciorului care implică abilități de echilibru și coordonare" (Baechle et al., 1994; Roetert et al., 1992). Testul implică poziționarea subiectului în față, în centrul unui hexagon desenat pe sol cu bandă adezivă.

Procedură: subiectul efectuează 6 sărituri consecutive, mergând înainte și înapoi spre centrul hexagonului, traversând fiecare latură. Prima săritură se face spre linia din față, apoi spre linia laterală, și așa mai departe. Cronometrul se oprește automat când participantul finalizează întregul circuit și revine la centrul platformei de contact.

6.4.2 Teste cognitive-motorii

FitLight Trainer (Fitlight System, 2022) este un echipament portabil care oferă opțiuni versatile pentru măsurarea timpilor de reacție (RTs) și poate fi ușor configurat pentru aplicații care implică atât membrele superioare, cât și cele inferioare. FitLight Trainer constă într-o tabletă de control și discuri mobile cu conectivitate wireless și poate fi utilizat ca sistem de antrenament și evaluare cognitiv-motor, de exemplu, pentru măsurarea timpilor de reacție simpli și compuși. Fiecare disc (diametru: 10 cm) emite semnale luminoase prin intermediul LED-urilor sau semnale sonore în funcție de programul utilizat, și este echipat și cu senzori de proximitate. Sistemul funcționează prin dezactivarea luminilor (galben, verde, roșu, albastru închis, albastru deschis, mov) fie prin intermediul senzorilor de proximitate (prin trecerea peste senzor), fie prin contact direct al mâinilor sau picioarelor. Sistemul permite măsurarea și înregistrarea timpilor în milisecunde la fiecare contact.

6.4.2.1 Timp de reacție simplă pentru membrul superior dominant (RTs UL)

RTs UL (Wilke et al., 2020) este un test care evaluează timpul de reacție simplă (ICC/Rho: 0,81* (95% CI: 0,48-0,94), $p < .001$) al membrilor superioare și necesită un nivel înalt de atenție și o reacție extrem de rapidă la stimulii vizuali. Participantul, în poziție verticală, își plasa palma mâinii dominante (definită ca mâna folosită intuitiv pentru activități sportive, de exemplu, aruncarea, împingerea) pe o masă reglată la înălțimea cotului. Pe aceeași masă, a fost plasat un senzor la o distanță de participant egală cu lungimea antebrățului. Sarcina consta în dezactivarea senzorului cât mai rapid posibil prin trecerea peste el imediat ce se ilumina, fără a face contact cu senzorul. Timpul de răspuns în secunde și milisecunde a fost măsurat pentru fiecare repetiție.

6.4.2.2 *Timp de reacție simplă pentru membrul inferior dominant (RTs LL)*

RTs LL (Wilke et al., 2020) evaluează timpul de reacție simplă al membrelor inferioare (ICC/Rho: 0,89* (95% CI: 0,67-0,97), $p < .001$) și este conceput pentru o sarcină aproape identică cu cea a membrului superior. Participanții se află în poziție verticală, cu picioarele paralele (distanța între picioare egală cu lățimea umerilor), iar un senzor este plasat în fața picioarelor participanților. Sarcina pentru participanți constă în dezactivarea senzorului cât mai rapid posibil prin trecerea peste el imediat ce se iluminează, fără a face contact cu senzorul, folosind piciorul dominant (definit ca piciorul care ar fi folosit intuitiv pentru activități sportive, de exemplu, lovitura unei mingi, săritul peste un obstacol cu piciorul conducător). Timpul de răspuns în secunde și milisecunde este măsurat pentru fiecare repetiție.

6.4.3 *Analiză statistică*

Testul t pentru eșantioane independente a fost utilizat pentru a determina dacă există o diferență statistic semnificativă între mediile a două grupuri independente (băieți și fete) în fiecare test administrat. Coeficientul de corelație Pearson (r), analiza de regresie liniară și coeficientul de determinare (r^2 : folosit pentru interpretarea semnificației relației) au fost utilizate pentru a examina relațiile dintre testele: RTs UL vs HAT și RTs LL vs HAT. Nivelul de semnificație a fost setat la 5% ($p \leq 0,05$).

6.5 **Rezultate și Discuție**

Scopul acestui studiu pilot a fost de a investiga relația dintre un test de agilitate de teren, testul Hexagon (HAT), și două teste care măsoară timpul de reacție simplu la stimuli vizuali cu mișcări rapide pentru membrele superioare (RTs UL) și inferioare (RTs LL), utilizând un sistem portabil de măsurare wireless (Fitlight Trainer™ Sports Corp, Canada) pentru a evalua validitatea lor. În eșantionul analizat, nu există diferențe semnificative între sexe în ceea ce privește timpul de reacție simplu la stimuli vizuali și teste de agilitate. Acest lucru implică faptul că, pentru grupa de vârstă 11-12 ani, atât timpul de reacție, cât și agilitatea nu depind de gen. Relațiile dintre testele RTs UL vs. HAT și RTs LL vs. HAT au fost examinate utilizând coeficientul de corelație Pearson (r), analiza de regresie liniară și coeficientul de determinare (r^2 : folosit pentru interpretarea semnificației relației). Rezultatele analizate demonstrează că în eșantionul considerat (N=44) există corelații pozitive între RTs UL vs. HAT ($p < .05$) și RTs LL vs. HAT ($p < .05$), indiferent de distincțiile de gen. Rezultatele ne permit să afirmăm că, așa cum s-a demonstrat în alte studii similare, există relații semnificative între teste de agilitate și timpul de reacție la stimuli vizuali pentru membrele superioare și inferioare. Autorii au arătat că activitățile care stimulează reacția

motorie tipică în fazele de apărare și atac în timpul competițiilor și sesiunilor de antrenament îmbunătățesc capacitățile de reacție la stimuli vizuali, cu efecte pozitive și asupra caracteristicilor de agilitate (Kucukipekci & Taskin, 2011).

6.6 Concluzii și limitări

Relațiile semnificative observate între HAT și RT oferă dovezi care susțin ipoteza conform căreia timpul de reacție influențează agilitatea motorie la tinerii sportivi. Cu toate că este limitat ca dimensiune a eșantionului, acest studiu pilot a demonstrat că teste utilizând dispozitive de percepție-acțiune precum Fitlight pentru măsurarea timpului de reacție pot fi predictorii statistic semnificativi ai performanței în teste de teren precum testul de agilitate Hexagon. Fiabilitatea și acuratețea dispozitivelor de percepție-acțiune pentru măsurarea timpului de reacție sunt de mare importanță pentru antrenori, profesori și specialiști.

CAPITOLUL VII EXPERIMENT 1

REACTION TIMES, AGILITY AND BODY MASS INDEX: DIFFERENCES BETWEEN BOYS AND GIRLS IN MULTISPORT.

Proceedings of the 8th International Conference "Education for health and performance,"
organized by the Universitaria Consortium
in Cluj-Napoca, Romania, on October 21-22, 2022.

