

Original Article

Identifying a Connection Between Mobility Degree, Balance, Strength, and Tennis Serve: a Pilot Study

Prodan Rodica^{1*}

Grosu Emilia Florina²

Popovici Cornelia³

Grosu Vlad Teodor⁴

^{1,2}UBB, FEFS, 7, Pandurilor Av., Cluj-Napoca, 400376, Romania

³UMF "Iuliu Hațieganu", 6, Louis Pasteur Av., Cluj-Napoca, 400349, Romania

⁴UTCN, 103-105, Muncii Av., Cluj-Napoca, 400671, Romania

DOI: 10.29081/gsjesh.2018.19.2.12

Keywords: *tennis, strength, speed, tennis serve*

Abstract

Tennis serve is the only hit that depends exclusively on the hitter. This aspect leads to the necessity of identification and understanding of the importance of all the elements. The hypothesis is that serve speed is predictable by force of upper and lower limbs. A group of 24 amateur young tennis players, (age of 14 ± 2) was subjected to a series of mobility, balance, strength and serve speed testing. The Pearson correlation coefficient was used to identify connections between serve speed, considered as a dependent variable, and mobility, balance, and strength, as independent variables. The hip external rotation angle of the non-dominant arm, one-leg jumps, and one arm ball throws have shown strong positive associations with serve speed ($p < 0.05$). The anticipation of serve speed had an 81% variance of precision. A combination of body mobility and force may lead to the reasonable expectation the serve speed individual capacity.

1. Introduction

The tennis serve is considered the only stroke in tennis without influence from the opposition, allowing the player a larger locus of control across the movement pattern. Precise coordination across the kinetic chain is necessary to reach the greatest serve speed potential (Girard, Micallef, & Millet, 2005; Reid, Elliott & Alderson, 2008; Martin, et. al. 2014). Given the desire for optimization of serve speed, understanding the variables that contribute to increased serve speed are of particular interest. Biomechanical analysis of the tennis serve shows that kinetic energy is produced almost equally between the upper extremity (UE) and

* E-mail: rodica_prodan2@yahoo.com, tel.0040762683970

lower extremity (LE) throughout the motion (Martin et al., 2014).

However, many servers lose the potential to produce higher serve speeds because of a lack of energy flow from their LE to their UE, and hence develop an over-reliance on UE force production to generate serve speed (Martin et al., 2014). LE electromyogram and ground-reaction profiles support that professionally ranked players demonstrate more refined neuromuscular coordination patterns during their movement pattern compared with less elite or even amateur players. Greater muscle forces created by the LE drive during the loading stage of a serve correlate with increased serve speed (Girard et al., 2005; Reid et al., 2008; Martin et al., 2014).

Numerous studies have shown potential correlations with tennis serve speed, including anthropometric traits, player skill, flexibility, and strength measurements through isokinetic and isometric testing (Bonato, Maggioni, Rossi, Rampichini, La Torre, & Merati, 2015; Baiget, Corbi, Pedro Fuentes, & Fernandez-Fernandez, 2016; Sögüt, 2017). Advanced player skill has a positive association with increased serve speed in junior competitive tennis players (Sögüt, 2017). Increased wrist flexion, shoulder flexion, and shoulder internal rotation (IR) range of motion (ROM) have significant correlations to increased serve speed in tournament-level players (Cohen, Mont, Campbell, Vogelstein, & Loewy, 1994; Sawle, Freeman, & Marsden, 2017).

Current research does not provide a consensus as to what performance - related objective variables are correlative to a tennis player's serve speed (Ulbricht, Fernandez-Fernandez, Mendez-Villanueva, & Ferrauti, 2016). Because of the nature of a full movement pattern, increased serve speed is likely a combination of several factors, including player attributes of skill, anthropometrics, and physical performance measures. The purpose of this study was to investigate the correlations between tennis serve speed, player skill, UE and LE ROM, strength, balance, and power.

2. Material and methods

The hypothesis is that serve speed is predictable by the force of upper and lower extremities.

A group of 24 amateur young tennis players, boys, and girls (age of 14 ±2) was subjected to a series of mobility, balance, strength and serve speed testing performed outdoor during six months.

The mobility degrees of shoulder and hip were established by measuring the internal and external rotating angles. Also, palm ankle dorsiflexion was measured. The balance was evaluated by one leg standing on the dominant and non-dominant leg with eyes open, standing on both legs with the eyes shut. The strength of the arms was measured by a sitting one arm ball throw of a 2kg ball. Legs strength evaluations implied measuring broad jumps and counting one-leg jumps on the dominant and non-dominant leg.

