

Original Article

## Muscle Fatigue Assessment of the Lower Limb in Young Hurdlers Using Isokinetic Dynamometry

Onea Gheorghe-Adrian <sup>1\*</sup>

Balint Lorand <sup>2</sup>

Alecu Ștefan <sup>3</sup>

Oprea Doru <sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>University Transilvania of Brasov, 1, Universității Av., 500068, România

<sup>4</sup>Club Sportiv Municipal București, România

DOI: 10.29081/gsjesh.2018.19.2.14

**Keywords:** *muscle fatigue, hurdles, isokinetics testing*

### Abstract

This research study aim was to assess muscle fatigue of the dominant and non-dominant lower limb (knee flexion/extension, hip abduction/adduction and ankle plantar/dorsoflexion), using Biodex System 4 Pro<sup>TM</sup>. This investigation tested the lower limb muscles during isokinetic concentric/concentric mode at 60°/sec, 120°/sec, 300°/sec, 450°/sec. Hip abduction/adduction of the right and left side values range for total work from 101.6 J to 528.1 J ; work first third from 32.7 J to 164.7 J; work last third from 25.2 J to 183.7 J. Knee flexion/extension of the right and left side values range for total work from 443.2 J to 792.2 J; work first third from 135.7 J to 258.7 J; work last third from 124.1 J to 249.2 J. The present study suggests that as we change the velocity, muscle fatigue can affect the kinetic lower limb chain.

### 1. Introduction

Over the years many studies have focused on examining muscle fatigue using different techniques that have proven to be reliable methods for sports performance assessment. However when we discuss about muscle fatigue we need to look at what is triggering this type of muscle reaction. The purpose of this paper is to describe four variables (total work, work during first third, work during last third and work fatigue index) and explain how much they can affect the first part and the last part of the hurdles race. The primary interest of this study was to examine and compare each pattern. Understanding the importance of this correlation between variables, muscles fatigue and performance can develop a new methodical

---

\* E-mail: onea\_adrian26@yahoo.com

approach for hurdles events. Amaral, Marinho, Ocarino, et. al. (2014) studied the connection of muscle performance and isokinetic variables and came to the conclusion that we can find the essence of isokinetic assessment only if we analyse some variables. On the other hand Pincivero, Lephart, & Karunakara (1997) noted that work fatigue index is not a representative measurement for muscle endurance and sports performance.

## 2. Material and methods

### *Research questions*

Question 1: What is the work impact of lower limb muscle fatigue in first third and last third using isokinetic dynamometry ?

Question 2: Is there a correlation between work first third, work last third, total work and performance in young hurdlers?

Question 3: What are the effects of fatigue instauration process in first third and last third of the repetition?

Answers to these research questions this will provide valuable information, how lower limb muscles may react to fatigue in a controlled study.

### *Subject:*

Anthropometric characteristics of the athlete included in the investigation:

**Table 1.** *Anthropometric data*

<b>Variables</b>	<b>Subject</b>
Age	14 years
Gender	Female
Body weight	59 Kg
Body height	172 cm
Competition Results 60 m hurdles	9.74 sec

### *Evaluation protocol*

The muscle fatigue analysis was based on the evolution of the total work, work in first third, work in last third values expressed in JOULE (J) and work fatigue index expressed as a percentage (%) using Biodex System 4 Pro™. Prior to each test participants became familiar with the procedures, performing 10 minutes cycling on Ergo Fit 4000 cycle med and one set of 5 repetitions as warm-up. Each athlete performed a set of: 10 repetitions for knee flexion/extension at (180°/s, 300°/s, 450°/s); 10 repetitions for the hip abduction/adduction at (180°/s, 300°/s, 450°/s); 20 repetitions for ankle plantar /dorsoflexion at (60°/s, 120°/s, 180°/s). Recovery time: 1 minute between sets. Work fatigue was calculated using the values of work in first third and work in last third. The result of this equation represents the percentage of the work in first third and work in last third.

$$W(\text{first } 1/3) / W(\text{last } 1/3) = \% \text{ age}$$

(<http://www.biodex.com/sites/default/files/manual-clinical-resources-normative-metrics.pdf>).

### 3. Results and Discussions

Pearson correlation test was used for all variables to determine differences between dominant and non-dominant leg of the hurdler runner. It was found that both work during first third (WFT) and work during last third (WLT) values for the dominant and non-dominant lower limb have a positive correlation.