7.1 Introducere

Specializarea sportivă precoce este definită ca practicarea unui singur sport încă din copilărie, prin numeroase ore de antrenament deliberat, cu scopul de a îmbunătăți performanțele sportive (Côté et al., 2009). Această inițiere timpurie într-o singură disciplină sportivă implică, în consecință, o implicare precoce în antrenamente sportive intense și un început timpuriu al competițiilor (J. Baker et al., 2009). La copii, intervențiile axate pe sporturile multiple duc la îmbunătățirea capacităților motorii și a percepției abilităților motorii, care sunt esențiale pentru participarea regulată la activități fizice legate de sănătate (D. Kirk, 2005). Copiii care practică activități multisportive au niveluri mai ridicate de coordonare motorie decât copiii care practică activități monodisciplinare (Sekulic et al., 2017). Unii autori au evidențiat lipsa literaturii care examinează dezvoltarea agilității în copilărie și adolescență și au evidențiat lipsa actuală de înțelegere a efectelor maturizării asupra performanțelor sale (Lloyd et al., 2013). În acest studiu, RT (timpul de reacție) este considerat timpul necesar de la prezentarea stimulului vizual (ledul aprins) până la realizarea acestuia (ledul stins) printr-un mișcare rapidă a membrelor superioare (mână) sau inferioare (picior):

$$RTs = \text{Timp de reacție} + \text{Timp de mișcare.}$$

Trebuie menționat că relația dintre agilitate și timpul de reacție nu a fost studiată în profunzime în literatura de specialitate, în special în ceea ce privește diferențele de gen la tinerii sportivi. În acest studiu, se dorește examinarea dacă activitatea multisport desfășurată de-a lungul mai multor ani poate crea diferențe semnificative între băieți și fete în ceea ce privește agilitatea, timpurile de

reacție simple la stimulii vizuali și indicele de masă corporală (BMI) la vârsta de 11-12 ani. S-a presupus că oferirea copiilor oportunități sportive multidisciplinare ar optimiza dezvoltarea agilității și a timpului de reacție motor fără distincție de gen, ținând cont și de posibilitatea variației dezvoltării individuale tipice în această grupă de vârstă.

7.2 Materiale și metode

7.2.1 Participanți

La acest studiu au participat 96 de copii, dintre care 49 fete (vârsta: $11,6 \pm 0,61$ ani) și 47 băieți (vârsta: $11,7 \pm 0,55$ ani), care practică diverse discipline sportive (fotbal, atletism, baschet, volei) în diferite cluburi sportive din orașul Foggia (Italia).

7.2.2 Măsurii și instrumente

7.2.2.1 Antropometrie și compoziție corporală

S-au măsurat înălțimea (cm) și masa (kg) subiecților. IMC pentru fiecare subiect a fost calculat folosind o foaie de calcul stabilită pe Excel (office 2007) conform raportului de sinteză (Barlow & Committee, 2007).

7.2.2.2 Test

Au fost efectuate trei teste:

- Hexagon Agility Test (HAT) pentru agilitatea mișcării
- Timp de reacție simplu al mâinii dominante (RTs UL) pentru capacitatea de reacție a membrelor superioare
- Timp de reacție simplu dominant al piciorului (RTs LL) pentru capacitatea de reacție a membrelor inferioare

Testele sunt descrise în capitolul anterior

7.2.3 Proceduri

Datele au fost colectate cu ocazia unei întâlniri sportive de vară în Italia, în cadrul căreia tinerii sportivi care participau de 2 ani la un proiect național numit "Educamp - Centre Sportive Multidisciplinare" desfășurat de Comitetul Olimpic Național Italian (CONI), un proiect care promovează practica sporturilor multiple.

Prin intermediul unui chestionar cognitiv, au fost luate în considerare criteriile de includere: (i) vârsta cuprinsă între 11 și 12 ani, (ii) participarea la proiectul "Centre Sportive Multidisciplinare

- CONI" timp de 2 ani, (iii) cunoașterea și practicarea a cel puțin 3 discipline sportive, (iv) participarea regulată la orele de educație fizică la școală (2 ore pe săptămână); iar criteriile de excludere au fost: (i) orice accident recent care necesită asistență medicală, (ii) evenimente adverse de natură neurologică, de exemplu crize epileptice, (iii) infectarea cu Covid-19.

7.2.4 Analiza statistică

Datele sunt raportate ca medie \pm abatere standard (SD). Înainte de a utiliza testele parametrice, ipoteza de normalitate a fost testată cu ajutorul testului Shapiro-Wilk. Testul t Student pentru probe independente a fost utilizat pentru a determina dacă există o diferență semnificativă statistic între mediile celor două grupuri (băieți și fete) independent unul de celălalt în fiecare test administrat. Analizele statistice au fost efectuate folosind IBM SPSS vers. 25 pentru Windows.

7.3 Rezultat și discuții

Există numeroase studii care au demonstrat existența relațiilor semnificative între testele de agilitate și timpul de reacție la stimuli vizuali, atât pentru utilizarea membrelor superioare, cât și pentru cele inferioare (Fiorilli et al., 2017; Homoud, 2015; Horicka et al., 2018; Moradi & Esmailzadeh, 2015), dar puține dintre acestea evidențiază diferențe de gen înainte de pubertate. Exercițiile fizice și practica sportivă au efecte pozitive asupra timpilor de reacție ai membrelor superioare și inferioare (Akarsu et al., 2009). Scopul acestui studiu este de a verifica dacă există diferențe în performanțele timpilor de reacție motorie simplă la stimuli vizuali, agilitate și BMI între băieți (N = 47) și fete (N = 49) în vârstă de 11-12 ani, care practică activități sportive multiple. Bărbații adulți au, în general, timpi de reacție motorie mai scurți și mai puțin variați decât femeile. O ipoteză ar putea fi că diferențele de gen în variabilitatea timpilor de reacție motorie pot avea la bază efectele hormonilor sexuali asupra sistemului nervos central și, prin urmare, pot fi predictibile la adulți, dar nu și la preadolescenți (Der & Deary, 2006). În acest studiu, în eșantionul analizat (băieți: N = 47 și fete: N = 49), testul t pentru egalitatea mediei (Tabelul 7-4) arată că nu există diferențe semnificative de gen în timpul de reacție al membrelor superioare dominante (diferență medie de timp = -0,011 s; p = 0,416) și timpul de reacție al membrelor inferioare dominante (diferență medie de timp = -0,007 s; p = 0,919), ceea ce înseamnă că timpul de reacție pentru acest grup de vârstă de 11-12 ani nu depinde de sex; o explicație plauzibilă ar putea fi că timpul de reacție este determinat în principal de procese cognitive în care nu există diferențe de gen. De asemenea, în ceea ce privește testul HAT, s-au obținut rezultate similare, adică nu există diferențe semnificative de gen în performanțele de agilitate pentru această grupă de vârstă de 11-12 ani (diferență medie de timp = -0,208 s; p = 0,435), similar cu rezultatele obținute pentru testele de reacție motorie, ceea ce înseamnă că performanța în agilitate nu depinde de sex. Valorile factorilor antropometrici (greutate,

înălțime) în acest studiu au fost utilizate pentru a determina BMI-ul băieților și fetelor, presupunând că, teoretic, factori precum grăsimea corporală și lungimea segmentelor corporale pot influența în mod particular performanța în agilitate. Datele arată că 94% dintre băieți (N = 47) și 96% dintre fete (N = 49) au valori normale de BMI (Tabelul 2), prin urmare, având în vedere dimensiunea mică a eșantionului analizat (N = 96), nu există diferențe semnificative între cele două grupuri. Totuși, BMI-ul estimat a fost luat în considerare pentru a verifica omogenitatea eșantionului de referință în fiecare grup.

7.4 Concluzii și recomandări

Băieții și fetele cu vârste cuprinse între 11 și 12 ani care practică în mod regulat sporturile multisport au niveluri ridicate de performanță motorie și o bună condiție fizică. Studiile au arătat deja de ceva timp că grupurile de tineri care practică activități sportive multidisciplinare și multilaterale înregistrează îmbunătățiri semnificative din punct de vedere statistic în comparație cu grupurile care practică doar un singur sport sau sunt sedentare (Massacesi et al., 1996). O ipoteză care trebuie confirmată pentru antrenori și profesori este dacă exercițiile motorii specifice sau sarcinile legate de dezvoltarea agilității și a timpilor de reacție motorie la copiii pre-puberi trebuie diferențiate în funcție de gen. Prezentul studiu, în limitele sale, confirmă faptul că la copiii care practică sporturile multisport, capacitatea de a reacționa rapid la stimuli vizuali și agilitatea nu par să depindă de gen.