Serve speed was observed directly by using a sensor attached to the racket handle.

All data analysis was accomplished using SPSS statistical software (v 24; IBM Corp). Descriptive statistics was calculated for all variables (Table 1).

The Pearson correlation coefficient was used to identify connections between serve speed, considered as a dependent variable, and mobility, balance, and strength, as independent variables.

Significance for all analyses was set at $P < 0.05$. Variables are listed about the player's dominant serving arm, with LE variables written as either ipsilateral or contralateral to the player's dominant serving arm. Significant correlations were used in a stepwise linear regression model while removing outliers outside of 2 SDs. Serve speed was listed as the dependent variable, and all significant variables from the Pearson correlation were listed as independent variables.

3. Results and Discussions

There were not any significant correlations found for participant age ($r = 0.04$, $P = 0.31$) or racket string tension ($r = -0.08$, $P = 0.27$).

The range of motion variables portrayed a significant positive correlation for the hip external rotation angle of the non-dominant arm to serve speed ($r = 0.36$, $P = 0.01$). No other ROM variables demonstrated significant correlations to serve speed ($P > 0.05$) in this pilot study sample.

Shoulder external rotation to internal rotation strength ratio was calculated and did not show significance to serve speed for the dominant ($r = 0.18$, $P = 0.13$) or non-dominant UE ($r = -0.03$, $P = 0.44$).

No strength variables tested demonstrated significant correlations to serve speed for the UE or LE ($P > 0.05$). Shoulder ER to IR strength ratio was calculated and did not show significance to serve speed for the non-dominant ($r = 0.20$, $P = 0.11$) or dominant UE ($r = -0.03$, $P = 0.42$). Strength correlations were also assessed for UE strength variables grouped together and for each LE hip strength variable grouped together. These groupings demonstrated correlations as follows: dominant UE ($r = 0.13$, $P = 0.21$), non-dominant UE ($r = 0.02$, $P = 0.46$), ipsilateral LE ($r = -0.01$, $P = 0.47$), and contralateral LE ($r = 0.02$, $P = 0.46$).

Even though these values could be biased due to a small sample size of only 24 participants, authors consider that it is an entitled need for future studies to look after precise differences between levels of performance, genders and age groups.

This pilot study has limitations that should be considered when interpreting the data. First, no power analysis was performed, and the sample size was relatively small due to the number of amateur players available. This reduces the power of the results when portraying significant correlations, as they may have been too small to detect relationships accurately.

Also, because of participant availability, testing was conducted over a 6-month period, which may have led to discrepancies in the amount of training and practice among players.

Table 1. Descriptive statistics and correlation coefficients between serve speed and all variables. Scaled score was obtained using the equation: distance thrown (cm) / weight (kg)

ROM, degree	Mean ± SD	r	P
Shoulder ER (nd)	87.3 ± 10.5	-0.1	0.27
Shoulder ER (d)	97.1 ± 13.3	0.24	0.06
Shoulder IR (nd)	69.2 ± 9.99	-0.16	0.16
Shoulder IR (d)	51.8 ± 14.4	-0.24	0.07
Trunk rotation (to nd)	64.7 ± 11.1	-0.05	0.38
Trunk rotation (to d)	71.4 ± 11.4	0.03	0.42
Hip IR (contra)	27.2 ± 10.4	-0.01	0.47
Hip IR (ipsi)	29.6 ± 11.0	0.00	0.5
Hip ER (contra)	40.7 ± 7.62	0.36	0.01
Hip ER (ipsi)	40.1 ± 6.12	-0.06	0.35
Ankle DF (contra)	43.0 ± 9.86	-0.16	0.16
Ankle DF (ipsi)	44.4 ± 9.61	-0.22	0.08
Scaled score	Mean ± SD	r	P
Throwc (nd)	1.74 ± 0.11	0.3	0.03
Throwc (d)	1.81 ± 0.13	0.3	0.03

Although this study was intended to capture a gross kinetic chain approach to understanding physical traits that may affect serve speed, the study design included objective testing commonly performed from a rehabilitation perspective while trying to ease each participant's time commitment. As a result, not all measurements were made to capture the complex movement pattern of the tennis serves fully. Also, to promote the feasibility of testing, a single-examiner approach was used for all objective measures. Even included variables have shown fair to good intrarater reliability, there are inherent flaws with the stated methods. A single-examiner approach for stabilization and the range of motion measurement, a make test with a hand-held goniometer for a single repetition, may have all led to measurement error.

