Journal of
Sport Biomechanics

December 2019. Vol 5. Issue 3

Research Paper

A Comparative Study on the Effects of Functional and Non-Functional Fatigue Protocols on Dynamic Balance of Amateur Basketball Players

***Sasan Naderi[1], Hamidreza Naserpour[1], Fariborz Mohammadi-Pour[2], Mohammadreza Amir-Seyfaddini[2]**

1. Department of Sports Biomechanics, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.
2. Department of Sports Biomechanics, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Bahonar University, Kerman, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation: Naderi S, Naserpour H, Mohammadi-Pour F, Amir-Seyfaddini M. [A Comparative Study on the Effects of Functional and Non-Functional Fatigue Protocols on Dynamic Balance of Amateur Basketball Players (Persian)]. Journal of Sport Biomechanics. 2019; 5(3):168-177. https://doi.org/10.32598/biomechanics.5.3.4

https://doi.org/10.32598/biomechanics.5.3.4

CC BY NC

Article Info:
Received: 25 Apr 2019
Accepted: 16 Oct 2019
Available Online: 01 Dec 2019

Key words:
Balance, Basketball, Postural control, Functional fatigue

ABSTRACT

Objective The purpose of the present study was to compare the effects of functional and non-functional fatigue protocols on the dynamic balance of amateur basketball players.

Methods Ten amateur basketball players (mean age= 21.4±1.5 years, mean height= 177.5±7.1 cm, and mean weight= 67.4±8.5 kg) volunteered to participate in this study. Stair climbing and specific basketball movement circuit training were used to induce the non-functional and functional fatigues, respectively. Dynamic balance was measured by the postural stability test (level 2) using the Biodex balance system. Paired T-test and independent T-test were used for data analysis at a significance level of P<0.05.

Results Dynamic balance of subjects was decreased after inducing both fatigue protocols, where the non-functional fatigue protocol reduced the overall balance by 21.39%, and the functional protocol reduced it by 10.49%. There was a significant difference between the pre-test and post-test scores of overall balance and the balance in the anterior-posterior direction following the non-functional fatigue protocol (P=0.03).

Conclusion Non-functional fatigue protocol affects the dynamic balance of basketball players more than the functional protocol. Therefore, using different types of specialized exercises to experience the period of fatigue may be effective in improving the balance of basketball players.

Extended Abstract

1. Introduction

Basketball is one of the most popular sports around the world. Twisting, cutting, jumping and landing are among the main movements of this exciting sport, which increases the risk of injury. 65% of injuries in this sport occur in the lower extremities, the most common of which is ankle sprain. One of the causes of lower extremity injuries is a defect in the nervous/muscular system and control of posture and balance. Various factors affect the nervous/muscular system and balance; fatigue is one of these factors.

Muscle fatigue reduces the capacity of muscle to produce tension and power output after repeated muscle contraction, which results in decreased proprioception system function and impaired motor function. There are various methods and protocols for fatigue induction such as isokinetic contractions, repetitive movements, isometric contractions, and

* *Corresponding Author:*
Sasan Naderi
Address: Department of Sports Biomechanics, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.
Tel: +98 (937) 0300595
E-mail: sasan_naderi1369@yahoo.com

functional activities. Due to the lack of research to control the dynamic posture and fatigue caused by exercise, conducting studies using functional fatigue protocol similar to exercise as well as non-functional fatigue protocol and comparing them improves the postural control of players. In this regard, this study aimed to compare the effects of functional and non-functional fatigue protocols on dynamic balance of Basketball players (Table 1).

2. Methods

Participants were 10 physical education students of Shahid Bahonar University of Kerman in Iran with a mean age of 21.4±1.5 years, mean height of 177.5±7.1 cm, and mean weight of 67.4±8.5 kg who had at least one year of college basketball experience who were selected using a convenience sampling method. All participants signed a written consent form to participate in this research after being informed of the test conditions. The testing process was performed in three sessions (one-week rest interval between each session). In the first session, to minimize the learning effect, participants become familiar with the balance measurement device and practiced with it. The Biodex balancing system was used to assess the balance, and postural stability test at level 2 was used to measure the dynamic balance index.

The duration of each test was 20 seconds, which was repeated three times; and there was a 10-second rest between each repetition. In the second session, the pre-test phase was performed and stair climbing was used to induce non-functional fatigue; the subject began to climb up and down the stairs (height=40 cm) and when the person's heart rate reached 75% of the maximum heart rate (maximum heart rate=220 - age), the number of steps was counted. When the counted number reached to less than 50%, the moment was considered as the beginning of fatigue and then the post-test phase was carried out in the shortest possible time. In the third session, specific basketball movement circuit training was used to induce functional fatigue.

The protocol consisted of four 4-min stages at an intensity of 90-95% of maximum heart rate and three minutes of active rest with an intensity of 70% of maximum heart rate, which was similar to basketball in terms of duration, intensity and movement patterns. Subjects' heart rate was monitored by a pacemaker (Polar model) during both modes. In the end, post-test measurements were conducted. Collected data were analyzed in SPSS V. 22 software. The paired t-test was used to compare the balance indicators before and after fatigue induction, and the independent t-test was used to compare the effect of the two functional and non-functional fatigue protocols at a significance level of 0.05.

