

Balance and Fatigue in Wrestlers

Amir Letafatkar, Sadreddin Shojaeddin, Ramin Amirsasan & Mehrab Taghavi

To cite this article: Amir Letafatkar, Sadreddin Shojaeddin, Ramin Amirsasan & Mehrab Taghavi (2012) Balance and Fatigue in Wrestlers, International Journal of Wrestling Science, 2:1, 71-82, DOI: [10.1080/21615667.2012.10878947](https://doi.org/10.1080/21615667.2012.10878947)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/21615667.2012.10878947>



Published online: 15 Oct 2014.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 8



View related articles [↗](#)

BALANCE AND FATIGUE IN WRESTLERS

Amir Letafatkar¹ Sadreddin Shojaeddin², Ramin Amirsasan³, Mehrab Taghavi¹
¹University of Tehran, ²University of Tarbiat Modarres, ³University of Tabriz.

kh_letafat@yahoo.com

ABSTRACT

Purpose: The purpose of this study was to show that: being “in context” and “similarity” in fatiguing protocols to the main aspects of sport does not alter wrestlers balance. **Methods:** Twenty professional male wrestlers (age 26.2±1 yr, VO₂max 62.3±3.1 ml kg min) participated in this study (10 in experimental and 10 subjects in control group) and completed a fatigue protocol. In this study, a regular wrestling match was used for the metabolic fatigue protocol. Biodex® balance system and lactometer were used for evaluation of balance and blood lactate level (respectively). For statistical analysis, the Pearson correlation coefficient, paired t-test, sample t and ANOVA tests were used. **Results:** Based on these study results, the static balance alterations in the experimental group (eyes open and eyes closed positions) were respectively 0.16% and 3.17%, and this was not statistically meaningful. Also, dynamic balance alterations in the experimental group (eye opened and eye closed positions) were 0.12% and 0.41% (respectively) which was not statistically meaningful. There was not a significant relationship between lactate acid accumulation and variations of the stability indices ($r=-0/570$, $p<0.05$). **Conclusion:** one of the best explanations for the absence of alteration in wrestlers balance is that: the fatiguing protocol exerted in this study is “in context” and “similar” to wrestling training and this can cause the wrestlers to utilize an anticipatory postural adjustment system for further maintaining postural stability. The possible mechanisms responsible for limiting the effect of fatigue on static and dynamic stability include: an alteration in afferent sensory inputs, a decrease in postural adjustment, increase in COP displacement, increase in delay time and decrease in muscular activity, alteration in proprioception and the dysfunction of contractile units in anti gravity muscle following fatigue.

KEYWORDS: Metabolic Fatigue; Functional Stability

INTRODUCTION

Wrestling is a most physically and psychologically grueling sport. It is defined by effort, determined by mental and emotional discipline and unflinching in its feedback. The combative nature of the sport and the unavoidable exhaustion experienced during workouts and competitive matches combine to shine the brightest of spotlights on personal character. Wrestling guarantees opportunity for personal victory, physical exertion, extreme fatigue and humility, yet thousands of athletes stay with it through high school, college and beyond, because wrestlers find a deep significance in how the experience of wrestling defines them.

Historically, the potential factors involved in the fatigue development are divided in two categories: the central factors that should provoke the fatigue by a disorder in the neuromuscular transmission between the Central Nervous System (CNS) and the muscular membrane, and peripheral factors that would cause an alteration inside the muscle (13). Another characteristic of the fatigue is the fact that it depends on the task, that is, its causes vary in a very wide way, and it behaves according to the way it is induced (14). The muscular fatigue is considered as a predisposing factor to the appearance of injuries (1), such as the ankle sprain. Surenkok (18) showed that there was no correlation between lactic acid accumulation and stability changes. It can be concluded that knee muscle fatigue has an adverse effect on balance; however, this impairment was not correlated with the degree of lactic acid accumulation (11).

Effects of fatigue on specific muscle groups and muscular performance, e.g. strength, has been investigated extensively in both young and older people (see Kent-Braun 2009 for review) (9). Interestingly, despite typical losses in muscular strength with increasing age, studies have demonstrated that older people are more resistant to muscle fatigue than young people following isometric and dynamic lower extremity muscle work (7,13). Possible mechanisms for this include lower maximal motor units discharge rates, slower contractile properties and greater reliance on oxidative metabolism in older people. Excessive workloads can increase physical fatigue, resulting in diminished physical endurance and performance and, ultimately, a reduction in productivity. In addition, a combination of muscular fatigue and general subjective fatigue may also manifest itself by causing temporary interference with the functioning of the central nervous system (CNS) as well as the peripheral nervous

system. As postural stability is maintained by the CNS as well as the peripheral nervous system, modifications in its performance may diminish one's ability to sustain balance (6,13).

In recent years, a well publicized area in the literature is the relationship between postural control and fatigue. Specifically, postural control can be defined as either static (maintaining equilibrium with minimal movement), semi-dynamic (maintaining equilibrium while the base of support moves), or dynamic (maintaining a stable base of support while completing prescribed movement). Of the three, static and semi-dynamic have been used the most in past and present studies. For example, Gribble and Hertel looked at the effects of local muscle fatigue on static postural control when measured by a thirty second unilateral stance test (6), and Camps et al. looked at the effects of upper body fatigue in static postural control measured by the Romberg test (2,16). Letafatkar showed that there aren't any significant main effects for time in the mean lateral deflection of the biodex platform. However, there was a significant main effect ($p=0.091$) in the mean anterior-posterior deflection. The mean deflection was significantly reduced, i.e., toward the anterior direction, at the end of each half relative to all other time points. Also there wasn't a significant relationship between lactate acid accumulation and variations of stability indices ($r=-0.661$, $p<0.05$). The balance index was significantly lower for standing with eyes open compared with eyes closed (13,14).

Several authors have been studying the effects of the muscular fatigue on the neuromuscular control (4,5,10), which is related to the proprioceptive afferents that are taken by the peripheral receptors to the upper centers, and to the efferent (motor) responses generated with the purpose to keep the dynamic muscular stability. Studies have shown that muscular fatigue causes an adverse change in the proprioception (13) a sensorial modality comprising the sensations of the joint movement and positioning (9), as well as the postural control (12,13). The purpose of this study was to show that: being "in context" and "similarity" in fatiguing protocols to the main aspects of sport doesn't alter wrestler's balance.