Finally, it is important to note that no accurate biomechanical analysis using video motion capture was incorporated in this pilot study.

Discussions

This pilot study has limitations that should be considered when interpreting the data. First, no power analysis was performed, and the sample size was relatively small due to the number of amateur players available. This reduces the power of

the results when portraying significant correlations, as they may have been too small to detect relationships accurately.

Also, because of participant availability, testing was conducted over a 6-month period, which may have led to discrepancies in the amount of training and practice among players.

Although this study was intended to capture a gross kinetic chain approach to understanding physical traits that may affect serve speed, the study design included objective testing commonly performed from a rehabilitation perspective while trying to ease each participant's time commitment. As a result, not all measurements were made to capture the complex movement pattern of the tennis serves fully. Also, to promote the feasibility of testing, a single-examiner approach was used for all objective measures. Even included variables have shown fair to good intrarater reliability, there are inherent flaws with the stated methods. A single-examiner approach for stabilization and the range of motion measurement, a make test with a hand-held goniometer for a single repetition, may have all led to measurement error.

Finally, it is important to note that no accurate biomechanical analysis using video motion capture was incorporated in this pilot study.

4. Conclusions

This pilot study offers a summary of the correlations across player skill, the range of motion, strength, balance, and power variables with the tennis serve speed among amateur tennis players. The combination of player skill, unilateral upper extremity and lower extremity power, and hip range of motion may be predictive in determining tennis serve speed.

References

1. BAIGET, E., CORBI, F., PEDRO FUENTES, J., & FERNANDEZ-FERNANDEZ, J. (2016). The relationship between maximum isometric strength and ball velocity in the tennis serve. *J Hum Kinet.* 53:63-71;
2. BONATO, M., MAGGIONI, M.A., ROSSI, C., RAMPICHINI, S., LA TORRE, A., & MERATI, G. (2015). Relationship between anthropometric or functional characteristics and maximal serve velocity in professional tennis players. *J Sports Med Phys Fitness.* 55:1157-1165;
3. COHEN, D.B., MONT, M.A., CAMPBELL, K.R., VOGELSTEIN, B.N., & LOEWY, J.W. (1994). Upper extremity physical factors affecting tennis serve velocity. *Am J Sports Med.* 22:746-750;
4. GIRARD, O., MICALLEF, J.-P., & MILLET, GP. (2005). Lower-limb activity during the power serve in tennis: effects of performance level. *Med Sci Sports Exerc.* 37:1021-1029;
5. MARTIN, C., BIDEAU, B., BIDEAU, N., NICOLAS, G., DELAMARCHE, P., & KULPA, R. (2014). Energy flow analysis during the tennis serve: comparison between injured and noninjured tennis players. *Am J Sports Med.* 42:2751-2760;

6. REID, M., ELLIOTT, B., & ALDERSON, J. (2008). Lower-limb coordination and shoulder joint mechanics in the tennis serve. *Med Sci Sports Exerc.* 40:308-315;
7. SAWLE, L., FREEMAN, J., & MARSDEN, J. (2017). Intra-rater reliability of the multiple single-leg hop-stabilization test and relationships with age, leg dominance, and training. *Int J Sports Phys Ther.* 12:190-198;
8. SÖGÜT, M. (2017). A comparison of serve speed and motor coordination between elite and club level tennis players. *J Hum Kinet.* 55:171-176;
9. ULBRICHT, A., FERNANDEZ-FERNANDEZ, J, MENDEZ-VILLANUEVA, A., & FERRAUTI, A. (2016). Impact of fitness characteristics on tennis performance in elite junior tennis players. *J Strength Cond Res.* 30:989-998.