3. Results

The results showed a decrease in balance indicators due to both fatigue protocols (Table 2). Among the studied parameters, the difference between pre-test and post-test scores of overall balance and postural stability in the anterior-posterior direction following non-functional fatigue protocol was significant (P=0.03). The non-functional protocol reduced the overall balance index by 21.39%, the balance in the anterior-posterior balance by 28.58%, and the balance in the medial-lateral direction by 11.33%; while the functional protocol reduced the overall balance index by 10.49%, the balance in the anterior-posterior balance by 12.50%, and the balance in the medial-lateral direction by 5.18%.

Table 1. Comparing the effects of functional and non-functional fatigue protocols on balance

Fatigue Protocol	Balance	Phase	Mean±SD	T	P
Non-functional	Overall	Post-test	2.20±0.69	2.52	*0.03
		Pre-test	3.01±1.20		
	Anterior-posterior	Post-test	1.36±0.42	2.57	*0.03
		Pre-test	2.11±0.92		
	Medial-lateral	Post-test	1.42±0.46	2.08	0.06
		Pre-test	1.69±0.65		
Functional	Overall	Post-test	2.01±0.65	1.74	0.11
		Pre-test	2.25±0.61		
	Anterior-posterior	Post-test	1.28±0.48	1.57	0.15
		Pre-test	1.47±0.40		
	Medial-lateral	Post-test	1.30±0.40	0.99	0.35
		Pre-test	1.39±0.40		

Table 2. Comparing balance indicators before and after inducing both fatigue protocols

Fatigue Protocol	Balance	Phase	Mean±SD	T	P
Non-functional	Overall	Pre-test	2.20±0.69	2.52	*0.03
		Post-test	3.01±1.20		
	Anterior-posterior	Pre-test	1.36±0.42	2.57	*0.03
		Post-test	11.2±0.92		
	Medial-lateral	Pre-test	1.42±0.46	2.80	0.60
		Post-test	1.69±0.65		
Functional	Overall	Pre-test	2.01±0.65	1.74	0.11
		Post-test	2.25±0.61		
	Anterior-posterior	Pre-test	1.28±0.48	1.57	0.15
		Post-test	1.47±0.40		
	Medial-lateral	Pre-test	1.30±0.40	0.99	0.35
		Post-test	1.39±0.40		

Journal of
Sport Biomechanics

4. Discussion

The results of the present study showed that fatigue can significantly reduce the reflex activity of the muscles around the knee and ankle joints. Decreased reflex activity for restoring balance increases the torque force in the frontal plane, which increases the risk of ankle sprain. The non-functional fatigue protocol affects balance more than functional protocol, so using specialized basketball exercises to experience the fatigue period and doing exercises to improve balance in this situation may be effective in improving the balance of basketball players. It can be concluded that the muscles affecting the postural stability in the anterior-posterior direction of the body are more affected by fatigue than those in the medial-lateral direction, which should be considered by trainers.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

All ethical principles were considered in this article. Before the exams began, all the steps were explained to the participants, and the written consent was read and filled out by the subjects.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Authors' contributions

Conceptualization, implementation, testing, drafting and resources: Sasan Naderi, Fariborz Mohammadi-Pour, Mohammadreza Amir-Seyfaddini; Analysis, writing and editing: Sasan Naderi, Hamidreza Naserpour.

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

مقایسه تأثیر پروتکل‌های خستگی عملکردی و غیرعملکردی بر تعادل پویای بسکتبالیست‌های آماتور

*ساسان نادری[۱]، حمیدرضا ناصرپور[۱]، فریبرز محمدی‌پور[۲]، محمدرضا امیر سیف‌الدینی[۲]

۱. گروه بیومکانیک ورزش، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
۲. گروه بیومکانیک ورزش، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران.

اطلاعات مقاله:
تاریخ دریافت: ۰۵ اردیبهشت ۱۳۹۸
تاریخ پذیرش: ۲۴ مهر ۱۳۹۸
تاریخ انتشار: ۱۰ آذر ۱۳۹۸

کلیدواژه‌ها:
تعادل، بسکتبال، کنترل پاسچر، خستگی عملکردی

چکیده

هدف هدف تحقیق حاضر مقایسه پروتکل‌های خستگی عملکردی و غیرعملکردی بر تعادل پویای بسکتبالیست‌های آماتور بود.

روش‌ها ده بسکتبالیست آماتور (میانگین سن ۱/۵±۲۱/۴ سال، قد ۷/۱±۱۷۷/۵ سانتی‌متر و وزن ۸/۵±۶۷/۴ کیلوگرم) برای شرکت در این تحقیق داوطلب شدند. به منظور ایجاد خستگی غیرعملکردی از پروتکل خستگی پله و برای ایجاد خستگی عملکردی از پروتکل خستگی ویژه بسکتبال استفاده شد. ارزیابی تعادل با دستگاه تعادل‌سنج بایودکس و با استفاده از آزمون پوسچرال استابیلیتی در سطح ۲ انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز با استفاده از آزمون تی همبسته و تی مستقل انجام شد (P<۰/۰۵).

یافته‌ها نتایج نشان‌دهنده کاهش تعادل در اثر هر دو پروتکل خستگی بود، طوری که پروتکل خستگی غیرعملکردی شاخص تعادل کلی را ۲۱/۳۹ درصد و پروتکل عملکردی این شاخص را ۱۰/۴۹ درصد کاهش داد. از بین پارامترهای بررسی‌شده، تفاوت بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون شاخص تعادل کلی و تعادل در جهت قدامی ـ خلفی بر اثر پروتکل غیرعملکردی (به‌ترتیب P=۰/۰۳ و P=۰/۰۳) معنی‌دار گزارش شد.