7.5 Limitări

Eșantionul este numeric redus. Starea pandemică a influențat durata și complexitatea administrării testelor, care necesitau ca participanții să atingă dispozitivele cu LED-uri luminoase cu mâinile. A fost necesară o atenție deosebită pentru dezinfectarea riguroasă a stației după fiecare probă pentru a reduce riscul de contaminare. Aceasta a dus la creșterea timpului necesar pentru finalizarea fiecărei sesiuni de testare. Mulți copii au purtat mască de protecție în timpul testelor, dar nu se cunoaște efectul asupra performanțelor.

CAPITOLUL VIII EXPERIMENT II

EFFECTS OF INTEGRATED TRAINING WITH THE USE OF ACTION PERCEPTION LIGHT SENSORS ON AGILITY, QUICKNESS AND MOTOR REACTION IN FEMALE VOLLEYBALL PLAYERS.

Original works published on

Italian Journal of Health Education, Sport and Inclusive Didactis ISSN:2532-3296.V.7,N.2,(2023) <https://doi.org/10.32043/gsd.v7i2.846>

8.1 Introducere

În acest studiu, am dorit să investigăm efectele unei metode de antrenament îmbogățite cu exerciții specifice care folosesc instrumente tehnologice de percepție acțiune pentru a îmbunătăți timpii de reacție, rapiditatea și agilitatea într-un eșantion de tineri jucători de volei, în comparație cu un program de antrenament utilizând o metodologie tradițională. Voleiul este un sport în care performanțele fizice ale jucătorilor, împreună cu factorii tehnici și tactici, determină succesul în competiții (Lidor & Ziv, 2010a). Jucătorii de volei trebuie să aibă niveluri moderate-ridicate de abilități senzoriale și funcții cognitive ca prerechizite esențiale, în plus față de capacitățile fizice și motorii. Timpurile scurte de reacție (Nuri et al., 2013), rapiditatea și agilitatea mișcării (Gabbett & Georgieff, 2007) sunt calități importante pentru succes. În sport, capacitatea de reacție, rapiditatea și agilitatea mișcării umane sunt strâns corelate între ele, deoarece interacționează continuu pentru realizarea actului motor. Pe lângă săritură, voleiul este caracterizat de mișcări cu schimbări de direcție care au loc în diferite părți ale terenului de joc, motiv pentru care capacitatea de a schimba direcția rapid și precis la nevoie este considerată de mulți o parte integrantă a performanței motorii și sportive (Docherty et al., 1988; Keogh et al., 2003; Meir et al., 2001; Reilly et al., 2000).

8.2 Materiale și metode

8.2.1 Participanți

În acest studiu controlat randomizat au participat voluntar 24 de jucătoare de volei care au participat la campionatul național. Eșantionul a fost împărțit într-un grup de control (CG) format din 12 jucătoare ($X \pm SD$: vârsta $20,3 \pm 1,1$ ani) și un grup experimental (EG) de 12 jucătoare ($X \pm SD$: vârstă $20,4 \pm 1$ ani).

8.2.2 Proiectarea și procedura cercetării

La data de 20 august 2022, tuturor subiecților li s-au administrat teste inițiale (pre-test) folosind sistemul tehnologic Fitlight Trainer (Fitlight System, 2022). Începând cu data de 22 august și până la data de 3 octombrie 2022, s-a desfășurat un program de antrenament într-o durată de 6 săptămâni, cu utilizarea unui sistem tehnologic (ReactionX, 2022) format din discuri cu LED-uri luminoase exclusiv pentru grupul experimental (EG), iar grupul de control (CG) a urmat un program de antrenament tradițional fără utilizarea vreunei tehnologii moderne. În dimineața zilei de 10 octombrie 2022, o săptămână după încheierea tratamentului, ambelor grupuri li s-au administrat teste finale (post-test).

8.2.2.1 Metoda antrenamentului în circuit

În scopul experimentului, sesiunile de antrenament pentru viteza de reacție la mișcare, agilitate și rapiditate au fost organizate folosind metoda antrenamentului în circuit. Motivația principală în spatele acestei alegeri a fost de a face încărcarea de muncă între cele două grupuri cât mai uniformă posibil prin ajustarea parametrilor de încărcare motorie în ceea ce privește volumul, intensitatea și densitatea.

8.2.3 Măsurători și instrumente

În acest studiu au fost utilizate următoarele teste:

Teste cognitive-motorii

- Testul de timp de reacție simplu pentru membrele superioare (RTsUL) și testul de timp de reacție simplu pentru membrele inferioare (RTsLL) sunt teste separate în care subiectul trebuie să dezactiveze opt senzori LED dispuși într-un semicerc pe o masă pentru membrele superioare și pe sol cu un mișcare rapidă pentru membrele inferioare. Aprinderea LED-urilor se face într-un mod imprevizibil și aleatoriu. S-au măsurat timpurile medii în milisecunde pentru fiecare subiect pentru fiecare încercare.
- Testul de agilitate reactivă (RA) pentru măsurarea agilității deplasării în spațiu și a unor funcții perceptiv-cognitive (PCF), incluzând explorarea vizuală, timpul de reacție, viteza de

procesare, inhibiția răspunsului și flexibilitatea cognitivă. Opt senzori LED sunt amplasați pe o suprafață de patru metri pătrați, pe opt conuri delimitatoare poziționate în colțurile a două pătrate, unul extern și celălalt intern. Testul începe atunci când două dintre cei opt senzori se aprind în mod aleatoriu cu lumină albastră în același timp, unul dintre ei se aprinde complet, iar celălalt parțial, doar marginea exterioară a cercului. Subiectul, plasat în afara celor două pătrate, trebuie să se deplaseze rapid în zona pregătită pentru a dezactiva discul care se aprinde parțial, ignorând pe cel care se aprinde complet. Timpul total în secunde pentru dezactivarea a 24 de senzori corecți este măsurat.

Teste motorii de teren

- Testul hexagonului (HAT) este un test de agilitate în care subiectul începe din centrul unui hexagon desenat pe sol cu bandă adezivă. Se efectuează 6 sărituri succesive înainte și înapoi spre centrul hexagonului, trecând prin fiecare latură, prima săritură este către linia frontală, apoi cea laterală și tot așa. Cronometrul se oprește automat când subiectul a finalizat întreg cercul ajungând din nou în centrul platformei de contact.
- Testul de atingere a membrelor inferioare (TLL) este un test de viteză în care subiectul, aflat pe un scaun, trebuie să efectueze mișcări rapide ale piciorului spre dreapta și spre stânga unei linii de pe sol. Se măsoară timpul pentru efectuarea a 40 de atingeri. Rezultatul final este media timpilor între cele două picioare.
- Testul de atingere a membrelor superioare (TUL) este un test de viteză în care subiectul trebuie să efectueze mișcări rapide pentru a atinge cu o mână 2 discuri amplasate pe o masă la o distanță de 80 cm între ele. Se măsoară timpul pentru efectuarea a 25 de atingeri. Rezultatul final este media timpilor între cele două mâini.

8.2.4 Analiza Statistică

A fost efectuată o analiză MANOVA pentru a evalua dacă există o diferență statistic semnificativă în cel puțin una dintre mediile celor două grupuri. În acest studiu, au fost aplicate analize t pentru probe independente și perechi, iar în același timp au fost calculate Cohen's d și procentul de creștere (ip%). Interpretarea lui Cohen's d (mărimea efectului) este stabilită după cum urmează: 0,1 - 0,2 mic, 0,3 - 0,5 mediu, 0,5 - 0,8 mare, peste 0,8 foarte mare (Sawilowsky, 2009).