Identificarea unei Legături între Gradul de Mobilitate, Echilibru, Forță și Lovitura de Serviciu în Tenisul de Camp: un Studiu Pilot

Prodan Rodica ¹

Grosu Emilia Florina ²

Popovici Cornelia ³

Grosu Vlad Teodor ⁴

^{1,2}UBB, FEFS, Str. Pandurilor nr. 7, Cluj-Napoca, 400376, România

³UMF "Iuliu Hațieganu, Str. Louis Pasteur 6, Cluj-Napoca, 400349, România

⁴UTCN, Blvd. Muncii nr. 103-105, Cluj-Napoca, 400671, România

Cuvinte cheie: *tenis, forță, viteză, lovitura de serviciu*

Abstract

Lovitura de serviciu în tenis este una complexă, necesitând un transfer de energie optim pentru a maximiza viteza serviciului. Deoarece este singura lovitură din jocul de tenis care depinde exclusiv de executant, nu și de oponent, este benefică identificarea și înțelegerea rolului și a importanței tuturor elementelor care intră în componența ei. Ipoteza este că variabilele forță la nivelul membrelor superioare, respectiv inferioare pot prezice viteza serviciului. Un grup de 24 jucători de tenis amatori, fete și băieți (14 ± 2 ani) a fost supus unor evaluări ale gradului de mobilitate, a echilibrului, forței membrelor superioare și inferioare, a vitezei loviturii de serviciu. Coeficientul de corelație Pearson a fost calculat pentru a evalua asocierea între gradul de mobilitate, echilibru, forță, respectiv viteza serviciului. Pe baza variabilelor definite s-a construit un model de regresie liniară având drept variabilă dependentă viteza serviciului.

1. Introducere

Lovitura de serviciu în tenis este considerată ca fiind singura lovitură care nu poate fi influențată de către oponent, permițându-i jucătorului o mai bună exercitare a controlului asupra mișcării pe care o efectuează în acest sens. Coordonarea

precisă a întregului lanț cinematic implicat este imperios necesară pentru a atinge potențialul maxim în efectuarea loviturii (Girard, Micallef, & Millet, 2005; Reid, Elliott & Alderson, 2008; Martin, et. al., 2014). Din dorința de a optimiza viteza loviturii de serviciu, s-a acordat un interes deosebit variabilelor care contribuie la acest lucru. Analiza biomecanică a loviturii de serviciu a arătat că energia cinetică este produsă în mod egal la nivelul extremității superioare și inferioare, pe durata mișcării (Martin et al., 2014).

Totuși, mulți jucători nu ating nivelul de a putea efectua lovituri de serviciu cu viteze mari, din cauza transferului insuficient de energie dinspre extremitatea inferioară spre cea superioară și implicit, dezvoltă o dependență prea mare pe producerea forței în extremitatea superioară necesară serviciului rapid (Martin et al., 2014). Electromiograma extremității inferioare certifică faptul că jucătorii profesioniști posedă mecanisme mai sofisticate de control neuromuscular în comparație cu jucătorii amatori.

Forțe musculare mai mari create de extremitatea inferioară în timpul fazei de încărcare a serviciului sunt corelate cu viteza sporită a loviturii de serviciu (Girard et al., 2005; Reid et al., 2008; Martin et al., 2014).

Numeroase studii asupra testărilor izokinetice și izometrice au evidențiat corelații ale vitezei serviciului cu îndemânarea jucătorului, gradul de flexibilitate, trăsăturile antropometrice individuale (Bonato, Maggioni, Rossi, Rampichini, La Torre, & Merati, 2015; Baiget, Corbi, Pedro Fuentes, & Fernandez-Fernandez, 2016; Sögüt, 2017). Abilitățile de jucători avansați au fost dobândite de către jucătorii amatori care au avut capacitate de a mări viteza loviturii de serviciu (Sögüt, 2017). Flexia mărită a încheieturii mâinii, flexia și rotația internă a umărului, toate contribuie la creșterea vitezei serviciului jucătorilor din circuitele de tenis profesionist (Cohen, Mont, Campbell, Vogelstein, & Loewy, 1994; Sawle, Freeman, & Marsden, 2017).

Cercetările de la ora actuală nu au avut rezultate care să ducă la un consens asupra variabilelor direct implicate în influențarea pozitivă a vitezei serviciului jucătorilor (Ulbricht, Fernandez-Fernandez, Mendez-Villanueva, & Ferrauti, 2016). Datorită naturii modelului de mișcare completă, viteza crescută a serviciului este probabil o combinație a mai multor factori, inclusiv atribute ale jucătorului cum ar fi măsurători antropometrice și abilități motrice.

Scopul acestui studiu a fost de a investiga existența unor corelații între viteza loviturii de serviciu, îndemânarea, anvergura mișcării extremităților superioare și inferioare, forță, echilibru, rezistență la efort.