نتیجه‌گیری با توجه به یافته‌های تحقیق حاضر، خستگی غیرعملکردی حفظ تعادل را بیشتر از خستگی عملکردی تحت تأثیر قرار می‌دهد، بنابراین استفاده از تمرینات متفاوت از تمرینات تخصصی برای تجربه دوره خستگی ممکن است در بهبود تعادل بسکتبالیست‌ها مؤثر واقع شود.

مقدمه

امروزه بسکتبال به یکی از پرطرفدارترین و محبوب‌ترین ورزش‌های تیمی در سراسر جهان تبدیل شده است و بر اساس گزارش‌ها ۱۱ درصد جمعیت جهان به طور منظم به انجام بازی بسکتبال مشغول هستند و این در حالی است که تعداد بسکتبالیست‌های مرد و زن جوان در حال افزایش است [۱]. بسکتبال یکی از ورزش‌های تهاجمی و پربرخورد و درعین‌حال جذاب و پرطرفدار در سراسر جهان است. حرکات پیچشی، برشی، پرش‌ها و فرودها جزء حرکات اصلی این رشته ورزشی مهیج است که متأسفانه ریسک آسیب را در این رشته بالا می‌برد. مارتین و همکاران (۲۰۱۳) میزان ابتلا به آسیب در بسکتبالیست‌های جوان را ۲۳ درصد گزارش کردند که از این میزان ۶۵ درصد آسیب‌ها در اندام تحتانی رخ داده بود و بر اساس دیگر تحقیقات انجام‌شده، شایع‌ترین آسیب وابسته به ورزش بین مردان و زنان بسکتبالیست، اسپرین مچ پاست [۲، ۳]. از دلایل قابل‌ذکر برای آسیب‌های اندام تحتانی می‌توان نقص در سیستم عصبی ـ عضلانی و در پی آن کنترل قامت و تعادل را ذکر کرد [۴، ۵].

تعادل یکی از عناصر اصلی اغلب فعالیت‌های فیزیکی و یک فاکتور مهم در مهارت‌های ورزشی است. کنترل قامت در عملکرد رشته‌های ورزشی نقش مهمی ایفا می‌کند و در تمامی رشته‌ها از تیراندازی که کمترین جابه‌جایی را داراست تا رشته‌هایی مانند ژیمناستیک، کشتی و بسکتبال که به جابه‌جایی سریع همراه با بیشترین میزان تعادل نیاز دارد، نقش حیاتی و تعیین‌کننده‌ای در موفقیت ورزشکار دارد [۶]. هدف اصلی از کنترل پوسچر بدن، حفظ مرکز ثقل بر روی سطح اتکا، حفظ حالت عمودی سر و کنترل جهت‌گیری‌های مختلف اندام‌های بدن در فضا در حین ایستادن، راه رفتن، دویدن و دیگر فعالیت‌هاست [۷].

کنترل تعادل به صورت پویا به عملکرد متقابل و هماهنگ

*نویسنده مسئول:
ساسان نادری
نشانی: تهران، دانشگاه خوارزمی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، گروه بیومکانیک ورزش.
تلفن: ۰۳۰۰۵۹۵ (۹۳۷) ۹۸+
پست الکترونیکی: sasan_naderi1369@yahoo.com

مفاصل بدن، اطلاعات رسیده از گیرنده‌های اطراف مفاصل، عضلات، سیستم بینایی و گیرنده‌های وستیبولار[1] بستگی دارد. از طریق پیام‌های آوران اطلاعات سیستم بینایی، گیرنده‌های وستیبولار و دوک‌های عضلانی به سیستم عصبی مرکزی منتقل و وضعیت بدن در فضا مشخص می‌شود؛ سپس به کمک پیام‌های وابران رسیده از دستگاه عصبی مرکزی و کنترل عضلانی، مرکز ثقل بدن درون سطح اتکا باقی می‌ماند [۷].

عوامل مختلفی بر سیستم عصبی-عضلانی و تعادل اثر می‌گذارند که خستگی یکی از این فاکتورهاست [۸]. خستگی عضلانی بر اثر کاهش ظرفیت و پذیرش تنش ایجادشده در عضله یا برون‌ده نیرو بعد از انقباض مکرر عضلانی به وجود می‌آید که کاهش عملکرد سیستم حس عمقی و اختلال در عملکرد حرکتی را در پی دارد و می‌توان آن را به عوامل متابولیکی و نورولوژیکی نسبت داد که توسط سیستم عصبی ـ عضلانی به طور مرکزی و محیطی کنترل می‌شود [۹، ۱۰]. برای ایجاد خستگی روش‌ها و پروتکل‌های مختلفی وجود دارد که شامل انقباضات ایزوکینتیک [۱۰، ۱۱]، حرکات تکراری [۱۲، ۱۳]، انقباضات ایزومتریک [۱۴] و فعالیت‌های عملکردی [۱۵] است.