METHODS

Twenty elite male wrestlers (age 26.2 ± 1 yr, $VO_2\text{max}$ 62.3 ± 3.1 ml kg min) participated in this study (10 in experimental and 10 subjects in control group). VO_2 max was determined by breath-by-breath analysis of a laboratory- based graded treadmill protocol to volitional failure. All participants provided written informed consent prior to beginning the study. Subjects were tested between 18:00 and 20:00 h, according to the regular training or competition times, and to account for the effects of circadian variation. Participants attended the laboratory in a 3-h post-absorptive state, having performed no vigorous exercise in the 24 h prior to testing, and with diet standardized for 48 h proceeding in each test. Subjects were required to consume 500 ml of water 2 h prior to testing to ensure dehydration. Thereafter the subjects consumed no fluid so as to control for the possible influence of hydration status on performance. Subjects participated in the wrestling regular competition after having a standard breakfast and after having their blood lactate levels measured via the un-preferred hand mid-fingertip blood samples by a certificated lactometer. The stabilometer trial comprised a (20's eyes closed and 20's eyes opened respectively) double-legged balance task, where the subjects was instructed to keep the dynamic and unstable platform level to the best of their ability (15).

Dynamic postural stability

Participants stood barefoot on a Biodex system (level 4). The Biodex system measured any postural sway resulting from the focal movement by recording the displacement and velocity of the Center of Pressure (COP). To assess balance and neuromuscular control, this study used a commercially available balance device, the BSS (Biodex Medical Systems, Shirley, NY, USA), which consists of a movable balance platform that provides up to 20° of surface tilt in a 360° range of motion. The platform is interfaced with computer software (Biodex, Version 3.1, Biodex Medical Systems) that enables the device to serve as an objective assessment of balance. The measure of postural stability includes the Overall (OA), the Anterior/Posterior (AP) and the Medial/Lateral (ML) stability scores. A high score in the OA index indicates poor balance. The OA stability score is believed to be the best indicator of the overall ability of the subjects to balance the platform. We assessed bilateral stance at level 3 (more unstable) with the BSS over a period of (20's eyes closed and 20's eyes opened respectively). Following the recommendations of the previous studies, level 4 is used as the unstable levels. Subjects were asked to step on the platform of the BSS and assume a comfortable position while maintaining slight flexion in the knees (15°), to look straight ahead and to place arms across the chest. Foot position coordinates were constant throughout the test session. Subjects were tested without footwear at all times (1,13,14,17).

Metabolic fatiguing task

All subjects in experimental group were completed the regular wrestling match for creation of fatigue based on metabolic phases of lactate accumulation.

Blood samples were collected from unpreferred hand mid-fingertips two times 1) immediately prior to the fatiguing test (pre-lac), 2) five minutes after the fatiguing test (5lac)) for the purpose of estimating blood lactate using a lactate analyzer (Analox P-LM55, UK) found in an Analox lactate kit supplied by Analox (UK). It should be noted that, the analyzer had been calibrated with known lactate standards (5.0 and 15.0 mM). Since environmental conditions can affect blood lactate levels and performance, air temperature and relative humidity values for the track were recorded (22.6 ± 4.3 and $22.7\pm 2.4^{\circ}\text{C}$ and 48.4 ± 11.9 and $52.1\pm 9.7\%$, for first and second sessions respectively) using an Arco device (Model TC14P; Germany (3,13)).

One week before the data collection took place; the participants were instructed on how to perform the fatiguing test and underwent a familiarization session. In addition, they were asked to wear comfortable, loose-fitting clothing and get an adequate amount of sleep (6-8 h) the night before the test. The clothing, shoes, as well as all equipment used, were consistent for each subject and were recorded to establish controlled experimental conditions. The subjects arrived at the stadium at 8:00 am in a fasted state and a standardized breakfast (approximately 380 kcal) was served and 30 min afterward they lactic and balance tests was taken. Then, the subjects were taken to a synthetic track (where the fatiguing test was performed). Since the fatiguing test is an all-out test, the subjects warmed up for at least 25 min. The warm-up was standardized for all of the participants. During the fatiguing test, the time of each repetition and the rest intervals was measured by an automatic timing photo-cell system. Before and 5 min after the fatiguing test, the balance tests were performed on Biodex system.^{14,20}

Statistical analysis

The pre and post-test data's were analyzed with a paired t-test and other data's analyzed by sample t-test, ANOVA and Pearson correlation coefficient an alpha level of (0.05) was used in determining statistical significance using the SPSS program for Windows, version 17.0.

RESULTS

Based on these study results, the static balance alterations in experimental group (eye opened and eye closed positions) were respectively 0.16% and 3.17% that this wasn't statistically meaningful. Also, Dynamic balance alterations in experimental group (eye opened and eye closed positions) were 0.12% and 0.41% (respectively) that this weren't statistically meaningful. The repeated measure ANOVA test results revealed that there aren't any significant main effects for time in either score. There wasn't significant relationship between lactate acid accumulation and variations of stability indices ($r=-0/570$, $p<0.05$).

DISCUSSION

The Repeated measure ANOVA test results revealed that there aren't any significant main effects for time, such that single legged balance performance was maintained throughout the trial. Few studies have directly measured the effects of sport induced specific fatigue on functional stability. Greig indicated that sport specific fatigue couldn't affect stability index by times (18). Schieppati completed a study in fatigue mechanisms; they found that fatigue can alter the stability indices (21). According to this study results there wasn't significant relationship between lactate acid accumulation and variations of stability indices. In this study we found that lactate acid accumulation couldn't affect stability index. One reason for this result is that the elite wrestlers often training in the lactate threshold (based on energy systems), that this case can improved they body resistance for lactate acid accumulation and therefore the lactate acid accumulation couldn't affect stability index. Also, Surenkok showed that there was no correlation between lactic acid accumulation and stability changes. It can be concluded that knee muscle fatigue has an adverse effect on balance; however, this impairment was not correlated with the degree of lactic acid accumulation (18).

In the context of the multisensory control of balance, when the availability or the reliability of input from a particular body location decreases, it is conceivable the central nervous system to increase the weighting of input from other locations that provide reliable information for maintaining stable posture (2,13,21). Consideration of the directional stability indices reveals that stability was greater in the medio-lateral plane than in the anterior-posterior plane, until the post-exercise measure. This might reflect the anatomical configuration of boney and soft tissue structures (13,18). Instability in the medio-lateral plane is likely to pose a greater risk for joint injury, and the finding of no fatigue effect with exercise duration suggests that joint stability was not compromised. However, consideration of the mean deflection of the platform over the duration of the task indicates that a change of strategy might have been employed. In each trial the mean deflection was lateral to the centre of the platform, as expected. However, at the end of each half the mean deflection in the anterior-posterior direction was seen to increase in the anterior direction. This toe down rotation of the platform is indicative of greater plantar flexion at the ankle. In a more functional setting plantar-flexion of the ankle reduces the base of support and increases the

risk of ankle sprain injury due to the additional rotational and transverse movements allowed towards the more open packed position of the ankle joint (8,14). The anterior deflection might also be achieved by increased knee or hip flexion to move the centre of mass forward. Injury risk might be increased when placing greater reliance on knee or hip strategies to maintain balance, due to changes in muscular recruitment patterns. These interpretations reported a post-fatigue change in postural control strategy, where the habitual strategy changed from ankle to hip following localized muscle fatigue of the calf. The modifications made in the postural control pattern produce compensatory corrections around the joints to maintain functional stability (14). However, while balance performance is maintained, the fatigue-induced alterations in strategy might make the athlete more susceptible to injury. The alteration in balance strategy during the latter stages of each half suggests that functional joint stability is impaired during the latter stages of each half. This finding supports epidemiological observations of temporal patterns in ankle sprain incidence during soccer match-play (13,19).