2. Materiale și metode

Forța membrilor superioare și inferioare este un predictor rezonabil al capacității individuale din perspectiva vitezei loviturii de serviciu.

Un grup de 24 tineri jucători amatori, 14 fete și 14 băieți (cu vârsta 12 ± 2 ani) a fost supus unei serii de testări a mobilității, echilibrului, rezistenței și vitezei serviciului, efectuate la exterior timp de șase luni.

Gradul de mobilitate (extensie-flexie) al cotului, umărului și al șoldului au

fost evaluate prin măsurarea unghiurilor de rotație internă și externă, cu ajutorul unui dinamometru kinetic marca Biodex®. Această măsurătoare a fost realizată în ziua următoare evaluării echilibrului, cu scopul de a surprinde schimbări post antrenament.

Echilibrul a fost evaluat în poziția stând într-un picior cu ochii deschiși, atât pe piciorul dominant cât și pe cel non-dominant, apoi stând pe ambele picioare cu ochii închiși. Forța brațelor a fost evaluată prin aruncarea cu un braț din poziția șezând a unei mingi medicinale de 1 kg. Rezistența picioarelor a fost evaluată prin intermediul săriturii de pe loc cu elan și a săriturilor într-un picior, atât pe membrul dominant, cât și pe cel non-dominant.

Viteza serviciului 1 și 2, respectiv viteza loviturilor de forehand și backhand a fost observată direct, utilizând un senzor atașat de mânerul rachetei.

Analiza tuturor datelor conectate s-a realizat utilizând aplicația software de analiză statistică SPSS versiunea 20, produsă de către firma IBM. Statistica descriptivă a fost calculată pentru toate variabilele (Tabelul 1).

Coeficientul de corelație Pearson a fost utilizat pentru a identifica o conexiune între viteza serviciului, considerată variabilă dependentă și gradul de mobilitate, echilibru și rezistență, considerate variabile independente.

Pragul de semnificativitate a fost configurat la valoarea $P < 0.05$. Variabilele consemnate sunt cele ale membrului superior dominant, însoțite de valori ale membrului inferior de pe aceeași parte sau de pe partea opusă membrului superior dominant.

Corelațiile semnificative au fost utilizate într-un model de regresie liniară în trepte, în timp ce s-au eliminat valorile extreme exterioare față de cele două deviații standard.

Viteza serviciului s-a considerat a fi variabila dependentă, iar toate celelate variabile semnificative din corelația Pearson au fost considerate drept variabile independente.

3. Rezultate și Discuții

În urma efectuării calculelor statistice nu s-au constatat corelații semnificative pentru vârsta participanților ($r = 0.04$, $P = 0.31$) sau gradul de tensionare al racordajului raketelor utilizate ($r = -0.08$, $P = 0.27$).

Variabilele ce caracterizează gradul de mișcare au prezentat o corelație pozitivă semnificativă între unghiul de rotație exterioară a membrului superior non-dominant și viteza serviciului ($r = 0.36$, $P = 0.01$). Nici o altă variabilă din categoria anterior menționată nu a prezentat corelații semnificative cu viteza serviciului ($P > 0.05$) în cadrul studiului pilot.

Raportul dintre forța de rotație externă și internă a umărului a fost calculată și nu a evidențiat o corelație cu viteza serviciului pentru membrul superior non-dominant ($r = 0.18$, $P = 0.13$), respectiv cel dominant ($r = -0.03$, $P = 0.44$).

Corelațiile forței au fost evaluate pentru variabilele extremității superioare luate împreună, respectiv pentru variabilele extremității inferioare luate împreună. Aceste grupări ale variabilelor au prezentat corelațiile următoare: membrul superior

dominant ($r = 0.12$, $P = 0.23$), membrul superior non-dominant ($r = 0.01$, $P = 0.48$), membru inferior de aceeași parte cu membrul superior dominant ($r = -0.02$, $P = 0.36$) și membru inferior pe partea opusă membrului superior dominant ($r = 0.02$, $P = 0.44$). Mai multe valori clasificate pe tipuri de mișcare sunt prezentate pe larg în Tabelul 1.