مطالعات محدودی تأثیر خستگی عملکردی و غیرعملکردی را به طور مجزا بر تعادل بسکتبالیست‌ها بررسی کرده‌اند، ولی اینکه کدام پروتکل خستگی ممکن است تعادل را بیشتر تحت تأثیر قرار دهد، هنوز مشخص نشده است؛ ازاین‌رو به دلیل موجود نبودن پژوهش‌هایی در مورد ارتباط بین کنترل وضعیت قامت پویا و خستگی حاصل از فعالیت ورزشی، انجام تحقیقی با استفاده از پروتکل خستگی عملکردی که مشابه تمرینات ورزشی و مسابقات است و پروتکل خستگی غیرعملکردی ضروری به نظر می‌رسد تا مشخص شود که در کدام‌یک از شرایط خستگی، انجام تمرینات تعادلی موجب ارتقای کنترل پوسچر بازیکنان می‌شود؛ بنابراین هدف تحقیق حاضر مقایسه تأثیر پروتکل‌های خستگی عملکردی و غیرعملکردی بر تعادل پویای بسکتبالیست‌های آماتور است.

روش‌شناسی

۱۰ نفر از دانشجویان تربیت‌بدنی دانشگاه شهید باهنر کرمان با میانگین سن ۱/۵±۲۱/۴ سال، قد ۷/۱±۱۷۷/۵ سانتی‌متر و وزن ۸/۵±۶۷/۴ کیلوگرم که حداقل یک سال سابقه انجام بازی بسکتبال را داشتند، به شیوه نمونه‌گیری در دسترس برای حضور در این تحقیق کاربردی ـ نیمه‌تجربی داوطلب شدند. این افراد به هیچ‌کدام از بیماری‌های تعادلی مبتلا نبودند و حداقل در طی ۱۲ ماه پیش از تحقیق نیز سابقه هیچ‌گونه آسیب‌دیدگی در مچ پا، زانو، سابقه عمل جراحی یا شکستگی نداشتند. تمامی شرکت‌کنندگان حاضر در پژوهش پس از آگاهی از شرایط تست‌گیری با امضای اظهارنامه کتبی، رضایت خود را برای شرکت در این تحقیق اعلام کردند.

پروسه تست‌گیری در سه جلسه (یک هفته استراحت بین هر جلسه) انجام شد. برای به حداقل رساندن اثر یادگیری، در جلسه اول آزمودنی‌ها با دستگاه اندازه‌گیری تعادل آشنا شدند و با آن به تمرین پرداختند. برای اندازه‌گیری تعادل از دستگاه تعادل‌سنج بایودکس (V1/03, Biodex, SW PN) استفاده شد. این دستگاه در ۱۲ سطح متفاوت می‌تواند تنظیم شود که سطح ۱۲ بیشترین ثبات و سطح ۱ کمترین ثبات را داراست. در این تحقیق برای به دست آوردن شاخص تعادل پویا از آزمون پوسچرال استابیلیتی[2] در سطح ۲ استفاده شد [۱۶]. مدت زمان اجرای هر آزمون ۲۰ ثانیه بود که سه بار تکرار می‌شد و ۱۰ ثانیه استراحت بین هر تکرار وجود داشت. دستگاه تعادل‌سنج متناسب با تغییرات مرکز ثقل و فشار پاها، به عنوان خروجی، سه شاخص انحراف قدامی ـ خلفی[3]، انحراف در جهت داخلی ـ خارجی[4] و انحراف کلی (Total) ارائه می‌دهد. روش اجرای آزمون نیز بدین صورت بود که آزمودنی بدون کفش و جوراب روی صفحه دستگاه با وضعیت تعریف‌شده چشم‌ها باز، دست‌ها آزاد و در کنار بدن و زانوها ۱۰ تا ۱۵ درجه خم قرار می‌گرفت.

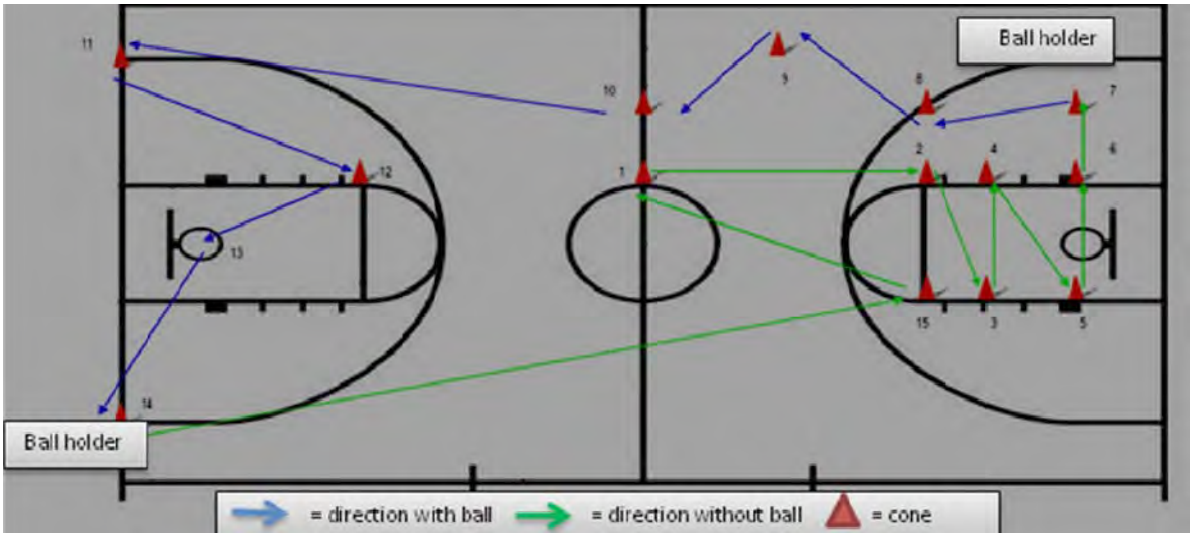
در جلسه دوم تست‌گیری ابتدا پیش‌آزمون تعادل انجام شد و سپس ۱۰ دقیقه به آزمودنی‌ها فرصت داده شد به شکل دلخواه به گرم کردن و انجام حرکات کششی بپردازند. برای اعمال خستگی غیرعملکردی از پروتکل خستگی پله استفاده شد [۱۳]. شرایط انجام پروتکل به این نحو بود که آزمودنی شروع به پله رفتن می‌کرد (ارتفاع پله ۴۰ سانتی‌متر بود) و هر زمان ضربان قلب فرد به ۷۵ درصد HRmax (سن-۲۲۰=xamRH) می‌رسید. تعداد پله رفتن فرد شمارش می‌شد (در مدت ۱۰ ثانیه تعداد پله رفتن محاسبه و این مقدار در عدد ۶ ضرب می‌شد تا تعداد پله رفتن در یک دقیقه به دست آید). زمانی که این تعداد شمارش‌شده به کمتر از ۵۰ درصد کاهش می‌یافت، این لحظه به عنوان آغاز خستگی در نظر گرفته و در حداقل زمان ممکن، پس‌آزمون تعادل مشابه با شرایط پیش‌آزمون گرفته می‌شد.