Finally, the possible mechanisms responsible for limiting the effect of fatigue on static and dynamic stability include: an alteration in afferent sensory inputs, a decrease in postural adjustment, increase in COP displacement, increase in delay time and decrease in muscular activity, alteration in proprioception and the dysfunction of contractile units in anti gravity muscle following fatigue. (6,7,13,14). Lesser alteration of dynamic postural control after protocol probably could be related to increasing subject's concentration on body sway, alteration in lower limb neuromuscular function, appearances of visual system, high strength of plantar flexor muscles in athletes, alteration in postural control pattern, Anticipatory Postural Adjustment (APA) mechanism and increased activity in ligament- muscular reflex.

CONCLUSIONS

One of the best explanations for no alteration in wrestlers balance is that: the fatiguing protocol exerted in this study is **"in context"** and **"similar"** to wrestling main training and this can apply Anticipatory Postural Adjustment (APA) mechanism for further maintaining postural stability. Based on figure 1 and similar to the rehabilitations paradigms: it seems that for learning or recovering/learning particular movement patterns the practice should be both similar and within the context of the task. Practicing movements which is "similar" and with "in context" it is more likely to transfer to related daily activities. Transfer is the ability to take a motor experience from one situation and apply it to another. Similarly in the sport fields, when we want to increase the fatigue resistance in athletes we should create sever and multiple fatigue phases in athletes that this finally can positively affect their resistance to fatigue. Also with in context and similar training, athlete's movements highly transferred to them daily/functional sport situations (11). With increasing similarity and in context the transfer and resistance to out coming situations can highly increase.

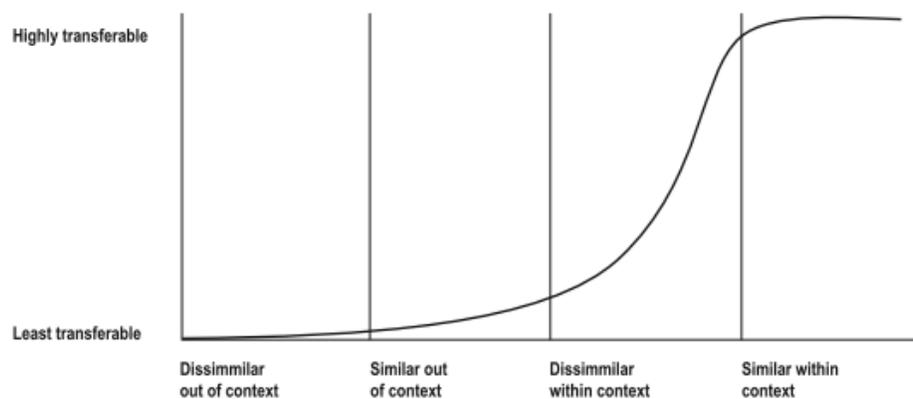


Fig 1. Relationship between "similarity" and "in context" concepts and transfer rate.

PRACTICAL IMPLICATIONS: this study can be used for evaluation and comparing fatigue & fitness in wrestling subjects via their coaches.

ADVICE FOR ATHLETES AND COACHES: The sensorimotor system normally uses inputs from three afferent systems: vestibular, somatosensory, and visual. When one of those systems (somatosensory) is impaired, the two intact systems compensate for the impaired one to some extent. Therefore, balance index in the eyes-closed situation becomes higher (lower balance) compared with eyes open. Balance was maintained and this shows that balance have a little decreases in one leg stance in professional wrestlers.

Stability was maintained and this was seemingly achieved by a change in balance strategy during the latter stages of each half. These stages of the game are therefore when the player is most susceptible to injury. It is suggested that wrestling subjects perform proprioception drills both in the rested and exercised state.

ACKNOWLEDGEMENT

Gratitude is expressed to the subjects that participated in this study as well as to each of the assistants who were instrumental in the collection of the data. This study was funded by a product grant from the University of Tehran (Tehran, Iran). The researchers independently collected, analyzed and interpreted the results and have no financial interests in the results of this study. Also, dissemination of the results in this study does not constitute endorsement by the researchers or their institutional affiliations.

REFERENCES:

1. Byars, A., M. Greenwood, L. Greenwood and W. Simpson. The Effectiveness of a Pre-Exercise Performance Drink (PRX) on indices of maximal cardiorespiratory fitness. *J Int Soc. Sports Nut*, 3: 56-59, 2006.
2. Camps A., J Rojo, and M.A. García. La fatiga del tren superior y su influencia en el equilibrio. IV Congreso internacional y XXV nacional de educación física 2-5 de abril 2008. Universidad de Córdoba, 2008.
3. Carvajal-Sancho, A., and J. Moncada-Jimenez. The acute effect of an energy drink on physical and cognitive performance of male athletes. *Kinesiol. Slovenica*, 11, 5-16, 2005.
4. Chabran, E., B. Maton and A. Fourment. Effects of postural muscle fatigue on the relation between segmental posture and movement. *J. Electromyogr. Kinesiol*, 12, 67-79, 2002.
5. Gefen, A. M., Y. Megido-Ravid. Itzchak and M. Arcan. Analysis of muscular fatigue and foot stability during high-heeled gait. *Gait Posture*, 15, 56-63, 2002.
6. Gribble PA., J Hertel. Effect of lower-extremity muscle fatigue on postural control. *Arch Phys Med Rehabil* 85(4):589-592, 2004.
7. Helbostad J L., D L Sturnieks, J Menant, K Delbaere, S Lord, and P. M. Helbostad. Consequences of lower extremity and trunk muscle fatigue on balance and functional tasks in older people: A systematic literature review *BMC Geriatrics*, 10:56, 2010.
8. Hornery, D.J., D. Farrow, I. Mujika, and W. Young. Fatigue in tennis. Mechanisms of fatigue and effect on performance. *Sports Med*, 37, 199-212, 2007.
9. Kent-Braun JA., Skeletal muscle fatigue in old age: whose advantage? *Exerc Sport Sci Rev*, 37, 3-9, 2009
10. Lee, H.M., J.J. Liao, C.K. Cheng, C.M. Tan and J.T. Shih. Evaluation of shoulder proprioception following muscle fatigue. *Clin. Biomech (Bristol, Avon)*, 18, 843-847, 2003.
11. Lederman E., *Neuromuscular Rehabilitation in Manual and Physical Therapies: Principles to Practice*. Edinburgh London New York Oxford Philadelphia St Louis Sydney Toronto, 60-75, 2010.
12. Lephart, S.M., and F.H. Fu. Proprioception and neuromuscular control in joint stability. *Human Kinetics*, 12: 79, 2000.
13. Letafatkar Kh., M H Alizadeh, and M. R Kordi. The Effect of Exhausting Exercise Induced Fatigue on the Double-Leg Balance of Elite Male Athletes. *Journal of Social Sciences* 5 (4), 445-451, 2009.
14. Letafatkar Kh., M H Alizadeh, and M. R Kordi. The Effect of Exhausting Exercise Induced Muscular Fatigue On Functional Stability. *Journal of Social Sciences* 5 (4), 416-422, 2009.
15. Matt, G., and W.J. Colin. The influence of soccer-specific fatigue on functional stability. *Phys. Ther. Sport*, 8, 185-190, 2007.
16. Olmedo A C., J R Rodríguez, and A. Miguel. Effects of upper body exercise on dynamic postural control. Universidad Pablo de Olavide, Sevilla EADE (Málaga). University of Wales (Spain), Buenos Aires - Año 14 - Nº 135 - Agosto de, 2009.
17. Reilly, T., and G.A. Brooks. Exercise and the circadian variation in body temperature measures. *Internl. J. Sports Med.*, 7, 358-368, 1986.
18. Surenkok, A, E., Scedil, K. Isler, A. Aytar, Z. Gultekin and M.N. Akman. Effect of knee muscle fatigue and lactic acid accumulation on balance in healthy subjects. *Isokinet. Exerc. Sci.*, 14, 301-306, 2006.
19. Torbjorn, Ledin., P. A. Fransson and M. Magnusson. Effects of postural disturbances with fatigued triceps surae muscles or with 20% additional body weight, *Gait & Posture*, Volume 19, 184-193, 2006.
20. Vachon, A. J., R.D. Bassett and S. Clarke. Validity of the heart rate deflection point as a predictor of lactate threshold during running. *J. Applied Physiol*, 87, 452-459, 1999.

21. Zacharogiannis, E, G., Paradisis and S. Tziortzis. An evaluation of tests of anaerobic power and capacity. Med. Sci. Sports Exerc, 36: S116. Annual Meeting Abstracts: C-28 - Free Communication/Poster: Exercise Evaluation, 2004.

ВЫЯВЛЕННЫЕ ВЗАИМОСВЯЗЬ И ПОДОБИЕ МЕЖДУ УТОМЛЕНИЕМ И РАВНОВЕСИЕМ В БОРЬБЕ НЕ ВЕДЕТ К НАРУШЕНИЮ УСТОЙЧИВОСТИ

Амир Летафаткар (1), врач Садреддин Шояэддин (2), врач Рамин Амирсасан (3), Мехраб Тагхави (4)

- 1- Кандидат на соискание ученой степени в области медицины и гигиены - Тегеранский Университет E-Mail: kh_letafat@yahoo.com, телефон: +98- 9195394692: Иран, Тегеран.
- 2- Старший доцент, профессор спортивной медицины и гигиены Университета Tarbiat Modarres.
- 3- Старший доцент, профессор физиологии спорта Университета Tabriz.
- 4- Магистр в области физического воспитания и спорта Тегеранского Университета.

Тезисы

Цель: Целью данного исследования являлась демонстрация того, что наличие взаимосвязи и подобия между утомлением и равновесием в реслинге не ведет к нарушению устойчивости.

Методы: Для участия в данном исследовании и составления протокола изучения утомления было выбрано двадцать профессиональных борцов мужского пола (в возрасте $26,2 \pm 1$ лет, показатель $VO_2 \max$ составлял $62,3 \pm 3,1$ мл/кг/мин) (10 атлетов участвовало в экспериментальной группе и 10 в контрольной группе). Протокол исследования метаболического утомления был составлен на основе данных, полученных во время профессионального поединка борцов. Для оценки равновесия и уровня лактата в крови были использованы баланс-система Biodex и лактометр соответственно. Для статистического анализа были использованы коэффициент корреляции Пирсона, парный t-тест, критерий t и тесты ANOVA.

Результаты: В проведенном исследовании изменения статического равновесия в экспериментальной группе (в положении с открытыми и закрытыми глазами) составили 0,16% и 3,17%, соответственно, что не являлось статистически значимым результатом. Изменения динамического равновесия в экспериментальной группе (в положении с открытыми и закрытыми глазами) составили 0,12% и 0,41%, соответственно, что не являлось статистически значимым результатом. Тесной взаимосвязи между накоплением молочной кислоты и изменениями показателей равновесия ($r = -0,570$, $p < 0,05$) отмечено не было.

Заключение: Одно из наилучших подтверждений отсутствия изменения устойчивости борцов состоит в следующем: протоколы изучения утомления, составленные в ходе данного исследования, находятся во «взаимосвязи» и «подобии» с основными тренировками борцов, что позволяет применять систему предварительного Постурального контроля для сохранения постурального равновесия в дальнейшем (постурология - учение о вертикальном положении тела человека и способах его удержания).

Возможными механизмами, вызывающими утомление мышц шеи и влияющими на статическое и динамическое равновесие, являются изменения афферентных чувствительных входов, снижение постурального контроля, значительный сдвиг центра давления, увеличение времени задержки и снижение мышечной активности, изменения проприоцептивной чувствительности и дисфункция сократительных единиц антигравитационной мышцы.

Ключевые слова: борцы; метаболическое утомление; функциональное равновесие; подобие, взаимосвязь.

Введение

Борьба является самым изнурительным видом спорта как физически, так и психологически. Это обусловлено присутствующими в нем напряжением, необходимостью соблюдать умственную и эмоциональную дисциплину и непоколебимой отдачей. Воинственная природа борьбы и неизбежное изнеможение после тренировок и соревновательных схваток являются ярким отражением характера спортсменов. Борьба гарантирует возможность личной победы и, вместе с тем, физическое напряжение, крайнюю усталость и преданность спорту. Тем не менее, тысячи борцов остаются в этом спорте во время учебы в школе, институте и в дальнейшем. Они считают, что большое значение борьбы состоит в том, что он определяет их как личность.