Tabelul 1. Statistica descriptivă și coeficienții de corelație între viteza serviciului și celelalte variabile, pe tipuri de mișcare

ROM, degree	Mean ± SD	r	P
Rotația externă a umărului la membrul non-dominant	87.5 ± 10.8	-0.1	0.27
Rotația externă a umărului la membrul dominant	96.2 ± 11.3	0.24	0.06
Rotația internă a umărului la membrul non-dominant	68.4 ± 9.9	-0.16	0.16
Rotația internă a umărului la membrul dominant	51.8 ± 14.4	-0.24	0.07
Rotația trunchiului spre partea non-dominantă	65.6 ± 11.2	-0.05	0.38
Rotația trunchiului spre partea dominantă	70.4 ± 11.3	0.03	0.42
Rotația internă a șoldului la membrul inferior opus membrului superior dominant	28.8 ± 11.4	-0.01	0.47
Rotația internă a șoldului la membrul inferior pe aceeași parte cu membrul superior dominant	29.5 ± 10.1	0.00	0.5
Rotația externă a șoldului la membrul inferior opus membrului superior dominant	39.7 ± 7.63	0.36	0.01
Rotația externă a șoldului la membrul inferior pe aceeași parte cu membrul superior dominant	39.2 ± 6.28	-0.06	0.35
Dorsiflexia încheieturii membrului inferior opus membrului superior dominant	42.2 ± 9.65	-0.16	0.16
Dorsiflexia încheieturii membrului inferior pe aceeași parte cu membrul superior dominant	43.7 ± 9.31	-0.21	0.09
Rotația externă a umărului la membrul non-dominant	87.5 ± 10.8	-0.1	0.27
Rotația externă a umărului la membrul dominant	96.2 ± 11.3	0.24	0.06
Rotația internă a umărului la membrul non-dominant	68.4 ± 9.9	-0.16	0.16

Chiar dacă s-ar putea lansa ipoteza că aceste valori ar putea fi ”dirijate” din cauza eșantionului prea mic, de doar 24 de participanți, se are în vedere necesitatea ca studii ulterioare să caute și să identifice diferențe precise între diferite niveluri de performanță, sex, grupe de vârstă.

De asemenea, considerăm necesară precizarea că în cadrul acestui studiu pilot nu s-a realizat și o analiză biomecanică pe baza unor înregistrări video.

Discuții

Studiul pilot are limitări de care este obligatoriu să se țină cont în momentul interpretării datelor obținute. În primul rând, nu s-a realizat o analiză complexă a forței la nivelul tuturor elementelor care intră în componența lanțului cinetic implicat în generarea ei, eșantionul de participanți fiind unul redus. Acest fapt

diminuează într-o oarecare măsură consistența rezultatelor utilizate la evidențierea corelațiilor semnificative, eșantionul fiind poate insuficient pentru detecția precisă relațiilor.

De asemenea, datorită disponibilității participanților, evaluarea s-a desfășurat timp de 6 luni, perioadă care, inevitabil, poate îngloba fluctuații din perspectiva beneficiilor individuale aduse de exercițiile din cadrul antrenamentelor efectuate. Totodată, datele au fost culese cu scopul de a argumenta fezabilitatea materialelor și metodelor de testare, de către o singură persoană, existând astfel riscul apariției unor erori de măsurare.

Deși acest studiu a fost destinat să surprindă o abordare a lanțului cinetic brut pentru a înțelege trăsăturile fizice care pot afecta viteza de servire, proiectul de studiu include testarea obiectivă efectuată în mod obișnuit dintr-o perspectivă de creștere a nivelului de performanță atins, încercând în același timp să ușureze angajamentul fiecărui participant. Drept rezultat, nu toate măsurătorile s-au realizat pentru a capta informații despre lanțul cinetic implicat în lovitura de serviciu.

4. Concluzii

Acest studiu oferă un rezumat al corelațiilor între îndemânarea jucătorului, gradul de mobilitate individuală, forță, echilibru, rezistență și viteza serviciului la jucătorii de tenis amatori.

Chiar dacă variabilele incluse în studiu au arătat un nivel de încredere de la rezonabil spre bun, metodele utilizate în condițiile menționate anterior au câteva vulnerabilități inerente, datorate numărului de participanți și de evaluatori implicați.

Combinăția între îndemânarea jucătorului, forța individuală a membrilor inferioare și superioare, gradul de libertate al articulației șoldului, poate fi utilizată la estimarea rezonabilă a vitezei serviciului.



©2017 by the authors. Licensee „GYMNASIUM” - Scientific Journal of Education, Sports, and Health, „Vasile Alecsandri” University of Bacău, Romania. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution ShareAlike 4.0 International (CC BY SA) license (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).