در جلسه سوم تست‌گیری پس از انجام پیش‌آزمون تعادل و گرم کردن، به منظور اعمال خستگی عملکردی، از پروتکل خستگی ویژه بسکتبال[5] استفاده شد [۱۷] (تصویر شماره ۱). این پروتکل شامل چهار مرحله چهار دقیقه‌ای با شدت ضربان ۹۰ تا ۹۵ درصد HRmax و سه دقیقه استراحت فعال با ضربان ۷۰ درصد HRmax است و از نظر مدت، شدت و الگوهای حرکتی، مشابه با بازی بسکتبال است (ضربان قلب آزمودنی‌ها در حین انجام هر دو پروتکل توسط ضربان‌سنج پولار کنترل می‌شد). درنهایت نیز انجام تست‌های مربوط به پس‌آزمون تعادل انجام شد.

برای تجزیه و تحلیل آماری اطلاعات از نرم‌افزار SPSS ۲۲

1. Vestibular Receptors

2. Postural Stability
3. Anterior- Posterior
4. Medial-Lateral
5. Specific Basketball Movement Circuit



مجله بیومکانیک ورزشی

تصویر ۱. نمای شماتیک پروتکل خستگی ویژه بسکتبال: ۲-۱ دویدن رو به جلو با تمام سرعت؛ ۲ گردش به چپ؛ ۳-۲ حرکت به پهلوی چپ با گام ریز؛ ۴-۳ حرکت به پهلوی راست با گام ریز؛ ۵-۴ حرکت به پهلوی چپ با گام ریز؛ ۶-۵ حرکت به پهلوی راست با گام ریز؛ ۷-۶ دویدن همراه با پرش‌های عمودی (در ایستگاه شماره ۷ توپ دریافت می‌کند)؛ ۱۰-۷ انجام عمل دریبل سریع بین مخروط‌ها؛ ۱۱-۱۰ دریبل سریع؛ ۱۲-۱۱ دریبل سریع؛ ۱۳-۱۲ انجام لی آپ؛ ۱۳ ریباند توپ؛ ۱۴-۱۳ دریبل سریع (رها کردن توپ در ایستگاه ۱۴)؛ ۱۵-۱۴ دویدن رو به جلو با تمام سرعت؛ ۱۵-۱ حرکت رو به عقب.

استفاده شد. نرمال بودن توزیع نمرات از طریق آزمون شاپیرو ویلک بررسی شد. از آزمون تی همبسته برای مقایسه شاخص‌های تعادل قبل و بعد از خستگی و از آزمون تی مستقل برای مقایسه درصد تأثیر خستگی دو پروتکل عملکردی و غیرعملکردی در سطح معناداری ($P\leq ۰/۰۵$) استفاده شد.

نتایج

نتایج مربوط به آزمون تی همبسته در جدول شماره ۱ ارائه شده است. این نتایج نشان‌دهنده کاهش شاخص‌های تعادلی بر اثر هر دو پروتکل خستگی است که از بین پارامترهای بررسی‌شده، تفاوت بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون شاخص تعادل کلی و تعادل در جهت قدامی ـ خلفی بر اثر پروتکل غیرعملکردی (به‌ترتیب $P=۰/۰۳$ و $P=۰/۰۳$) معنی‌دار گزارش شد (جدول شماره ۱).