Valoarea de semnificație statistică de bază pentru acest studiu a fost selectată la $p < 0,05$. Procentul de creștere (ip%) a fost calculat conform formulei următoare:

$$ip\% = [(X_{post} - X_{pre})/X_{pre}] * 100.$$

8.3 Rezultat si discutie

Ipoteza principală a acestui studiu este dacă o metodă de antrenament pentru îmbunătățirea reacției motorii, agilității și rapidității cu utilizarea unor instrumente tehnologice de percepție acțiune este mai eficientă decât metoda tradițională de antrenament. În post-test, rezultatele medii ale timpilor obținute de EG erau semnificativ mai mici, deci mai bune, decât cele obținute de CG în fiecare test. Diferențele de timp în fiecare test ($DX = -0,062$ s, $p < 0,05$ în RTsUL (s), $DX = -0,07$ s, $p < 0,05$ în RTsLL (s), $DX = -0,432$ s, $p < 0,05$ în TUL (s), $DX = -0,84$ s, $p < 0,05$ în TLL (s), $DX = -0,629$ s, $p < 0,05$ în HAT (s), $DX = -0,705$ s, $p < 0,05$ în RA (s)) demonstrează că EG a obținut avantaje mai mari din antrenamentul cu dispozitive de percepție acțiune în comparație cu antrenamentul tradițional al CG. Observând valorile procentului de creștere și a valorii d - mărimea efectului de Cohen, se poate observa că EG a obținut îmbunătățiri performanțiale de -14,9% în RTsUL ($DX = -0,072$ s, $p < 0,05$, $d = 6,7$), -14,9% în RTsLL ($DX = -0,091$ s, $p < 0,05$, $d = 12,7$), -10,6% în TUL ($DX = -0,622$ s, $p < 0,05$, $d = 12,1$), -10,7% în TLL ($DX = -0,983$ s, $p < 0,05$, $d = -12,4$), -14,1% în HAT ($DX = -0,677$ s, $p < 0,05$, $d = 5,5$) și -2,9% în RA ($DX = -1,089$ s, $p < 0,05$, $d = 10,8$). Valoarea d a mărimii efectului pentru EG a fost considerată "foarte mare" ($d > 0,8$) în toate testele, astfel încât se poate afirma că diferențele au fost semnificative datorită tratamentului și utilizării senzorilor de percepție acțiune în timpul celor 6 săptămâni de antrenament. S-au observat efecte pozitive ale antrenamentului în testele de reacție și rapiditate a mișcării picior-ochi în EG. Din punct de vedere metodologic, rezultatele obținute confirmă faptul că un program de antrenament de 6 săptămâni cu senzori PA este suficient pentru a îmbunătăți anumite funcții perceptivo-cognitive..

8.4 Concluzie

Programul de antrenament utilizând senzorii PA pare să fie o metodă eficientă pentru îmbunătățirea agilității și rapidității de mișcare și a unor aspecte ale PCF la jucătoarele de volei în faza de pregătire fizică pre-campionat. Antrenorii fizici ar putea utiliza aceste informații în procesul de planificare a antrenamentului. În concluzie, putem afirma că un program de antrenament de 6 săptămâni utilizând exerciții cu dispozitive tehnologice pentru percepția luminii în intervale prestabilite/aleatoare (percepție-acțiune) a îmbunătățit performanța fizică și, într-o anumită măsură, performanța cognitivă la jucătoarele de volei, demonstrându-se mai eficient decât antrenamentul tradițional.

8.5 Limite

Limitele acestui studiu sunt legate de dimensiunea mică a eșantionului și de faptul că eșantionul a fost compus doar din femei și dintr-o singură disciplină sportivă. Testele utilizate, deși valide ca teste de teren, ar trebui standardizate și normalizate în funcție de tipologia subiecților. Cercetări precum aceasta ar avea nevoie de fonduri pentru a susține activități de comparare cu teste de laborator. În capitolul următor, s-a abordat o situație de laborator în care s-a utilizat o tehnologie inovatoare care folosește stimularea magnetică transcraniană pentru a studia aspecte legate de coordonarea motorie.

CAPITOLUL IX EXPERIMENTUL 3

HIGH FREQUENCIES (HF) REPETITIVE TRANSCRANIAL MAGNETIC STIMULATION (RTMS) INCREASE MOTOR COORDINATION PERFORMANCES IN VOLLEYBALL PLAYERS.

Original works published on

BMC Neuroscience ISSN: 1471-2202. 23 May 2023. doi: 10.1186/s12868-023-00796-2

9.1 Introducere

Competența într-un sport constă în capacitatea de a demonstra în mod constant abilități atletice remarcabile. Deși este recunoscut în mod obișnuit că sportivii de elită performează mai bine decât începătorii, nu este clar dacă performanțele mai ridicate sunt rezultatul unei coordonări senzomotorii mai abile. Sportivii trebuie să fie capabili să recunoască câmpurile vizuale care conțin cea mai mare parte a informațiilor, să-și focalizeze atenția în locurile potrivite și să extragă eficient și eficace sensul din aceste câmpuri (Williams & Elliott, 1999). O zonă cerebrală esențială, numită cortexul prefrontal dorsolateral (DLPFC), joacă un rol special în atenția executivă, menținând accesul activ la reprezentările și obiectivele stimulului în medii cu multă distragere (Kane & Engle, 2002), tipice în sporturile de echipă precum voleiul. În sporturile de echipă, coordonarea a fost considerată "cheia performanței unui expert". În volei, importanța coordonării în timpul performanței a fost asociată pozitiv cu succesul echipelor în principalele competiții internaționale (Lidor & Ziv, 2010b). Stimularea magnetică transcraniană repetitivă (rTMS) este o tehnică de neuromodulare care utilizează bobine electromagnetice plasate pe scalp pentru a crea un câmp magnetic care, în funcție de setările de administrare, stimulează sau inhibă activitatea corticală. Există un acord general că rTMS sub 1 Hz în cortexul motor reduce excitabilitatea corticală, în timp ce rTMS peste 5 Hz crește excitabilitatea cortexului cerebral (Fitzgerald et al., 2006). Ipoteza noastră de cercetare presupune că stimularea cu frecvență înaltă a DLPFC, având efecte facilitatoare, poate îmbunătăți coordonarea la jucătorii de volei și poate crește excitabilitatea corticală.

9.2 Materiale și metode

Participanții acest studiu a fost un design experimental dublu-orb (participanți și evaluatori) cu perechi potrivite. Au fost recrutate douăzeci de jucătoare profesionale de volei de sex feminin, dreptace (Oldfield, 1971), din echipele locale din Foggia și Cerignola (sudul Italiei) și au fost repartizate aleatoriu în grupul de stimulare rTMS activă (n = 10) sau în grupul de stimulare simulată (n = 10).

9.2.1 Proiectarea studiului

Participanții recrutați pentru acest studiu au fost repartizați aleatoriu în patru grupuri și au fost invitați în laboratorul de fiziologie al Universității din Foggia pentru patru zile consecutive. La intrarea în laborator, fiecărui participant i s-a explicat întregul proces experimental, care a început după semnarea acordului informat. Ulterior, s-au efectuat următoarele teste în această succesiune temporală: măsurarea parametrilor antropometrici, testul de coordonare motorie, așezarea pe scaun și identificarea pragului motor repetitiv (RMT) și înregistrarea a douăzeci de stimulări pentru analiza potențialelor motorii evocate (MEP), aplicarea HF-rTMS și, imediat după încheierea stimulării, participanții au repetat testul de coordonare motorie și au fost înregistrate douăzeci de stimulări pentru analiza MEP..

9.2.1.1 rTMS protocol

Stimularea a fost efectuată într-o singură sesiune cu 10 Hz, la 80% din pragul motor repetitiv (RMT) al mușchiului interosoasă dorsală primă a mâinii drepte (Yue WU, Wenwei XU, Xiaowei LIU, Qing XU, Li TANG, 2015), timp de 5 secunde de stimulare și 15 secunde de odihnă, pentru un total de 1500 de impulsuri. Stimularea sham a fost efectuată în aceeași manieră, cu excepția faptului că bobina a fost ținută sub un unghi de 90°, iar doar o margine a acesteia a fost în contact cu scalpul.