At the velocity of 180°/sec (Table 2) , the WFT values of the dominant limb are bigger than WFT values at 450°/sec suggesting that working at higher velocity and repetitions adapted to our task can trigger muscle fatigue. On the other hand analysing (Table 3) it appears that work during last third (WLT), values at 180°/sec, 300°/sec, 450°/sec do not present a significant difference between the same velocity and also between dominant and non-dominant lower limb.

**Table 2.** *Work First third (WFT) - Dominant Leg / Non - Dominant Leg  
(180°/s, 300°/s, 450°/s)*

Indicators	Non -		Non -		Non -	
	Dominant Leg 180°/s	Dominant Leg 180°/s	Dominant Leg 300°/s	Dominant Leg 300°/s	Dominant Leg 450°/s	Dominant Leg 450°/s
<b>Flexion WFT</b>	258.7	218.4	198.6	211.2	138.9	135.7
<b>Extension WFT</b>	216	188.6	181.3	157.1	185.7	145.9
<b>Abduction WFT</b>	73.1	63.7	35.8	34.4	32.7	36.7
<b>Adduction WFT</b>	146.6	164.7	55.3	111.9	49.5	81.9
<b>Plantar Flexion WFT</b>	214.6	136.4	194	120.2	99.8	86.2
<b>Dorsoflexion WFT</b>	67.5	25.8	13.7	11.8	14.9	5.7
<i>Pearson correlation</i>	<i>0.913</i>		<i>0.869</i>		<i>0.943</i>	

**Table 3.** *Work Last third (WLT) - Dominant Leg / Non - Dominant Leg  
(180°/s, 300°/s, 450°/s)*

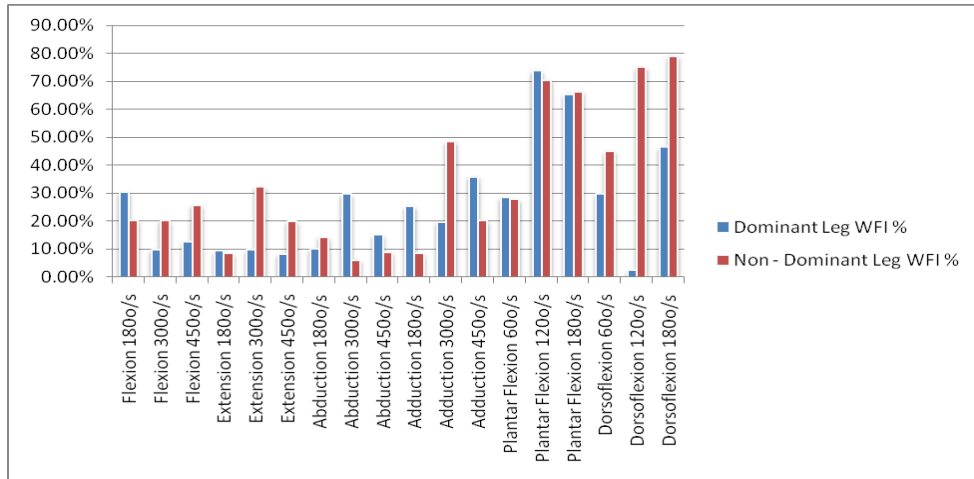
Indicators	Non -		Non -		Non -	
	Dominant Leg 180°/s	Dominant Leg 180°/s	Dominant Leg 300°/s	Dominant Leg 300°/s	Dominant Leg 450°/s	Dominant Leg 450°/s
<b>Flexion WLT</b>	249.2	255.4	184.1	182.4	124.1	142.3
<b>Extension WLT</b>	210.7	202.8	178.9	170.4	163.3	125.6
<b>Abduction WLT</b>	65.8	54.6	25.2	36.5	27.7	33.4
<b>Adduction WLT</b>	183.7	178.4	44.4	166	67.3	98.4
<b>Plantar Flexion WLT</b>	153.2	98.6	51	35.6	34.5	29.1
<b>Dorsoflexion WFT</b>	27.1	14.2	13.4	2.9	8	10.2
<i>Pearson correlation</i>	<i>0.976</i>		<i>0.785</i>		<i>0.922</i>	