Возможные факторы, играющие роль в развитии утомления, принято делить на две категории: центральные факторы провоцируют усталость за счет нарушения нервно-мышечной передачи между

центральной нервной системой (ЦНС) и мембранами миоцитов (мышечной мембраной), а периферические факторы вызывают изменения внутри мышечных волокон.¹³ Характер утомления также зависит от множества причин, вызвавших его.¹⁴ Мышечную усталость считают фактором риска возникновения травм¹, таких как, например, растяжение связок коленного сустава. В 2006 году исследования Surenkok и др. не выявили какой-либо взаимосвязи между накоплением молочной кислоты и изменениями равновесия. Таким образом, можно прийти к заключению, что именно утомление коленных мышц оказывает неблагоприятный эффект на равновесие; однако это влияние не было взаимосвязано со степенью накопления молочной кислоты.¹¹

Влияние утомления на работоспособность и силу определенных групп мышц были тщательно изучены у людей молодого и старшего возраста (см. отчет Kent-Braun, 2009 год).⁹ В исследованиях был продемонстрирован интересный факт: несмотря на типичную потерю мышечной силы с увеличением возраста, люди старшего возраста более устойчивы к мышечному утомлению по сравнению с молодыми людьми. Данный вывод был сделан на основании исследования изометрической и динамической работы мышц нижней конечности.^{7, 13} Это может быть обусловлено меньшими максимальными функциональными способностями двигательных единиц, более медленной сократительной способностью и высоким уровнем процессов окисления у людей старшего возраста.

Чрезмерные нагрузки могут вызывать нарастание физического утомления, что в результате приводит к снижению физической выносливости и работоспособности и, в итоге, к более низкой продуктивности. Сочетание мышечного утомления и общей усталости также может проявить себя в обратимом нарушении функций центральной нервной системы (ЦНС) и периферической нервной системы. Поддержание постурального равновесия выполняет центральная и периферическая нервная система, поэтому ее дисфункция может ослабить способность человека к сохранению устойчивости.^{6, 13}

В последние несколько лет взаимосвязь между постуральным равновесием и утомлением получила широкое освещение в опубликованной литературе. Постуральный контроль может быть определен как статический (сохранение равновесия при минимальных телодвижениях), полудинамический (сохранение равновесия при поддерживающих телодвижениях) или динамический (сохранение равновесия при завершении вышеописанных телодвижений). Из трех видов, статический и полудинамический постуральный контроль был наиболее тщательно изучен ранее и в настоящее время. Например, в 2004 году исследователи Gribble и Hertel изучали эффекты локального мышечного утомления на статический постуральный контроль путем проведения теста в положении стоя в течение тридцати секунд, а в 2008 году исследователи Camps и др. изучали эффекты утомления верхней части тела на статический постуральный контроль с помощью пробы Ромберга.^{2, 16}

В 2009 году исследователи Letafatkar и др. не обнаружили каких-либо значимых изменений в среднем латеральном отклонении платформы Biodex. Впрочем, значительное изменение ($p=0,091$) было отмечено в среднем переднезаднем отклонении. Показатель среднего отклонения был значительно снижен в переднем направлении, в конце каждой половины по отношению ко всем остальным временным точкам. Также не было выявлено какой-либо значимой взаимосвязи между накоплением молочной кислоты и изменениями показателей равновесия ($r=-0,661$, $p<0,05$). Показатель равновесия был значительно ниже в положении с открытыми глазами по сравнению с аналогичным показателем в положении с закрытыми глазами.^{13, 14}

Ряд авторов изучает эффекты мышечного утомления на нервно-мышечный контроль.^{4, 5, 10} Была изучена передача проприоцептивных афферентных импульсов периферическими рецепторами в вышележащие центры, а также генерированный с целью сохранения динамического равновесия афферентный (двигательный) ответ. Было доказано, что мышечное утомление вызывает неблагоприятные изменения проприоцептивной чувствительности¹³, сенсорной модальности, отвечающей за субъективные ощущения движений в суставах и поддержание положения тела⁹, а также постурального контроля.^{12, 13} Целью данного исследования являлась демонстрация того, что наличие взаимосвязи и подобия между утомлением и равновесием в борьбе не приводит к нарушению устойчивости.

Методы

В данном исследовании приняли участие двадцать профессиональных борцов мужского пола в возрасте $26,2 \pm 1$ лет с показателем $VO_2 \max$ $62,3 \pm 3,1$ мл/кг/мин (10 объектов исследования в экспериментальной группе и 10 объектов исследования в контрольной группе). Показатель $VO_2 \max$ был подсчитан путем проведения пробы в кислородной маске на беговой дорожке в лабораторных условиях с целью определения степени выдержки. Договор добровольного информированного согласия на участие в исследовании был подписан всеми участниками.

Тестирование проводилось в период времени между 18:00 и 20:00 часами в соответствии со временем регулярных тренировок или соревновательных матчей с целью определения циркадных изменений.

Участники исследования посещали лабораторию спустя 3 часа после окончания процесса переваривания пищи, не выполняя каких-либо энергичных упражнений в течение 24 часов до проведения теста, и после соблюдения стандартизированной диеты в течение 48 часов до исследования. Участникам требовалось выпить 500мл воды за 2 часа до проведения пробы с целью предотвращения дегидратации. Впоследствии участникам нельзя было употреблять какой-либо дополнительной жидкости с целью контроля влияния гидратационного статуса на результаты исследования. После стандартного завтрака и определения уровня молочной кислоты с помощью забора образца крови из среднего пальца не доминантной руки и сертифицированного лактометра объекты исследования участвовали в соревновательных поединках борцов. Стабилометрическое исследование включало пробу на равновесие в положении стоя на двух ногах (20 с закрытыми глазами и 20 с открытыми глазами). Участникам было предложено сохранять динамику в неустойчивом положении платформы так долго, насколько это было возможно.¹⁵