9.2.1.2 Performanța coordonării între membre

Coordonarea omolaterală a mâinilor și picioarelor a fost evaluată prin intermediul unui test de teren validat (Capranica et al., 2005), care a demonstrat capacitatea de a diferenția efectele antrenamentului în situații (Capranica et al., 2005; Cortis et al., 2011; Tessitore et al., 2011) și sporturile cu abilități închise (Capranica et al., 2005). Participanții au fost plasați în poziție așezată pe o masă, fără încălțăminte, cu coatele și genunchii flectați la un unghi de 90 de grade. Li s-a dat instrucțiuni să respecte cerințele spațiale și temporale ale modelelor de mișcare. În mod particular, trebuiau să efectueze mișcări repetate de flexie și extensie în jurul articulațiilor mâinii și gleznei, menținând o relație de 1:1 între cele două mișcări. În experiment au fost examinate două moduri diferite de coordonare: în fază (IP) și în anti-fază (AP). În modul în fază, extensia mâinii era

asociată cu flexia dorsala a piciorului, în timp ce flexia mâinii era asociată cu flexia plantară a piciorului. În modul anti-fază, flexia mâinii era asociată cu flexia dorsala a piciorului, iar extensia mâinii era asociată cu flexia plantară a piciorului. Fiecare mod de coordonare a fost testat la trei frecvențe diferite (80, 120 și 180 de bătăi pe minut) stabilite de un metronom. Durata fiecărui test a fost de 60 de secunde. Timpul a fost măsurat de un operator anterior instruit, folosind un cronometru manual, iar corecta execuție a testului a fost observată de la început până când subiectul testat nu a mai putut respecta indicațiile spațiale și/sau temporale ale exercițiului.

9.2.2 *Analizele statistice*

Analizele statistice au fost realizate cu ajutorul programului GraphPad 6 Software, Inc., pentru Windows, versiunea 6.01. Datele sunt prezentate ca medie (M) ± deviație standard (SD), iar semnificația statistică a fost stabilită la $p < 0,05$. Testul Shapiro-Wilk a fost utilizat pentru verificarea distribuției normale a variabilelor. Diferențele în parametrii antropometrici între grupurile de rTMS active și simulatoare au fost analizate cu ajutorul testului t independent. Pentru timpul (s) de execuție corectă a testului de coordonare între membre, s-a aplicat un ANOVA cu măsurători repetate 2 (Grupuri: Atleți, Grupuri de control) × 2 (Mod de coordonare: IP, AP) × 3 (Frecvență de execuție: 80, 120, 180 bpm). Dacă testul F global a fost semnificativ, s-au utilizat comparații post-hoc Tukey. Pentru a testa diferența semnificativă a modificărilor în parametrii MEPs (rTMS activ vs. simulare), s-a utilizat un test t independent.

9.3 **Rezultate și discuții**

Descoperirea semnificativă a acestui studiu este că HF-rTMS-ul DLPFC pare să îmbunătățească performanțele în ceea ce privește coordonarea omolaterală între membre, cu o reducere semnificativă a latentei RMT și MEP în cortexul motor omolateral. După stimulare, în grupul activ s-a înregistrat o creștere a timpului de execuție corectă a testului de coordonare inter-limbă în ambele condiții (în fază/anti-fază). Se pare că HF-rTMS-ul poate îmbunătăți performanța coordonării atunci când viteza de execuție este mai mare (120 bpm și 180 bpm). De asemenea, în grupul rTMS activ s-au observat diferențe semnificative după stimulare în ceea ce privește RMT și latentă MEP, în timp ce nu s-au observat diferențe în amplitudinea MEP după stimulare. În acest studiu, latentă RMT și MEP au scăzut după HF-rTMS-ul DLPFC, indicând o excitabilitate crescută a cortexului motor. Descoperirea importantă a studiului nostru este că stimularea cerebrală non-invazivă în DLPFC-ul stâng nu a împiedicat creșterea excitabilității în cortexul motor M1. Aceste rezultate susțin ideea că rTMS-ul prefrontal poate influența indirect excitabilitatea corticomotorie și

poate îmbunătăți performanțele cognitive prin cauzarea unor modificări mai îndepărtate în sistemele corticale și subcorticale..

9.4 Concluzii și limitări

Studiul nostru arată că o singură sesiune de HF-rTMS a DLPFC în jucătorii de volei pare să îmbunătățească coordonarea și excitabilitatea corticală. Aceste rezultate ar putea oferi instrumente utile pentru a modula antrenamentul sportiv. De fapt, dacă aceste rezultate sunt confirmate, ar putea determina antrenorii să propună sportivilor lor sesiuni de rTMS integrate corespunzător cu antrenamentul. Cu toate acestea, în ciuda rezultatelor interesante, studiul are și unele limitări, cum ar fi o eșantionare mică, care ar trebui extinsă și investigată în viitor pentru a clarifica toate aspectele. De asemenea, ar trebui evaluate și efectele rTMS la diferite frecvențe (în studiul nostru am folosit doar 10 Hz) pentru a stabili cel mai bun protocol pentru a obține o îmbunătățire a performanțelor. În plus, ar trebui realizat un studiu care să includă și sportivi de sex masculin și persoane care nu sunt sportivi. În concluzie, în ciuda limitărilor descrise mai sus, considerăm că aceste rezultate pot fi de mare interes pentru comunitatea științifică și pot avea implicații practice în viitor.

CONCLUZIA CERCETĂRII

Rezultatele obținute în cadrul testelor efectuate în această teză de cercetare sunt în general pozitive și încurajatoare, confirmând ipotezele inițiale. Utilizarea instrumentelor digitale inovatoare în sport reprezintă un aspect care ar trebui luat în considerare în viitorul apropiat. Multe dintre aceste instrumente sunt acum accesibile tuturor, datorită costurilor reduse. Se speră că rezultatele satisfăcătoare ale experimentelor efectuate în cadrul acestui studiu vor contribui la popularizarea acestor echipamente și la utilizarea lor de către profesioniștii din domeniu.

În general, acest studiu de cercetare a demonstrat cum utilizarea metodologiilor care fac uz de instrumente tehnologice de ultimă generație poate genera soluții inovatoare pentru a permite o mai mare eficacitate în antrenament, cu repercusiuni pozitive asupra performanțelor sportive ale sportivilor tineri de nivel mediu și înalt. Plecând de la paradigma conform căreia sportivii au la dispoziție un flux constant de informații senzoriale pe care le folosesc pentru a-și ghida și adapta comportamentul motor, acest proiect de cercetare și-a propus să analizeze dacă utilizarea dispozitivelor de percepție-acțiune poate contribui la îmbunătățirea unor caracteristici ale funcțiilor perceptiv-cognitive și a coordonării, cum ar fi viteza de reacție, agilitatea și rapiditatea, la indivizii implicați în activități sportive.

Întrebările de cercetare au fost abordate, iar răspunsurile oferite sunt următoarele:

- Există diferențe semnificative în performanțele motorii între testele de reacție motorie la stimuli vizuali și abilitățile de coordonare?

Da, există diferențe semnificative între testele de reacție motorie la stimuli vizuali și abilitățile de coordonare. Deși ambele tipuri de teste motorii sunt importante pentru evaluarea abilităților motorii ale unei persoane, se concentrează asupra aspectelor diferite ale performanței motorii și pot releva diferențe semnificative între ele.

- Pot fi utilizate DPA-uri (dispozitive de percepție-acțiune) ca instrumente de evaluare?