**Table 4. Total Work (TW) - Dominant Leg / Non - Dominant Leg  
(60°/s, 120°/s, 180°/s)**

Indicators	Dominant Leg 60°/s	Non - Dominant Leg 60°/s	Dominant Leg 120°/s	Non - Dominant Leg 120°/s	Dominant Leg 180°/s	Non - Dominant Leg 180°/s
<b>Flexion TW</b>	792.2	769.5	606.9	627.2	414.8	450.2
<b>Extension TW</b>	660.4	629.8	570	512.9	535	443.2
<b>Abduction TW</b>	234.8	184.3	101.6	114.1	105.0	106.8
<b>Adduction TW</b>	528.1	484.4	153.9	427.3	176.0	265.5
<b>Plantar Flexion TW</b>	572.5	367.8	194	210.2	172.6	139.8
<b>Dorsoflexion TW</b>	19.1	56.7	39.6	19.8	36.6	18.6
<b>Pearson correlation</b>	0.959		0.883		0.947	

**Table 5. Work Fatigue Index (WFI) % - Dominant Leg / Non - Dominant Leg  
(60°/s, 120°/s, 180°/s, 300°/s, 450°/s )**

Indicators	Dominant Leg WFI %	Non - Dominant Leg WFI %
<b>Flexion 180°/s</b>	30.4%	20.3%
<b>Flexion 300°/s</b>	9.8%	20.1%
<b>Flexion 450°/s</b>	12.5%	25.7%
<b>Extension 180°/s</b>	9.3%	8.4%
<b>Extension 300°/s</b>	9.6%	32.1%
<b>Extension 450°/s</b>	8.2%	19.9%
<b>Abduction 180°/s</b>	9.9%	14.3%
<b>Abduction 300°/s</b>	29.6%	6.0%
<b>Abduction 450°/s</b>	15.1%	8.9%
<b>Adduction 180°/s</b>	25.2%	8.3%
<b>Adduction 300°/s</b>	19.7%	48.4%
<b>Adduction 450°/s</b>	35.8%	20.2%
<b>Plantar Flexion 60°/s</b>	28.6%	27.7%
<b>Plantar Flexion 120°/s</b>	73.7%	70.4%
<b>Plantar Flexion 180°/s</b>	65.4%	66.3%
<b>Dorsoflexion 60°/s</b>	29.7%	45.0%
<b>Dorsoflexion 120°/s</b>	2.3%	75.0%
<b>Dorsoflexion 180°/s</b>	46.4%	78.9%



**Figure 1.** Work Fatigue Index of the Dominant / Non-Dominant Lower Limb (%)

The value of WFI for knee flexion /extension of the dominant leg were found to range from 8.2% to 30.4% at (180°/s, 300°/s, 450°/s) velocity. Meanwhile for the knee flexion/extension of the non-dominant leg values are higher 8.4% to 32.1%. Results for hip abduction/adduction at (180°/s, 300°/s, 450°/s) velocity tend to be lower for the dominant leg, 9.9% to 35.8% and higher for non-dominant leg, 6.0% to 48.4%. Plantar and dorsoflexion values for work fatigue index are more significant than those for knee flexion/extension and hip abduction/adduction reaching up to 78.9%.

#### 4. Conclusions

We concluded that WFT, WLT, TW and WF index of the dominant and non-dominant lower limb could be considered as a valid measure for muscle fatigue during the first part and last part of the hurdles race. Therefore this study can be implemented to a large - scale of athletes to provide quantification methods for coaches.

#### References

1. AMARAL, G.M., MARINHO, H.V., OCARINO, J.M., SILVA, P.L., DE SOUZA, T.R., & FONSECA, S.T. (2014). Muscular performance characterization in athletes: a new perspective on isokinetic variables. *Braz J Physio Therapy*. 2014 Nov-Dec;18(6):521-9. doi: 10.1590/bjpt-rbf.2014.0047. Epub 2014 Oct 10.
2. PINCIVERO, D.M., LEPHART, S.M., & KARUNAKARA, R.A. (1997). Reliability and precision of isokinetic strength and muscular endurance for the quadriceps and hamstrings. *Int J Sports Med*. 1997 Feb;18(2):113-7.
3. <http://www.biodex.com/sites/default/files/manual-clinical-resources-normative-metrics.pdf>.