Динамическое постуральное равновесие

Участникам было предложено встать босиком на баланс-систему Biodex (уровень 4). Баланс-система Biodex учитывала любые колебания, появляющиеся в результате локальных движений, путем регистрации смещения центра давления (COP). Для оценки равновесия и нервно-мышечного контроля была использована баланс-система BSS (компания-производитель Biodex Medical Systems, Ширли, Нью-Йорк, США), состоящая из подвижной платформы, обеспечивающей угол наклона поверхности до 20° и объем движений 360°. Платформа сопряжена с компьютерным программным обеспечением (Biodex, версия 3.1, компания-производитель Biodex Medical Systems), позволяющим устройству осуществлять объективную оценку равновесия. Определение постурального равновесия включает общую (OA), переднезаднюю (AP) и срединно-боковую (ML) оценку равновесия. Высокая оценка в положении OA означает низкую степень равновесия. Оценка равновесия OA считают лучшим показателем общей способности организма сохранять равновесие на платформе. Мы оценивали устойчивость в положении на двух ногах на менее устойчивом уровне 3 на BSS в течение определенного времени (20 с закрытыми глазами и 20 с открытыми глазами). В соответствии с результатами прошлых исследований уровень 4 считается неустойчивым. Объектам исследования было предложено встать на платформу BSS, занять комфортное положение, слегка согнув колени (15°), смотреть прямо перед собой и скрестить руки на груди. В течение всего времени исследования участникам следовало сохранять одинаковое положение ног и не надевать обувь.^{1,13,14,17}

Исследование метаболического утомления

Все борцы из экспериментальной группы приняли участие в обычном спортивном поединке для того, чтобы вызвать утомление в результате обменных процессов накопления молочной кислоты.

Забор образцов крови из среднего пальца не доминантной руки был осуществлен дважды: 1) непосредственно перед проведением теста на утомление (pre-lac), 2) спустя пять минут после проведения теста на утомление (5lac) с целью оценки содержания молочной кислоты в крови с использованием специального анализатора Analox P-LM55, предоставленного компанией Analox (страна-производитель - Великобритания). Следует отметить, что анализатор был откалиброван в соответствии с известными стандартами содержания молочной кислоты 5,0 и 15,0 ммоль. Условия окружающей среды могут оказывать влияние на содержание молочной кислоты и работоспособность, поэтому температура и относительная влажность воздуха в экспериментальном помещении были отрегулированы с использованием устройства Arco (модель TC14P; Германия). Данные показатели составили 22,6±4.3°C и 22,7±2.4°C и 48,4±11,9% и 52.1±9.7% для первого и второго этапа исследования соответственно.^{3,13}

За одну неделю до начала сбора данных участники были проинструктированы о ходе исследования и прошли ознакомительное обучение. Им было предложено надеть комфортную, не сковывающую движения одежду и хорошо выспаться ночью накануне исследования в течение 6-8 часов. Одежда, обувь и оборудование были подобраны индивидуально для каждого из участников с целью создания контролируемых экспериментальных условий.

Участники прибыли на стадион натошак в 8:00, после чего был подан стандартный завтрак (содержащий примерно 380 ккал). Спустя 30 минут было проведено измерение уровня молочной кислоты и проба на равновесие. Затем участники вышли на беговую дорожку из искусственного материала, где должна была пройти проба на утомление. Данное исследования является крайне изнурительным, поэтому в течение 25 минут была проведена разминка спортсменов. Программа разминки была стандартизирована для всех участников. Во время проведения исследования длительность каждого подхода и перерывов на отдых

была измерена с помощью автоматизированной системы фотоэлементов. Тесты на равновесие на баланс-системе Biodex были проведены до пробы на утомление и 5 минут спустя.^{14,20}

Статистический анализ

Полученные до и после проведения исследования данные были проанализированы с помощью парного t-теста, остальные данные - с помощью одновыборочного t-теста, тестов ANOVA и коэффициента корреляции Пирсона. Аргумент «альфа», равный 0,05, был использован для подсчета статистической значимости с помощью версии 17.0. программы SPSS для Windows.

Результаты

В проведенном исследовании изменения статического равновесия в экспериментальной группе (в положении с открытыми и закрытыми глазами) составили 0,16% и 3,17% соответственно, что не являлось статистически значимым результатом. Изменения динамического равновесия в экспериментальной группе (в положении с открытыми и закрытыми глазами) составили 0,12% и 0,41%, соответственно, что не являлось статистически значимым результатом.

В соответствии с результатами повторно проведенных тестов ANOVA какого-либо значимого изменения показателей в любом положении выявлено не было.

Значимой взаимосвязи между накоплением молочной кислоты и изменениями показателей равновесия ($r=-0/570$, $p<0,05$) отмечено не было.

Обсуждение

В соответствии с результатами повторно проведенных тестов ANOVA какого-либо значимого изменения показателей выявлено не было. Поддержание равновесия в положении на одной ноге сохранялось в течение всего исследования. Ряд исследователей изучал влияние утомления, вызванного занятиями спортом, на функциональное равновесие. Например, в 2007 году Greig и др. продемонстрировали, что утомление, вызванное занятиями спортом, не может оказать какого-либо влияния на показатели равновесия.¹⁸

В 2003 году исследователь Schieppati завершил изучение механизмов утомления и пришел к выводу, что утомление может влиять на равновесие.²¹ В соответствии с результатами данного исследования, значимой взаимосвязи между накоплением молочной кислоты и изменениями показателей равновесия отмечено не было. Это связано с тем, что профессиональные рестлеры часто тренируются в состоянии лактатного порога энергетических систем, что делает их менее чувствительными к накоплению молочной кислоты. Таким образом, накопление лактата не оказывает влияния на показатели равновесия. В 2006 году исследователь Surenkok и др. подтвердили отсутствие взаимосвязи между степенью накопления молочной кислоты и нарушениями устойчивости. Таким образом, можно прийти к заключению, что утомление коленных мышц оказывает неблагоприятный эффект на равновесие; однако, это влияние не взаимосвязано со степенью накопления молочной кислоты.¹⁸

Контроль равновесия является мультисенсорным, поэтому в случае нарушения устойчивости одной из частей тела центральная нервная система повышает устойчивость других частей, что в итоге обеспечивает надежное поддержание равновесия.^{2,13,21}

Определение показателей направленного равновесия до физической нагрузки показало, что легче поддерживать устойчивость в срединно-боковом, чем в переднезаднем положении. Это может быть связано с анатомическим строением кости и структурой мягких тканей.^{13,18}

Неустойчивость в срединно-боковом положении, вероятно, вызывает больший риск для травмы сустава, чем утомление, которое не оказывает какого-либо эффекта на длительность физической нагрузки. Как и ожидалось, в каждом исследовании среднее отклонение равновесия являлось боковым по отношению к центру платформы. Впрочем, в конце каждой половины среднее отклонение в переднезаднем положении увеличивалось в направлении вперед. Эта ротация платформы вниз указывает на подошвенное сгибание в голеностопных суставах. Такое сгибание способствует уменьшению устойчивости и увеличивает риск растяжения связок голеностопных суставов вследствие добавочных ротационных и поперечных движений, обычно не вызывающих каких-либо травм при фиксированном положении стоп.^{8,14}