Dispozitivele de percepție-acțiune, cum ar fi LED-urile luminoase, pot fi utilizate ca instrumente de evaluare în sport, iar multe studii menționate în această teză demonstrează acest lucru. Aceste dispozitive pot fi utilizate pentru a crea stimuli vizuali care necesită o reacție motorie rapidă din partea sportivilor. De exemplu, pot fi utilizate pentru a măsura viteza de reacție a unui sportiv, înregistrând timpul necesar pentru a răspunde la un semnal luminos sau pentru a efectua o

anumită acțiune în răspuns la o schimbare de culoare a LED-urilor. De asemenea, dispozitivele de percepție-acțiune pot fi utilizate pentru a evalua agilitatea și coordonarea sportivilor.

- Utilizarea instrumentelor tehnologice, cum ar fi DPA-urile, poate fi integrată într-un program de antrenament pentru a îmbunătăți performanțele? Utilizarea DPA-urilor poate îmbunătăți timpul de reacție și de mișcare la un stimul vizual la sportivii avansați? Utilizarea DPA-urilor poate îmbunătăți agilitatea și rapiditatea?

Da, utilizarea instrumentelor tehnologice, cum ar fi dispozitivele de percepție-acțiune cu LED-uri luminoase, poate fi integrată într-un program de antrenament pentru a îmbunătăți performanțele sportive. De asemenea, aceste instrumente pot fi utilizate pentru a dezvolta agilitatea, rapiditatea și coordonarea sportivilor. Pot fi utilizate pentru a crea modele luminoase, trasee și antrenamente de tip circuit, care necesită mișcări rapide, precise și coordonate din partea sportivilor, așa cum s-a întâmplat în al doilea experiment din această teză. S-a observat că prin antrenamentul cu dispozitivele de percepție-acțiune, jucătoarele de volei au reușit să-și îmbunătățească capacitatea de adaptare la informațiile vizuale și de a executa mișcări complexe cu mai multă fluiditate și eficiență. Totuși, este important să subliniem că utilizarea dispozitivelor de percepție-acțiune cu LED-uri luminoase ar trebui integrată în mod corespunzător și să se bazeze pe o planificare atentă. Antrenorii și experții din domeniu ar trebui să evalueze nevoile specifice ale sportivilor și să adapteze antrenamentele în funcție de obiectivele performanței și de contextul sportiv. Ultimul experiment din această teză s-a concentrat pe un domeniu care aparține mai mult fiziologiei aplicate în sport. Studiul a fost efectuat într-un laborator dintr-o instituție spitalicească. S-a utilizat echipamentul de stimulare magnetică transcraniană detaliat prezentat în capitolul patru. Întrebarea inițială la care s-a încercat să se răspundă a fost dacă utilizarea unor instrumente tehnologice non-invazive care folosesc unde magnetice pentru a stimula anumite zone ale creierului poate avea efecte pozitive asupra testelor de coordonare motorie. Rezultatele studiului indică faptul că o singură sesiune de stimulare magnetică transcraniană la frecvență înaltă (HF-rTMS) a cortexului dorsolateral prefrontal (DLPFC) la jucătorii de volei pare să aibă un efect pozitiv asupra coordonării motorii și excitabilității corticale. Aceste rezultate ar putea avea implicații promițătoare în optimizarea antrenamentului sportiv.

LIMITĂRI GENERALE

În general, este important să recunoaștem câteva limitări inițiale ale fazei experimentale, cauzate în principal de criza mondială a pandemiei din perioada 2020-2021. Aceasta a implicat anumite restricții în efectuarea experimentelor cu un eșantion de participanți mai mare.

Cu toate acestea, experimentele au fost efectuate în cel mai bun mod posibil în contextul restricțiilor impuse de pandemie. Este important să se țină cont de acești factori în interpretarea rezultatelor și să se ia în considerare posibilele implicații asupra generalizabilității acestora.

ELEMENTE DE ORIGINALITATE

Experimentul 1

Utilizarea dispozitivelor de percepție-acțiune ca instrument de măsurare a capacităților cognitive și motorii la subiecții adolescenți. Nu avem cunoștință de studii în literatură care să coreleze componentele cognitive și motorii, cum ar fi timpul de reacție motorie și agilitatea, la tineri care practică activități multisport, luând în considerare diferențele de gen și vârsta biologică.

Experimentul 2

Utilizarea dispozitivelor de percepție-acțiune ca instrument de măsurare a capacităților cognitive și motorii la sportivii adulți. Utilizarea dispozitivelor de percepție-acțiune cu LED-uri luminoase pentru antrenamentul agilității reactive la sportivii avansați.

Experimentul 3

Utilizarea tehnologiilor non-invazive, cum ar fi stimularea magnetică transcraniană la frecvență înaltă, pentru a detecta efectele pe termen scurt asupra testelor de coordonare motorie la sportivi.

REFERINȚE

- Abernethy, B., & Russell, D. G. (1987). Expert-novice differences in an applied selective attention task. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, *9*(4), 326–345.
- Adleman, N. E., Chen, G., Reynolds, R. C., Frackman, A., Razdan, V., Weissman, D. H., Pine, D. S., & Leibenluft, E. (2016). Age-related differences in the neural correlates of trial-to-trial variations of reaction time. *Developmental Cognitive Neuroscience*, *19*, 248–257.
- Akarsu, S., ÇALIŞKAN, E., & Dane, Ş. (2009). Athletes have faster eye-hand visual reaction times and higher scores on visuospatial intelligence than nonathletes. *Turkish Journal of Medical Sciences*, *39*(6), 871–874.
- Appelbaum, L. G., & Erickson, G. (2018). Sports vision training: A review of the state-of-the-art in digital training techniques. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, *11*(1), 160–189.
- Arbib, M. A. (1987). A view of brain theory. In *Self-organizing systems* (pp. 279–311). Springer.
- Baechle, T. R., Earle, R. W., & Allerheiligen, W. B. (1994). Strength training and spotting techniques. *Essentials of Strength Training and Conditioning*, 345–400.
- Baker, J., Cobley, S., & Fraser-Thomas, J. (2009). What do we know about early sport specialization? Not much! *High Ability Studies*, *20*(1), 77–89.
- Barlow, S. E., & Committee, E. (2007). Expert committee recommendations regarding the prevention, assessment, and treatment of child and adolescent overweight and obesity: summary report. *Pediatrics*, *120*(Supplement_4), S164–S192.
- Bigsby, K., Mangine, R. E., Clark, J. F., Rauch, J. T., Bixenmann, B., Susaret, A. W., Hasselfeld, K. A., & Colosimo, A. J. (2014). Effects of postural control manipulation on visuomotor training performance: comparative data in healthy athletes. *International Journal of Sports Physical Therapy*, *9*(4), 436.
- Blume, D. D. (1986). Le capacità coordinative: definizione e possibilità di svilupparle. Trad. it. *Didattica Del Movimento*, *42*(43), 60–82.
- Boichuk, R., Iermakov, S., Nosko, M., Kovtsun, V., & Nosko, Y. (2017). Influence of motor coordination indicators on efficiency of game activity of volleyball players at the stage of specialized basic training. *Journal of Physical Education and Sport*, *17*(4), 2632–2637.