## Evaluarea Oboselii Musculare A Membrului Inferior în Probele de Garduri Utilizând Dinamometrul Izokinetic

Onea Gheorghe-Adrian <sup>1</sup>

Balint Lorand <sup>2</sup>

Alecu Ștefan <sup>3</sup>

Oprea Doru <sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>University Transilvania of Brasov, Str. Universității, 1, 500068, România

<sup>4</sup>Club Sportiv Municipal București, România

**Cuvinte cheie:** *oboseala musculară, garduri, testarea isokinetică*

### Rezumat

Scopul prezentului studiului este acela de a evalua oboseala musculară a flexiei/extensiei genunchiului, abducția/adducția șoldului și flexia/dorsoflexia plantară a gleznei folosind aparatul Biodex System 4 Pro™ atât pentru piciorul dominant cât și pentru cel mai puțin dominant. Prin urmare am selectat patru variabile (lucrul total, lucru în prima treime, lucru în ultima treime, indexul oboselii) potrivit utilității acestora ca instrument de evaluare a oboselii musculare în probele de garduri. Această investigație testează musculatura membrului inferior în modul isokinetic concentric/concentric la vitezele de rezistență 60°/sec, 120°/sec, 300°/sec, 450°/sec. Prezentul studiu sugerează faptul că pe măsură ce modificăm vitezele de rezistență, oboseala musculară poate afecta lanțul kinetic al membrului inferior.

### 1. Introducere

De-a lungul anilor numeroase studii sau axat pe examinarea oboselii musculare folosind diferite tehnici care s-au dovedit a fi metode de încredere pentru evaluarea performanței sportive. Totuși când vorbim despre oboseala musculară trebuie să știm ce declanșează acest tip de reacție a mușchiului. Scopul acestui articol este de a descrie patru variabile (lucrul total, lucrul în prima treime, lucrul în ultima treime, indexul oboselii în lucru) și de a explica ipotetic vorbind cum aceste variabile pot afecta prima parte și ultima parte a probei de garduri. Interesul primar al acestui studiu a fost acela de a analiza și compara fiecare tipar. Înțelegând importanța acestei corelații dintre variabile, oboseala musculară și performanța putem dezvolta o nouă abordare metodică pentru proba de garduri. Amaral, Marinho, Ocarino, et. all (2014) au studiat conexiunile dintre performanța musculară și variabilele izokinetică și au ajuns la concluzia că putem găsi esența evaluării izokinetică numai dacă analizăm câteva variabile. Pe de altă parte Pincivero, Lephart, & Karunakara (1997) au constatat că indexul oboselii în lucru nu este o măsurătoare reprezentativă pentru duranța musculară și performanța sportivă.

## 2. Materiale și metode

### *Întrebările cercetării*

Întrebarea 1: Care este impactul lucrului al oboselii musculare a membrului inferior în prima treime și ultima?

Întrebarea 2: Există o corelație între lucrul în prima parte, lucrul în ultima parte, lucrul total și performanța tinerilor alergători de garduri?

Întrebarea 3: Care sunt efectele procesului de instaurare al oboselii în prima treime și ultima a fiecărei repetiții?

Răspunzând la aceste întrebări acest lucru va oferi informații de valoare, cum musculatura membrului inferior poate reacționa la oboseala într-un studiu controlat.

### *Subiect:*

Caracteristicile antropometrice ale atletului inclus în investigație:

**Tabel 1. Date antropometrice**

<b>Variables</b>	<b>Subject</b>
Vârsta	14 years
Sex	Female
Greutate	59 Kg
Înălțime	172 cm
Rezultate competiționale 60 m garduri	9.74 sec

### *Protocol de evaluare*

Analiza oboselii musculare s-a bazat pe evoluția lucrului total, lucru în prima treime, lucru în ultima treime, valori exprimate în Joule (J) și indexul oboselii în lucru exprimat în procente (%) Biodex System 4 Pro <sup>TM</sup>. Înainte fiecărui test participanții au fost familiarizați cu procedura, efectuând 10 minute pedalare pe Ergo Fit 4000 cycle med și un set de 5 repetări ca încălzire. Fiecare atlet a efectuat câte un set de 10 repetări pentru flexia/extensia genunchiului la (180°/s, 300°/s, 450°/s); 10 repetări pentru abducția/adducția șoldului la (180°/s, 300°/s, 450°/s); și 20 de repetări pentru flexia plantară și dorsoflexia gleznei la (60°/s, 120°/s, 180°/s). Timpul de revenire: 1 minut între seturi. Oboseala musculară a fost calculată folosind valorile lucrului în prima treime și lucrului în ultima treime. Rezultatul acestei ecuații reprezintă procentul lucrului în prima și ultima treime.

$$W(\text{prima } 1/3) / W(\text{ultima } 1/3) = \% \text{ vârsta}$$

<http://www.biodex.com/sites/default/files/manual-clinical-resources-normative-metrics.pdf>

## 3. Rezultate și discuții

Testul Corelația Pearson a fost folosit pentru toate variabilele pentru a determina diferențele dintre piciorul dominant și non-dominant al alergătorului de garduri. S-a descoperit faptul că valorile atât pentru lucrul în prima treime (WFT)

cât și pentru lucrul în ultima treime ale piciorului dominant și non-dominant au o corelație pozitivă.