Отклонение вперед также может быть достигнуто путем сгибания коленных или бедренных суставов и, соответственно, смещением центра тяжести. Риск получения травмы может возрасти при слишком сильной опоре на коленные или бедренные суставы в попытке сохранить равновесие, так как в этом случае происходит изменение распределения массы тела на разные группы мышц. То есть вызванное утомлением изменение постурального контроля привело к усталости коленных, а затем бедренных мышц, и, впоследствии, к местной усталости мышц голени. Изменения постурального контроля вызывают компенсаторные изменения в работе суставов с целью поддержания функционального равновесия.¹⁴

Впрочем, даже при успешном поддержании равновесия изменения работы различных групп мышц, вызванные утомлением, делают спортсмена более подверженным травмам. Изменения равновесия в

конце каждой половины включает также и нарушения в функциональном равновесии суставов. Это подтверждено эпидемиологическими наблюдениями, основанными на случаях растяжения связок коленного сустава во время игры в футбол.^{13,19}

Таким образом, возможными механизмами, вызывающими утомление мышц шеи и влияющими на статическое и динамическое равновесие, являются изменения афферентных чувствительных входов, снижение постурального контроля, значительный сдвиг центра давления, увеличение времени задержки и снижение мышечной активности, изменения проприоцептивной чувствительности и дисфункция сократительных единиц антигравитационной мышцы.^{6,7,13,14}

Незначительное изменение динамического постурального контроля может быть связано с повышенным вниманием участника исследования к колебаниям тела, нервно-мышечными нарушениями нижних конечностей, визуальными образами, наличием сильных подошвенных мышц-сгибателей у спортсменов, изменениями функционирования и механизмов предварительного постурального контроля и возросшей активностью рефлексов связочно-мышечного аппарата.

Заключение

Одно из лучших подтверждений отсутствия изменения устойчивости борцов состоит в следующем: протоколы изучения утомления, составленные в ходе данного исследования, находятся во «**взаимосвязи**» и «**подобии**» с основными тренировками борцов, что позволяет применять систему предварительного постурального контроля для сохранения постурального равновесия в дальнейшем.

На основании приведенной ниже диаграммы и в соответствии с примерами восстановления можно сделать вывод, что для восстановления навыков и/или изучения определенных движений тренировки должны находиться одновременно во взаимосвязи и подобии с поставленной задачей. Выполнение «взаимосвязанных» и «подобных» движений во время тренировок более эффективно, чем повторение привычных действий. В данном случае эффективность выражается в способности получать навык выполнения движений в любой ситуации и применять его в других условиях. В спорте используется схожий принцип: с целью выработки у спортсменов устойчивости к усталости следует помещать их в обстановку множественных эпизодов острого утомления. Выполнение спортсменами «взаимосвязанных» и «подобных» движений во время тренировок также высокоэффективно в отношении их привычных функциональных условий в спорте.¹¹

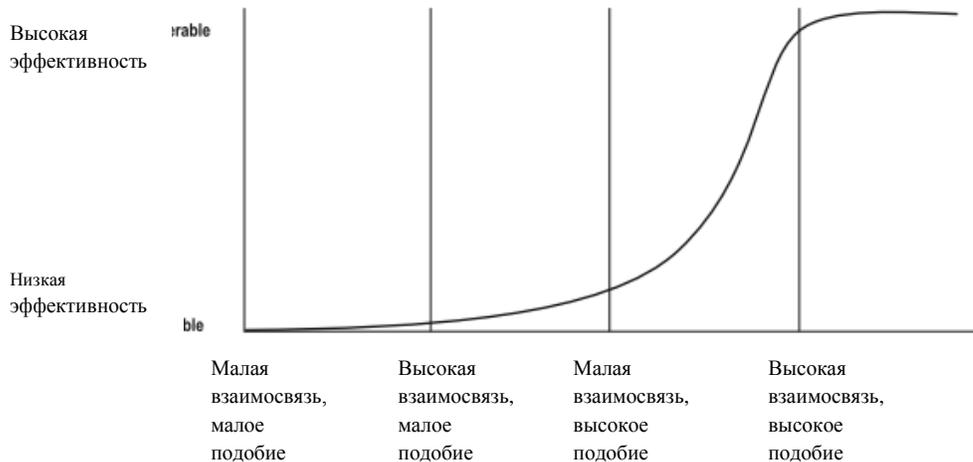


Рис.1 Соотношение между «взаимосвязью» и «подобием» и уровнем эффективности.

С увеличением взаимосвязи и подобия эффективность тренировок и устойчивость к нагрузкам значительно возрастает.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ: данное исследование может быть использовано с целью оценки способности людей к занятию борьбой и показателей их устойчивости к утомлению при участии профессиональных тренеров.

РЕКОМЕНДАЦИЯ СПОРТСМЕНАМ И ТРЕНЕРАМ: в норме сенсомоторная система использует данные, полученные от трех афферентных систем: вестибулярной, соматосенсорной и зрительной. Если функционирование одной из этих систем (соматосенсорной) нарушается, то две неповрежденные системы в некоторой мере компенсируют это нарушение. Таким образом, показатель равновесия в положении с закрытыми глазами выше (что означает снижение устойчивости) подобного показателя в положении с

открытыми глазами. Однако, несмотря ни на что, равновесие сохранялось, что демонстрирует некоторое уменьшение устойчивости профессиональных спортсменов в положении на одной ноге.

Несмотря ни на что, равновесие сохранялось, что, вероятно, было связано с работой механизмов поддержания устойчивости в конце каждой половины. Следовательно, именно в это время спортсмены наиболее подвержены травмам. Можно предположить, что борцы тренируют навыки проприоцептивной чувствительности как во время тренировок, так и в свободное от них время.