- Boisgontier, M. P., Wittenberg, G. F., Fujiyama, H., Levin, O., & Swinnen, S. P. (2014). Complexity of central processing in simple and choice multilimb reaction-time tasks. *PLoS One*, *9*(2), e90457.
- Borojerd, B., Battaglia, F., Muellbacher, W., & Cohen, L. G. (2001). Mechanisms influencing stimulus-response properties of the human corticospinal system. *Clinical Neurophysiology*, *112*(5), 931–937.
- Brasil-Neto, J. P., McShane, L. M., Fuhr, P., Hallett, M., & Cohen, L. G. (1992). Topographic mapping of the human motor cortex with magnetic stimulation: factors affecting accuracy and reproducibility. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, *85*, 9–16.
- Candidi, M., Vicario, C. M., Abreu, A. M., & Aglioti, S. M. (2010). Competing mechanisms for mapping action-related categorical knowledge and observed actions. *Cerebral Cortex*, *20*(12), 2832–2841.
- Capotosto, P., Babiloni, C., Romani, G. L., & Corbetta, M. (2012). Differential contribution of right and left parietal cortex to the control of spatial attention: a simultaneous EEG–rTMS study. *Cerebral Cortex*, *22*(2), 446–454.
- Capranica, L., Tessitore, A., Olivieri, B., & Pesce, C. (2005). Homolateral hand and foot coordination in trained older women. *Gerontology*, *51*(5), 309–315. <https://doi.org/10.1159/000086367>
- Chelladurai, P. (1976). Manifestations of agility. *Journal of the Canadian Association of Health, Physical Education and Recreation*, *42*(3), 36–41.
- Cortis, C., Tessitore, A., Lupo, C., Pesce, C., Fossile, E., Figura, F., & Capranica, L. (2011). Interlimb coordination, strength, jump, and sprint performances following a youth men’s basketball game. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, *25*, 135–142. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181bde2ec>
- Côté, J., Lidor, R., & Hackfort, D. (2009). ISSP position stand: To sample or to specialize? Seven postulates about youth sport activities that lead to continued participation and elite performance. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, *7*(1), 7–17.
- Der, G., & Deary, I. J. (2006). Age and sex differences in reaction time in adulthood: results from the United Kingdom Health and Lifestyle Survey. *Psychology and Aging*, *21*(1), 62.
- Docherty, D., Wenger, H. A., & Neary, P. (1988). Time-motion analysis related to the physiological demands of rugby. *Journal of Human Movement Studies*, *14*(6), 269–277.
- Donders, F. C. (1969). On the speed of mental processes. *Acta Psychologica*, *30*, 412–431.
- Fiorilli, G., Iuliano, E., Mitrotasios, M., Pistone, E. M., Aquino, G., Calcagno, G., & di Cagno, A. (2017). Are change of direction speed and reactive agility useful for determining the optimal

field position for young soccer players? *Journal of Sports Science and Medicine*, 16(2), 247–253.

Fitlight System. (2022). <https://www.fitlighttraining.com/>

Fitts, P. M. (1964). Perceptual-motor skill learning. In *Categories of human learning* (pp. 243–285). Elsevier.

Fitzgerald, P. B., Fountain, S., & Daskalakis, Z. J. (2006). A comprehensive review of the effects of rTMS on motor cortical excitability and inhibition. *Clinical Neurophysiology : Official Journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, 117(12), 2584–2596. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2006.06.712>

Gabbett, T., & Georgieff, B. (2007). Physiological and anthropometric characteristics of Australian junior national, state, and novice volleyball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(3), 902–908.

Gibson, J. J. (2014). The Ecological Approach to Visual Perception. *The Ecological Approach to Visual Perception*. <https://doi.org/10.4324/9781315740218>

Gierczuk, D., & Sadowski, J. (2015). Dynamics of the development of coordination motor abilities in freestyle wrestlers aged 16-20. *Archives of Budo*, 11, 79–85.

Greenhouse, I., King, M., Noah, S., Maddock, R. J., & Ivry, R. B. (2017). Individual differences in resting corticospinal excitability are correlated with reaction time and GABA content in motor cortex. *Journal of Neuroscience*, 37(10), 2686–2696.

Grosser, M., & Renner, T. (2007). *Schnelligkeitstraining*. BLV-Buchverl.

Hallett, M. (2000). Transcranial magnetic stimulation and the human brain. *Nature*, 406(6792), 147–150.

Henry, F. M., & Rogers, D. E. (1960). Increased response latency for complicated movements and a “memory drum” theory of neuromotor reaction. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation*, 31(3), 448–458.

Homoud, M. N. A. (2015). Relationships between illinois agility test and reaction time in male athletes. *The Swedish Journal of Scientific Research*, 2(3), 28–33.

Horicka, P., Simonek, J., & Brodani, J. (2018). Diagnostics of reactive and running agility in young football players. *Physical Activity Review*, 6, 29–36.

Jain, A., Bansal, R., Kumar, A., & Singh, K. D. (2015). A comparative study of visual and auditory reaction times on the basis of gender and physical activity levels of medical first year students. *International Journal of Applied and Basic Medical Research*, 5(2), 124.

Jayaswal, A. A. (2016). Comparison between auditory and visual simple reaction times and its relationship with gender in 1st year MBBS students of Jawaharlal Nehru Medical College,

- Bhagalpur, Bihar. *International Journal of Medical Research and Review*, 4(7), 1228–1232.
- Jensen, A. R. (2006). *Clocking the mind: Mental chronometry and individual differences*. Elsevier.
- Kane, M. J., & Engle, R. W. (2002). The role of prefrontal cortex in working-memory capacity, executive attention, and general fluid intelligence: An individual-differences perspective. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(4), 637–671. <https://doi.org/10.3758/BF03196323>
- Katanić, B., Ilić, P., Stojmenović, A., & Vitasović, M. (2020). The application of Fitlight trainer system in sports. *Fizička Kultura*, 74(2), 115–126.
- Kelso, J. A. S., DelColle, J. D., & Schöner, G. (2018). Action-perception as a pattern formation process. In *Attention and performance XIII* (pp. 139–169). Psychology Press.
- Kensler, G. L., & Gibson, J. J. (1969). The Senses Considered as Perceptual Systems. *Studies in Art Education*, 10(3), 63. <https://doi.org/10.2307/1319633>
- Keogh, J. W. L., Weber, C. L., & Dalton, C. T. (2003). Evaluation of anthropometric, physiological, and skill-related tests for talent identification in female field hockey. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 28(3), 397–409.
- Kirk, D. (2005). Physical education, youth sport and lifelong participation: the importance of early learning experiences. *European Physical Education Review*, 11(3), 239–255.
- Kirk, H., Gray, K., Ellis, K., Taffe, J., & Cornish, K. (2017). Impact of attention training on academic achievement, executive functioning, and behavior: A randomized controlled trial. *American Journal on Intellectual and Developmental Disabilities*, 122(2), 97–117.
- Kuang, S. (2017). Is reaction time an index of white matter connectivity during training? *Cognitive Neuroscience*, 8(2), 126–128.
- KÜÇÜKİPEKÇİ, S., & TAŞKIN, H. (2011). Bayan voleybolcularda reaksiyon zamanı, çeviklik ve anaerobik performanstaki değişimlerin sezon süresince incelenmesi. *Selçuk Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilim Dergisi*, 13(1), 20–25.
- Lage, G. M., Gallo, L. G., Cassiano, G. J. M., Lobo, I. L. B., Vieira, M. V, Fuentes, D., & Malloy-Diniz, L. F. (2011). Correlations between impulsivity and technical performance in handball female athletes. *Psychology*, 2(07), 721.
- Lee, D. N. (1986). Gearing action to the environment. *Generation and Modulation of Action Patterns*.
- Lidor, R., & Ziv, G. (2010a). Physical and physiological attributes of female volleyball players—a review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(7), 1963–1973.
- Lidor, R., & Ziv, G. (2010b). Physical Characteristics and Physiological Attributes of Adolescent Volleyball Players—A Review. *Pediatric Exercise Science*, 22(1), 114–134. <https://doi.org/10.1123/pes.22.1.114>