La vitezele de 180°/sec (Tabelul 2), valorile lucrul în prima treime ale piciorului dominant sunt mai mari decât cele în prima treime la vitezele de 450°/sec sugerând faptul că lucrând la viteze mari și repetări adaptate sarcinii noastre pot declanșa obosela musculară.

Pe de altă parte analizând tabelul 3 se pare că valorile lucrul în ultima treime (WLT), la vitezele 180°/sec, 300°/sec, 450°/sec nu sunt prezente diferențe semnificative între viteze cât și între membrul inferior dominant și non-dominant.

**Tabel 2.** *Lucrul în prima treime (WFT) - Piciorul Dominant / Piciorul Non – Dominant (180°/s, 300°/s, 450°/s)*

Indicatori	Piciorul		Piciorul		Piciorul	
	Piciorul Dominant 180°/s	Non - Dominant 180°/s	Piciorul Dominant t 300°/s	Non - Dominant 300°/s	Piciorul Dominant 450°/s	Non - Dominant t 450°/s
<b>Flexie WFT</b>	258.7	218.4	198.6	211.2	138.9	135.7
<b>Extensie WFT</b>	216	188.6	181.3	157.1	185.7	145.9
<b>Abducție WFT</b>	73.1	63.7	35.8	34.4	32.7	36.7
<b>Adducție WFT</b>	146.6	164.7	55.3	111.9	49.5	81.9
<b>Flexie Plantară WFT</b>	214.6	136.4	194	120.2	99.8	86.2
<b>Dorsoflexie WFT</b>	67.5	25.8	13.7	11.8	14.9	5.7
<b>Corelația Pearson</b>	0.913		0.869		0.943	

**Tabel 3.** *Lucru ultima treime (WLT) - Piciorul Dominant / Piciorul Non – Dominant (180°/s, 300°/s, 450°/s)*

Indicatori	Piciorul		Piciorul		Piciorul	
	Piciorul Dominant 180°/s	Non - Dominant 180°/s	Piciorul Dominant 300°/s	Non - Dominant 300°/s	Piciorul Dominant 450°/s	Non - Dominant 450°/s
<b>FlexieWLT</b>	249.2	255.4	184.1	182.4	124.1	142.3
<b>Extensie WLT</b>	210.7	202.8	178.9	170.4	163.3	125.6
<b>Abducție WLT</b>	65.8	54.6	25.2	36.5	27.7	33.4
<b>Adducție WLT</b>	183.7	178.4	44.4	166	67.3	98.4
<b>Flexie Plantară WLT</b>	153.2	98.6	51	35.6	34.5	29.1
<b>Dorsoflexie WFT</b>	27.1	14.2	13.4	2.9	8	10.2
<b>Corelația Pearson</b>	0.976		0.785		0.922	