ВЫРАЖЕНИЕ БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаем благодарность всем участникам данного исследования, а также всем ассистентам, занимавшимся сбором данных. Финансирование данного исследования было осуществлено Тегеранским Университетом (Тегеран, Иран). Исследователи независимо накапливали, анализировали и интерпретировали полученные данные и не были финансово заинтересованы в результатах. Группа исследователей и их коллег не одобряют разглашение результатов данного исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Byars, A., M. Greenwood, L. Greenwood and W. Simpson. The Effectiveness of a Pre-Exercise Performance Drink (PRX) on indices of maximal cardiorespiratory fitness. *J Int Soc. Sports Nut*, 3: 56-59, 2006.
2. Camps A., J Rojo, and M.A. García. La fatiga del tren superior y su influencia en el equilibrio. IV Congreso internacional y XXV nacional de educación física 2-5 de abril 2008. Universidad de Córdoba, 2008.
3. Carvajal-Sancho, A., and J. Moncada-Jimenez. The acute effect of an energy drink on physical and cognitive performance of male athletes. *Kinesiol. Slovenica*, 11, 5-16, 2005.
4. Chabran, E., B. Maton and A. Fourment. Effects of postural muscle fatigue on the relation between segmental posture and movement. *J. Electromyogr. Kinesiol*, 12, 67-79, 2002.
5. Gefen, A. M., Y. Megido-Ravid. Itzchak and M. Arcan. Analysis of muscular fatigue and foot stability during high-heeled gait. *Gait Posture*, 15, 56-63, 2002.
6. Gribble PA., J Hertel. Effect of lower-extremity muscle fatigue on postural control. *Arch Phys Med Rehabil* 85(4):589-592, 2004.
7. Helbostad J L., D L Sturnieks, J Menant, K Delbaere, S Lord, and P. M. Helbostad. Consequences of lower extremity and trunk muscle fatigue on balance and functional tasks in older people: A systematic literature review *BMC Geriatrics*, 10:56, 2010.
8. Hornery, D.J., D. Farrow, I. Mujika, and W. Young. Fatigue in tennis. Mechanisms of fatigue and effect on performance. *Sports Med*, 37, 199-212, 2007.
9. Kent-Braun JA., Skeletal muscle fatigue in old age: whose advantage? *Exerc Sport Sci Rev*, 37, 3-9, 2009
10. Lee, H.M., J.J. Liao, C.K. Cheng, C.M. Tan and J.T. Shih. Evaluation of shoulder proprioception following muscle fatigue. *Clin. Biomech (Bristol, Avon)*, 18, 843-847, 2003.
11. Lederman E., *Neuromuscular Rehabilitation in Manual and Physical Therapies: Principles to Practice*. Edinburgh London New York Oxford Philadelphia St Louis Sydney Toronto, 60-75, 2010.
12. Lephart, S.M., and F.H. Fu. Proprioception and neuromuscular control in joint stability. *Human Kinetics*, 12: 79, 2000.
13. Letafatkar Kh., M H Alizadeh, and M. R Kordi. The Effect of Exhausting Exercise Induced Fatigue on the Double-Leg Balance of Elite Male Athletes. *Journal of Social Sciences* 5 (4), 445-451, 2009.
14. Letafatkar Kh., M H Alizadeh, and M. R Kordi. The Effect of Exhausting Exercise Induced Muscular Fatigue On Functional Stability. *Journal of Social Sciences* 5 (4), 416-422, 2009.
15. Matt, G., and W.J. Colin. The influence of soccer-specific fatigue on functional stability. *Phys. Ther. Sport*, 8, 185-190, 2007.
16. Olmedo A C., J R Rodríguez, and A. Miguel. Effects of upper body exercise on dynamic postural control. Universidad Pablo de Olavide, Sevilla EADE (Málaga). University of Wales (Spain), Buenos Aires - Año 14 - Nº 135 - Agosto de, 2009.
17. Reilly, T., and G.A. Brooks. Exercise and the circadian variation in body temperature measures. *Internl. J. Sports Med.*, 7, 358-368, 1986.
18. Surenkok, A, E., Scedil, K. Isler, A. Aytar, Z. Gultekin and M.N. Akman. Effect of knee muscle fatigue and lactic acid accumulation on balance in healthy subjects. *Isokinet. Exerc. Sci.*, 14, 301-306, 2006.
19. Torbjorn, Ledin., P. A. Fransson and M. Magnusson. Effects of postural disturbances with fatigued triceps surae muscles or with 20% additional body weight, *Gait & Posture*, Volume 19, 184-193, 2006.

20. Vachon, A. J., R.D. Bassett and S. Clarke. Validity of the heart rate deflection point as a predictor of lactate threshold during running. *J. Applied Physiol*, 87, 452-459, 1999.
21. Zacharogiannis, E, G., Paradisis and S. Tziortzis. An evaluation of tests of anaerobic power and capacity. *Med. Sci. Sports Exerc*, 36: S116. Annual Meeting Abstracts: C-28 - Free Communication/Poster: Exercise Evaluation, 2004.

BALANCE ET LA FATIGUE CHEZ LES LUTTEURS

Amir Letafatkar¹ Sadreddin Shojaeddin², Ramin Amirsasan³, Mehrab Taghavi¹
¹Université de Téhéran, ²University de Tarbiat Modarres, ³University de Tabriz.

kh_letafat@yahoo.com

RÉSUMÉ

But: Le but de cette étude était de montrer que: être «en contexte» et la «similitude» dans les protocoles de fatiguer les principaux aspects du sport ne modifie pas l'équilibre des lutteurs. Méthodes: Vingt professionnels lutteurs masculins (âge $26,2 \pm 1$ an, $62,3 \pm VO2_{max}$ 3.1 kg ml min) ont participé à cette étude (10 chez les sujets expérimentaux et 10 dans le groupe de contrôle) et a complété un protocole de fatigue. Dans cette étude, un match de catch régulière a été utilisé pour le protocole de fatigue métabolique. Système Biodex balance® et lactomètre ont été utilisés pour l'évaluation de l'équilibre et le niveau de lactate (respectivement). Pour l'analyse statistique, le coefficient de corrélation de Pearson, test t apparié, l'échantillon t et tests ANOVA ont été utilisés. Résultats: Sur la base de ces résultats de l'étude, les modifications d'équilibre statique dans le groupe expérimental (les yeux ouverts et yeux fermés postes) ont été respectivement de 0,16% et 3,17%, et ce n'était pas statistiquement significative. En outre, les altérations équilibre dynamique dans le groupe expérimental (les yeux ouverts et yeux fermés postes) était de 0,12% et 0,41% (respectivement) qui n'était pas statistiquement significative. Il n'y avait pas une relation significative entre l'accumulation de l'acide lactique et les variations des indices de stabilité ($r = -0,570$, $p < 0,05$). Conclusion: l'une des meilleures explications pour l'absence d'altération de l'équilibre des lutteurs, c'est que: le protocole fatigante exercée dans cette étude est «en contexte» et «similaire» à la formation la lutte et cela peut provoquer des lutteurs d'utiliser un système de réglage d'anticipation posturale Pour de plus amples maintien de la stabilité posturale. Les mécanismes possibles responsables pour limiter l'effet de la fatigue sur la stabilité statique et dynamique comprennent: un changement dans les entrées sensorielles afférentes, soit une diminution de l'ajustement postural, l'augmentation de déplacement du CDP, augmentation du temps de retard et le décès de l'activité musculaire, l'altération de la proprioception et la dysfonctionnement des unités contractiles dans la fatigue de gravité suivante lutte contre musculaire.

MOTS-CLÉS: métabolique fatigue; fonctionnelle de stabilité