- Lloyd, R. S., Read, P., Oliver, J. L., Meyers, R. W., Nimphius, S., & Jeffreys, I. (2013). Considerations for the development of agility during childhood and adolescence. *Strength & Conditioning Journal*, 35(3), 2–11.
- Lynall, R. C., Blackburn, J. T., Guskiewicz, K. M., Marshall, S. W., Plummer, P., & Mihalik, J. P. (2018). Reaction time and joint kinematics during functional movement in recently concussed individuals. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 99(5), 880–886.
- Medeiros, P. de, Capistrano, R., Zequinão, M. A., Silva, S. A. da, Beltrame, T. S., & Cardoso, F. L. (2017). Exergames as a tool for the acquisition and development of motor skills and abilities: A systematic review. *Revista Paulista de Pediatria*, 35, 464–471.
- Meinel, K., Gulinelli, M., & Schnabel, G. (1984). *Teoria del movimento: abbozzo di una teoria della motricità sportiva sotto l'aspetto pedagogico*. Società stampa sportiva.
- Meir, R., Newton, R., Curtis, E., Fardell, M., & Butler, B. (2001). Physical fitness qualities of professional rugby league football players: determination of positional differences. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 15(4), 450–458.
- Missitzi, J., Gentner, R., Geladas, N., Politis, P., Karandreas, N., Classen, J., & Klissouras, V. (2011). Plasticity in human motor cortex is in part genetically determined. *The Journal of Physiology*, 589(2), 297–306.
- Moradi, A., & Esmaeilzadeh, S. (2015). Association between reaction time, speed and agility in schoolboys. *Sport Sciences for Health*, 11(3), 251–256.
- Moreno, E. (1995). High school corner: Developing Quickness, Part II. *Strength & Conditioning Journal*, 17(1), 38–39.
- Mudric, M., Cuk, I., Nedeljkovic, A., Jovanovic, S., & Jaric, S. (2015). Evaluation of Video-based method for the measurement of reaction time in specific sport situation. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15(3), 1077–1089.
- Nicolson, R. I. (1982). Cognitive factors in simple reactions: A developmental study. *Journal of Motor Behavior*, 14(1), 69–80.
- Nowak, D. A., Bösl, K., Podubeckà, J., & Carey, J. R. (2010). Noninvasive brain stimulation and motor recovery after stroke. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 28(4), 531–544.
- Nuri, L., Shadmehr, A., Ghotbi, N., & Attarbashi Moghadam, B. (2013). Reaction time and anticipatory skill of athletes in open and closed skill-dominated sport. *European Journal of Sport Science*, 13(5), 431–436.
- Okubo, Y., Schoene, D., & Lord, S. R. (2017). Step training improves reaction time, gait and balance and reduces falls in older people: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 51(7), 586–593.

- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, *9*, 97–113. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(71\)90067-4](https://doi.org/10.1016/0028-3932(71)90067-4)
- Petersen, N. T., Pyndt, H. S., & Nielsen, J. B. (2003). Investigating human motor control by transcranial magnetic stimulation. *Experimental Brain Research*, *152*(1), 1–16. <https://doi.org/10.1007/s00221-003-1537-y>
- Rabiner, D. L., Murray, D. W., Skinner, A. T., & Malone, P. S. (2010). A randomized trial of two promising computer-based interventions for students with attention difficulties. *Journal of Abnormal Child Psychology*, *38*(1), 131–142.
- Reilly, T., Williams, A. M., Nevill, A., & Franks, A. (2000). A multidisciplinary approach to talent identification in soccer. *Journal of Sports Sciences*, *18*(9), 695–702.
- Ricci, R., Salatino, A., Li, X., Funk, A. P., Logan, S. L., Mu, Q., Johnson, K. A., Bohning, D. E., & George, M. S. (2012). Imaging the neural mechanisms of TMS neglect-like bias in healthy volunteers with the interleaved TMS/fMRI technique: preliminary evidence. *Frontiers in Human Neuroscience*, *6*, 326.
- Roetert, E. P., Garrett, G. E., Brown, S. W., & Camaione, D. N. (1992). Performance profiles of nationally ranked junior tennis players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *6*(4), 225–231.
- Ruschel, C., Haupenthal, A., Hubert, M., Fontana, H. B., Pereira, S. M., & Roesler, H. (2011). Simple reaction time in soccer players from differing categories and field positions. *Motricidade*, *7*(4), 73–82.
- Sawilowsky, S. S. (2009). New effect size rules of thumb. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, *8*(2), 26.
- Sekulic, D., Pehar, M., Krolo, A., Spasic, M., Uljevic, O., Calleja-González, J., & Sattler, T. (2017). Evaluation of basketball-specific agility: applicability of preplanned and nonplanned agility performances for differentiating playing positions and playing levels. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *31*(8), 2278–2288.
- Sheppard, J. M., & Young, W. B. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of Sports Sciences*, *24*(9), 919–932.
- Silverman, I. W. (2006). Sex differences in simple visual reaction time: A historical meta-analysis. *Sex Roles*, *54*(1), 57–68.
- Sternberg, S. (1969). The discovery of processing stages: Extensions of Donders' method. *Acta Psychologica*, *30*, 276–315.
- Sugden, D. A. (1980). Movement speed in children. *Journal of Motor Behavior*, *12*(2), 125–132.
- Tessitore, A., Perroni, F., Cortis, C., Meeusen, R., Lupo, C., & Capranica, L. (2011). Coordination

- of Soccer Players During Preseason Training. In *Journal of Strength and Conditioning Research* (Vol. 25, pp. 3059–3069). <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318212e3e3>
- Tudor, V., & POPOVICI, I. V. (1999). *Capacitatile conditionale, coordinative si intermediare-componente ale capacitatii motrice*. RAI Coresi.
- Turatto, M., Galfano, G., Bridgeman, B., & Umiltà, C. (2004). Space-independent modality-driven attentional capture in auditory, tactile and visual systems. *Experimental Brain Research*, 155, 301–310.
- van de Water, T., Huijgen, B., Faber, I., & Elferink-Gemser, M. (2017). Assessing cognitive performance in badminton players: a reproducibility and validity study. *Journal of Human Kinetics*, 55(1), 149–159.
- Vestberg, T., Reinebo, G., Maurex, L., Ingvar, M., & Petrovic, P. (2017). Core executive functions are associated with success in young elite soccer players. *PloS One*, 12(2), e0170845.
- Walton, C. C., Keegan, R. J., Martin, M., & Hallock, H. (2018). The potential role for cognitive training in sport: more research needed. *Frontiers in Psychology*, 9, 1121.
- Warren, W. H. (1988). Action modes and laws of control for the visual guidance of action. In *Advances in psychology* (Vol. 50, pp. 339–379). Elsevier.
- Weineck, J. (2009). *L'allenamento ottimale (The optimal training)*. Perugia, IT: Calzetti e Mariucci.
- Williams, A. M., & Elliott, D. (1999). Anxiety, Expertise, and Visual Search Strategy in Karate. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 21(4), 362–375. <https://doi.org/10.1123/jsep.21.4.362>
- Young, W B, James, R., & Montgomery, I. (2002). Is muscle power related to running speed with changes of direction? *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 42(3), 282–288.
- Young, Warren B, Dawson, B., & Henry, G. J. (2015). Agility and change-of-direction speed are independent skills: Implications for training for agility in invasion sports. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 10(1), 159–169.
- Yue WU, Wenwei XU, Xiaowei LIU, Qing XU, Li TANG, S. W. (2015). Adjunctive treatment with high frequency repetitive transcranial magnetic stimulation for the behavioral and psychological symptoms of patients with Alzheimer's disease: a randomized, double-blind, sham-controlled study. *Shanghai Archives of Psychiatry*, 27(5), 280–288. <https://doi.org/10.11919/j.issn.1002-0829.215107>

Sitography

Active floor (Pavigym combo 3.0): <https://exergame.com/products/active-floor-games/pavigym-combo-3-0/>

Blazepod® (Play Coyotta ltd, Tel Aviv, Israele): <https://blazepod.eu/>

Chronojump Bosco System: <https://chronojump.org>.

E.M.S. Italy, [http:// www. emsme dical. net](http://www.emsmedical.net)

Fitlight Corp. 2019 . <https://www.fitlighttraining.com/products/ReactionX>: www.ql-sport.com

Reaxlight® (Reaxing s.r.l., Milano, Italia): <https://reaxing.com/>

SMARTfit ®(SMARTfit, Inc., Camarillo, California): <https://smartfitinc.com/>