نتایج مربوط به آزمون تی-مستقل برای مقایسه تأثیر دو پروتکل در جدول شماره ۲ نمایش داده شده است. براین‌اساس، پروتکل غیرعملکردی، شاخص تعادل کلی را ۲۱/۳۹ درصد،

جدول ۱. مقایسه تغییرات شاخص‌های تعادل قبل و بعد از اعمال پروتکل‌های خستگی

پروتکل		شاخص تعادل	انحراف استاندارد±میانگین	تی (۹)	P
غیرعملکردی	تعادل کلی	پیش‌آزمون	۲/۲۰±۰/۶۹	۲/۵۲	۰/۰۳*
		پس‌آزمون	۳/۰۱±۱/۲۰		
	تعادل قدامی ـ خلفی	پیش‌آزمون	۱/۳۶±۰/۴۲	۲/۵۷	۰/۰۳*
		پس‌آزمون	۲/۱۱±۰/۹۲		
	تعادل داخلی ـ خارجی	پیش‌آزمون	۱/۴۲±۰/۴۶	۲/۰۸	۰/۰۶
		پس‌آزمون	۱/۶۹±۰/۶۵		
عملکردی	تعادل کلی	پیش‌آزمون	۲/۰۱±۰/۶۵	۱/۷۴	۰/۱۱
		پس‌آزمون	۲/۲۵±۰/۶۱		
	تعادل قدامی ـ خلفی	پیش‌آزمون	۱/۲۸±۰/۴۸	۱/۵۷	۰/۱۵
		پس‌آزمون	۱/۴۷±۰/۴۰		
	تعادل داخلی ـ خارجی	پیش‌آزمون	۱/۳۰±۰/۴۰	۰/۹۹	۰/۳۵
		پس‌آزمون	۱/۳۹±۰/۴۰		

مجله بیومکانیک ورزشی

جدول ۲. نتایج آزمون تی مستقل برای مقایسه تأثیر پروتکل غیر عملکردی و پروتکل عملکردی بر شاخص‌های تعادلی

	پروتکل	شاخص تعادل	انحراف استاندارد+میانگین	(۹) تی	P
غیرعملکردی	تعادل کلی	پیش‌آزمون	۲/۲۰±۰/۶۹	۲/۵۲	۰/۰۳*
		پس‌آزمون	۳/۰۱±۱/۲۰		
	تعادل قدامی ـ خلفی	پیش‌آزمون	۱/۳۶±۰/۴۲	۲/۵۷	۰/۰۳*
		پس‌آزمون	۲/۱۱±۰/۹۲		
	تعادل داخلی ـ خارجی	پیش‌آزمون	۱/۴۲±۰/۴۶	۲/۰۸	۰/۰۶
		پس‌آزمون	۱/۶۹±۰/۶۵		
عملکردی	تعادل کلی	پیش‌آزمون	۲/۰۱±۰/۶۵	۱/۷۴	۰/۱۱
		پس‌آزمون	۲/۲۵±۰/۶۱		
	تعادل قدامی ـ خلفی	پیش‌آزمون	۱/۲۸±۰/۴۸	۱/۵۷	۰/۱۵
		پس‌آزمون	۱/۴۷±۰/۴۰		
	تعادل داخلی ـ خارجی	پیش‌آزمون	۱/۳۰±۰/۴۰	۰/۹۹	۰/۳۵
		پس‌آزمون	۱/۳۹±۰/۴۰		

مجله بیومکانیک ورزشی

شاخص تعادل در جهت قدامی-خلفی را ۲۸/۵۸ درصد و شاخص تعادل در جهت داخلی-خارجی را ۱۱/۳۳ درصد کاهش داده است؛ درحالی‌که پروتکل عملکردی، شاخص تعادل کلی را ۱۰/۴۹ درصد، شاخص تعادل در جهت قدامی-خلفی را ۱۲/۵۰ درصد و شاخص تعادل در جهت داخلی-خارجی را ۵/۱۸ درصد کاهش داده است (جدول شماره ۲).

بحث

هدف از این پژوهش، مقایسه تأثیر پروتکل‌های خستگی عملکردی و غیرعملکردی بر تعادل پویای بسکتبالیست‌های آماتور بود. درمجموع، نتایج تحقیق حاضر، کاهش تعادل در اثر خستگی را نشان داد. در مورد پروتکل خستگی غیرعملکردی، نتایج نشان داد که حفظ تعادل به صورت معناداری تحت تأثیر این پروتکل قرار گرفته است. این نتایج در جهت قدامی ـ خلفی معنادار بودند، ولی در جهت داخلی-خارجی این اختلافات معنادار نبود. در مورد پروتکل خستگی عملکردی علی‌رغم اینکه نتایج کاهش در تعادل را نشان داد، اما این اختلافات معنادار نبود. همچنین نتایج تحقیق حاضر بیانگر این موضوع بود که در بازیکنان آماتور بسکتبال، خستگی غیرعملکردی نسبت به خستگی عملکردی، حفظ تعادل را بیشتر تحت تأثیر قرار می‌دهد. در هر دو پروتکل، کنترل قامت در جهت قدامی-خلفی نسبت به جهت داخلی-خارجی با نوسان بیشتری همراه بوده است.

خستگی ممکن است به مهار سیستم بازخورد عصبی ـ عضلانی منجر شود و بر بخش آوران حلقه بیوفیدبک عصبی ـ عضلانی تأثیرگذار باشد. درحقیقت، خستگی باعث کاهش تخلیه فیبرهای آوران دوک عضلانی می‌شود و این تأثیر احتمالاً به دلیل کاهش فعال‌سازی نورون‌های حرکتی گاماست. این پدیده باعث کاهش ورودی به بخش‌هایی از سیستم عصبی مرکزی می‌شود که درون‌دادهای آوران را با هم تلفیق می‌کند و احتمالاً باعث کاهش تخلیه نورون‌های حرکتی آلفا می‌شود؛ درنتیجه در ارسال فرمان‌های اصلاحی مناسب به عضلات کنترل‌کننده پوسچر اختلالاتی ایجاد می‌شود [۱۸].