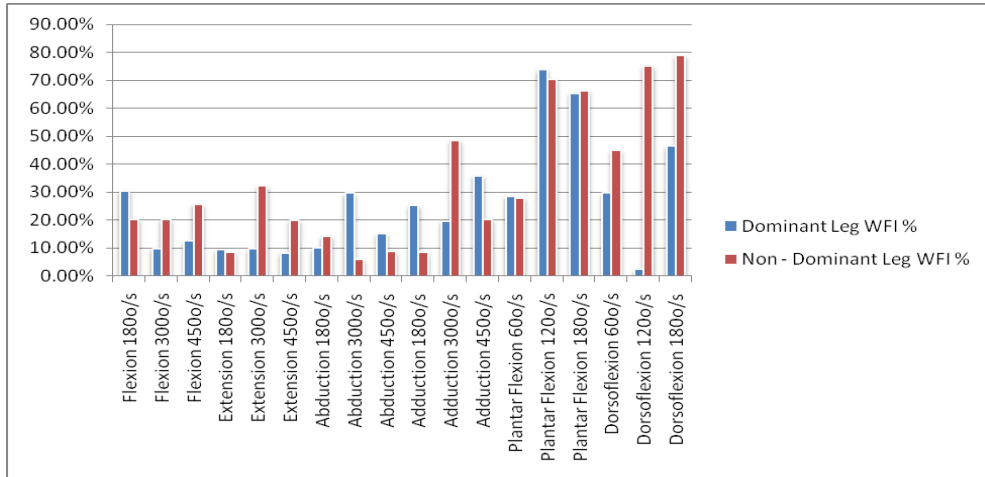


**Tabel 4. Lucrul Total (TW) - Piciorul Dominant / Piciorul Non - Dominant  
(60°/s, 120°/s, 180°/s)**

Indicatori	Piciorul		Piciorul		Piciorul	
	Dominant 60°/s	Non - Dominant 60°/s	Dominant 120°/s	Non - Dominant 120°/s	Dominant 180°/s	Non - Dominant 180°/s
<b>Flexie TW</b>	792.2	769.5	606.9	627.2	414.8	450.2
<b>Extensie TW</b>	660.4	629.8	570	512.9	535	443.2
<b>Abducție TW</b>	234.8	184.3	101.6	114.1	105.0	106.8
<b>Adducție TW</b>	528.1	484.4	153.9	427.3	176.0	265.5
<b>Flexie Plantară TW</b>	572.5	367.8	194	210.2	172.6	139.8
<b>Dorsoflexie TW</b>	19.1	56.7	39.6	19.8	36.6	18.6
<b>Corelația Pearson</b>	0.959		0.883		0.947	

**Tabel 5. Indexul oboselii în lucru (WFI) % - Piciorul Dominant / Piciorul Non –  
Dominant at (60°/s, 120°/s, 180°/s, 300°/s, 450°/s)**

Indicators	Dominant Leg WFI %	Non - Dominant Leg WFI %
<b>Flexie 180°/s</b>	30.4%	20.3%
<b>Flexie 300°/s</b>	9.8%	20.1%
<b>Flexie 450°/s</b>	12.5%	25.7%
<b>Extensie 180°/s</b>	9.3%	8.4%
<b>Extensie 300°/s</b>	9.6%	32.1%
<b>Extensie 450°/s</b>	8.2%	19.9%
<b>Abducție 180°/s</b>	9.9%	14.3%
<b>Abducție 300°/s</b>	29.6%	6.0%
<b>Abducție 450°/s</b>	15.1%	8.9%
<b>Adducție 180°/s</b>	25.2%	8.3%
<b>Adducție 300°/s</b>	19.7%	48.4%
<b>Adducție 450°/s</b>	35.8%	20.2%
<b>Flexie Plantară 60°/s</b>	28.6%	27.7%
<b>Flexie Plantară 120°/s</b>	73.7%	70.4%
<b>Flexie Plantară 180°/s</b>	65.4%	66.3%
<b>Dorsoflexie 60°/s</b>	29.7%	45.0%
<b>Dorsoflexie 120°/s</b>	2.3%	75.0%
<b>Dorsoflexie 180°/s</b>	46.4%	78.9%



**Figura 1.** *Indexul obosealii în lucru al Piciorul Dominant / Piciorul Non-Dominant (%)*

Valorile indexului obosealii în lucru pentru flexia/extensia piciorului dominant se situează între 8.2% și 30.4% la vitezele de (180°/s, 300°/s, 450°/s). Între timp valorile flexiei/extensiei piciorului non-dominant sunt mai mari 8.4% to 32.1%. Rezultatele pentru abducția/adducția șoldului la vitezele de (180°/s, 300°/s, 450°/s) velocity tind să fie mai scăzute pentru piciorul dominant, 9.9% to 35.8% și mai ridicate pentru piciorul non-dominant, 6.0% to 48.4%. Pentru flexia plantară și dorsoflexie valorile indicelui de oboseală în lucru sunt mult mai semnificative decât flexia /extensia genunchiului și abducția/adducția șoldului ajungând până la 78.9%.

#### 4. Concluzii

Am concluzionat faptul că WFT, WLT, TW și WF index la piciorului dominant și non-dominant poate fi considerată o măsurătoare validă pentru oboseala musculară în prima și ultima parte a cursei de garduri. Prim urmare acest studiu poate fi implementat la o scară mai largă de atleți pentru a oferi metode cantitative pentru antrenori.



©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/>).