عامل مهم دیگر در کاهش تعادل بعد از خستگی، کاهش و تخلیه گلیکوژن در برخی از تارهای عضلانی است که این موضوع احتمالاً تعداد تارهایی را که می‌تواند برای جبران کمبود نیروی عضله به کار رود، کاهش دهد؛ بنابراین عضله قادر به تولید نیروی کافی در طول دوره‌های تمرینی بسیار شدید نیست. به عبارتی می‌توان گفت کاهش تعادل در اثر خستگی احتمالاً به واسطه کاهش در تعداد تارهایی است که می‌توانند برای تولید نیرو در جهت حفظ پوسچر به کار گرفته شوند [۱۹]. در پروتکل خستگی پله، عضلات اندام تحتانی (به‌خصوص عضلات ضد جاذبه که نقش اصلی را در حفظ تعادل ایجاد می‌کنند) نسبت به پروتکل عملکردی بیشتر به کار گرفته می‌شوند و فعالیت بیشتری دارند و در پی آن احتمالاً با تخلیه گلیکوژن بیشتری مواجه می‌شوند که نتیجه آن کاهش بیشتر تعادل در این پروتکل است.

این نتایج با نتایج تحقیق هارکینز و همکاران، ستین و همکاران، ناردون و همکاران، کاترین و همکاران، ویلکینز و همکاران، بو و همکاران و لطافت‌کار و همکاران که تا حدودی کاهش کنترل تعادل و افزایش نوسانات بدن را پس از اعمال برنامه‌های مختلف خستگی گزارش کرده بودند، همسو است [۱۳، ۲۰-۲۵]. مشابه با دلایل ذکرشده، کارکرد نامناسب عضلات و اثرات حسی خستگی

می‌تواند از دلایل احتمالی کاهش تعادل مشاهده‌شده باشد.

در تحقیق حاضر، نتایج مربوط به پروتکل خستگی عملکردی معنی‌دار گزارش نشد، در صورتی که خرم‌نژاد و همکاران (۱۳۹۰) کاهش معنی‌دار تعادل پس از اعمال خستگی عملکردی را گزارش کرده بودند [۱۵]. برای این تناقض می‌توان به دو مورد اشاره کرد؛ اولین مورد اینکه در تحقیق وی از تست Y برای اندازه‌گیری تعادل استفاده شده بود، درحالی‌که در تحقیق حاضر از دستگاه تعادل‌سنج استفاده شد. دومین مورد اینکه در تحقیق خرم‌نژاد و همکاران از بازیکنان حرفه‌ای شاغل در لیگ استان استفاده شده بود که به نظر می‌رسد تجربه می‌تواند روی تعادل تأثیر مثبت داشته باشد و به همین دلیل نتایج برعکس بود و تفاوت‌ها معنی‌دار گزارش شده بود.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که خستگی می‌تواند فعالیت‌های رفلکسی عضلات حول مفصل زانو و مچ پا را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش دهد. کاهش فعالیت‌های رفلکسی برای برگرداندن وضعیت بدن به حالت تعادل باعث افزایش نیروی گشتاوری مچ پا و افزایش مرکز اعمال نیرو در صفحه فرونتال می‌شود که ممکن است خطر آسیب‌های خارجی مچ پا را افزایش دهد؛ همچنین مشخص شد که پروتکل خستگی غیرعملکردی، حفظ تعادل را بیشتر از خستگی عملکردی تحت تأثیر قرار می‌دهد، بنابراین استفاده از تمرینات متفاوت از تمرینات تخصصی رشته بسکتبال برای تجربه دوره خستگی و انجام تمرینات برای بهبود تعادل در این وضعیت ممکن است در بهبود تعادل بسکتبالیست‌ها مؤثر واقع شود. با توجه به تغییراتی که در شاخص‌های تعادل در اثر خستگی به وجود آمد، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که عضلات مؤثر در ثبات ناحیه قدامی و خلفی بدن در مقایسه با عضلات داخلی و خارجی بیشتر تحت تأثیر خستگی قرار می‌گیرند که مربیان تمرین‌دهنده می‌بایست به این نکته نیز توجه کنند.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

قبل از شروع آزمون‌ها تمامی مراحل برای شرکت‌کننده‌ها توضیح داده شد و رضایت‌نامه کتبی توسط آزمودنی‌ها خوانده و پر شد.

حامی مالی

این پژوهش حامی مالی ندارد.

مشارکت نویسندگان

مفهوم‌سازی، اجرا، تست‌گیری، پیش‌نویس و منابع: ساسان نادری، دکتر فریبرز محمدی پور، دکتر محمدرضا امیر سیف الدینی. تحلیل و نوشتار و ویراستاری مقاله: ساسان نادری، حمیدرضا ناصرپور.

تعارض منافع

طبق نظر نویسندگان، این پژوهش تعارض منافعی ندارد.

References

[1] Harmer PA. Basketball injuries. Med Sport Sci. 2005; 49:31-61. [DOI:10.1159/000085341] [PMID]

[2] McKay G, Goldie P, Payne W, Oakes B. Ankle injuries in basketball: Injury rate and risk factors. Br J Sports Med. 2001; 35(2):103-8. [DOI:10.1136/bjsm.35.2.103] [PMID] [PMCID]

[3] Martin RL, Davenport TE, Paulseth S, Wukich DK, Godges JJ. Ankle stability and movement coordination impairments: Ankle ligament sprains. J Orthop Sports Phys Ther. 2013; 43(9):A1-40. [DOI:10.2519/jospt.2013.0305] [PMID]

[4] McGuine TA, Greene JJ, Best T, Leverson G. Balance as a predictor of ankle injuries in high school basketball players. Clin J Sport Med. 2000; 10(4):239-44. [DOI:10.1097/00042752-200010000-00003] [PMID]

[5] Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS, JR, Colosimo AJ, McLean SG et al. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: A prospective study. Am J Sports Med. 2005; 33(4):492-501. [DOI:10.1177/0363546504269591] [PMID]

[6] Huston JL, Sandrey MA, Lively MW, Kotsko K. The effects of calf-muscle fatigue on sagittal-plane joint-position sense in the ankle. J Sport Rehabil. 2005; 14(2):168-84. [DOI:10.1123/jsr.14.2.168]

[7] Levangie PK, Norkin CC. Joint structure and function: A comprehensive analysis. 5th edition. Philadelphia: F.A. Davis Company; 2011.

[8] Naserpour H, Sadeghi H. The effect of short-term use of cold spray on strength and ankle joint position sense in professional wrestlers. J Sport Biomech. 2017; 3(2):43-50.

[9] Blackburn T, Guskiewicz K, Petschauer M, Prentice W. Balance and joint stability: The relative contributions of proprioception and muscular strength. J Sport Rehabil. 2000; 9(4):315-28. [DOI:10.1123/jsr.9.4.315]

[10] Gribble PA, Hertel J, Denegar CR, Buckley WE. The effects of fatigue and chronic ankle instability on dynamic postural control. J Athl Train. 2004; 39(4):321-9.

[11] Yaggie JA, McGregor SJ. Effects of isokinetic ankle fatigue on the maintenance of balance and postural limits. Arch Phys Med Rehabil. 2002; 83(2):224-8. [DOI:10.1053/apmr.2002.28032] [PMID]

[12] Sparto PJ, Parnianpour M, Reinsel TE, Simon S. The effect of fatigue on multijoint kinematics, coordination, and postural stability during a repetitive lifting test. J Orthop Sports Phys Ther. 1997; 25(1):3-12. [DOI:10.2519/jospt.1997.25.1.3] [PMID]

[13] Cetin N, Bayramoglu M, Aytar A, Surenkok O, Yemisci OU. Effects of Lower-Extremity and Trunk Muscle Fatigue on Balance. Open Sports Med J. 2008; 2(1): 16-22. [DOI:10.2174/1874387000802010016]

[14] Vuillerme N, Forestier N, Nougier V. Attentional demands and postural sway: The effect of the calf muscles fatigue. Med Sci Sports Exerc. 2002; 34(12):1907-12. [DOI:10.1097/00005768-200212000-00008] [PMID]

[15] Khorramnejad H, Sahebazzamani M. Sharifiyan E. AmirSeyfaddini M. Effects of fatigue on performance stability basketball players with functional ankle instability. J Sport Med Rev. 2012; 9:46-60.

[16] Faraji E, Daneshmandi H, Atri AE, Onvani V, Namjoo FR. Effects of prefabricated ankle orthoses on postural stability in basketball players with chronic ankle instability. J Res Rehabil Sci. 2012; 3(4):274-8. [DOI:10.5812/asjsm.34551] [PMID] [PMCID]

[17] Smith M. Basketball skill test for the big men. FIBA Assist Mag. 2004; 07:59-60.

[18] Taylor JL, Butler JE, Gandevia SC. Changes in muscle afferents, motoneurons and motor drive during muscle fatigue. Eur J Appl Physiol. 2000; 83(2-3):106-15. [DOI:10.1007/s004210000269] [PMID]

[19] Bangsbo J. The physiology of soccer: With special reference to intense intermittent exercise. Acta physiologica Scandinavica Supplementum. 1994; 619:1-155. [PMID]

[20] Harkins KM, Mattacola CG, Uhl TL, Malone TR, McCrory JL. Effects of 2 ankle fatigue models on the duration of postural stability dysfunction. Natl Athl Train Assoc. 2005; 40(3):191-4.

[21] Nardone A, Schieppati M. Postural adjustments associated with voluntary contraction of leg muscles in standing man. Exp Brain Res. 1988; 69(3):469-80. [DOI:10.1007/BF00247301] [PMID]

[22] Wilkins JC, Valovich McLeod TC, Perrin DH, Gansneder BM. Performance on the balance error scoring system decreases after fatigue. J Athl Train. 2004; 39(2):156-61.

[23] Christina KA, White SC, Gilchrist LA. Effect of localized muscle fatigue on vertical ground reaction forces and ankle joint motion during running. Hum Mov Sci. 2001; 20(3):257-76. [DOI:10.1016/S0167-9457(01)00048-3]

[24] Letafatkar A, Alizadeh M, Kordi M. The effect of exhausting exercise induced fatigue on the double-leg balance of elite male athletes. J Soc Sci. 2009; 5(4):445-51. [DOI:10.3844/jssp.2009.445.451]

[25] Bove M, Faelli E, Tacchino A, Lofrano F, Cogo CE, Ruggeri P. Postural control after a strenuous treadmill exercise. J Neurosci Lett. 2007; 418(3):276-81. [DOI:10.1016/j.neulet.2007.03.036] [PMID]