http://dx.doi.org/10.22049/JAHSSP.2020.26778.1323

Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology
Spring/Summer 2022
Volume 9, Number 1
1-11

Original Article Open Access

Effect of Eight Weeks Different Concurrent Training Protocols on muscle Strength, Serum Testosterone and Cortisol in Young Wrestlers

Mohammad Hossein Ghahramani[1], Hamid Agha-Alinejad*[2], Mahdieh Molanouri Shamsi[3]

Receive 2020 July 20; Accepted 2020 December 29

Abstract

Aim: The aim of this study is examine effects of different concurrent training protocols on muscle strength, Testosterone and cortisol serum levels in young wrestlers. **Methods**: 41 young men (18-25 year-old) were randomly divided in 5 groups: 1. endurance-strength training with 8 hours inter-Session recovery (ES8) 2. Strength- endurance training with 8 hours inter-Session recovery (SE8) 3. Strength- endurance training without recovery (SE0) 4. Endurance-strength training without recovery (ES0) 5. Control (CON). The experimental groups performed Strength training 4-8 repetitions ،85-100% 1RM and endurance training with running 10-30 minutes at 70-85 percent of final speed of IFT 30-15 test. Frequency of Session was three times a week for eight weeks. The blood sampling was performed after 12 hours fasting in 8-9 am to evaluate serum cortisol (C) and testosterone (T) concentration. One–way ANOVA and paired t-test was applied for examining training effects (α=0.05) and η2 for evaluate effect size. **Results**: The result of study showed that significant difference was between SE8 with SE0, ES0 and CON on lower body strength (p=0.04, p=0.004, p=0.004). Lower body strength improved after ES8, SE8 training (10% and 17%). Upper body strength increased after ES8, SE8, and SE0 with no difference between the groups (5%, 10% and 4%). Cortisol concentration decreased in SE8 (-8%). **Conclusions**: The results indicate that performing strength and endurance training with 8 hours' recovery between training could improve upper and lower body strength in young wrestlers.

Keywords: Concurrent training, testosterone to cortisol ratio (T/C), muscle strength, wrestling, recovery

Scan this QR code to see the accompanying video, or visit jahssp.azaruniv.ac.ir

1. Master Student of Sports Physiology, Department of Sports Physiology, Faculty of Humanities, Tarbiat Modares University, Tehran, Tehran-Iran.

2. Associate Professor of Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Humanities, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
***(corresponding author)**
(halinejad@modares.ac.ir)

3. Associate Professor of Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Humanities, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Cite as: Mohammad Hossein Ghahramani, Hamid Agha-Alinejad, Mahdieh Molanouri Shamsi. Effect of Eight Weeks Different Concurrent Training Protocols on Muscle Strength, Serum Testosterone and Cortisol in Young Wrestlers. Applied Health Studies in Sport Physiology. 2022; 9(1): 1-11.

Owner and Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University
Journal ISSN (online): 2676-6507
Access Type: Open Access
DOI: 10.22049/JAHSSP.2020.26778.1323
DOR: 20.1001.1.26766507.1401.9.1.1.2

Copyright ©The authors

http://dx.doi.org/10.22049/JAHSSP.2020.26778.1323

Extended abstract

Background

Adaptation to exercise depends largely on the type and nature of the exercise. Endurance training is a physical activity performed in periods from a few minutes to several hours with different intensities. This type of exercise increases high training volume and low endurance (such as cycling, swimming, and running). Increasing the ability to perform endurance training is further possible by increasing the maximum oxygen consumption and increasing the ability of the skeletal muscle to produce energy through oxidative metabolism (1). Resistance training is another type of physical activity that includes short-term activities at high intensities and leads to improved performance in high-intensity and high-resistance training at relatively low repetitions (such as weightlifting, powerlifting, etc.). Improved strength performance is achieved through neuromuscular coordination, increased fibrillation, and muscle hypertrophy (2). Performing resistance and endurance training over a period of time is called parallel training, which is a popular way to develop different aspects of physiological abilities in most sports activities (3). Athletes do parallel training (endurance-resistance) to enjoy the benefits of both training methods. Parallel training can have a better effect on general health than any exercises alone, including cardiovascular, musculoskeletal, and athletic warning factors.
Wrestling is a high-intensity sport that requires acceptable upper and lower body muscle strength levels to perform the techniques (4). On the other hand, parallel training is one of the most widely used methods for developing wrestlers' fitness factors. Few studies, along with specialized exercises for athletes, have examined the effect of parallel training. In a few previous studies, it has been suggested that performing parallel exercise 24 hours apart from parallel exercise in one day can be a more appropriate way to deal with the phenomenon of interference. However, due to the fact that performing two training sessions with different natures in one day (or even one session) often occurs in the annual planning of wrestlers, finding the right order and time interval to optimize physiological adaptations, reduce the effect of interference, reduce Costs and prevention of overtraining are important. Therefore, the aim of this study was to investigate the effect of different parallel training protocols on muscle strength and testosterone and cortisol levels of young wrestlers.

Methodology

The present study is quasi-experimental-applied research conducted in five groups with pre-test and post-test designs. Subjects were 41 male wrestlers with a mean age of 21.2 ± 2.2 years, a height of 175.3 ± 5.1 cm, and a body mass of 72.2 ± 5.10 kg, who were selected by the available sampling method and Based on the output of the completed questionnaire to prepare for participation in sports activities, they were randomly divided into five groups.

- **Group 1**: Parallel endurance-strength training with 8 hours' recovery interval (ES8): Eight wrestlers. Subjects performed strength training after eight hours of recovery following endurance training.
- **Group 2**: Parallel strength-endurance training with 8 hours' recovery interval (SE8): Ten wrestlers. Subjects performed endurance training after eight hours of recovery following strength training.
- **Group 3**: Parallel strength-endurance training without recovery (SE0): Eight wrestlers. Subjects performed endurance training after performing strength training without recovery.
- **Group 4**: Parallel endurance-strength training without recovery (ES0): Eight wrestlers. Subjects performed strength training following recovery without endurance training.
- **Group 5**: Control group (CON): ten wrestlers. In this group, the subjects continued their traditional exercises.

Maximum power measurement: Subjects performed several repetitions of sub-maximal movements after 10 minutes of warm-up and dynamic stretching movements. Four attempts were allowed to determine the athlete's maximum strength, with a rest interval of 3 to 5 minutes. The initial weight selection was based on an estimate of the athlete's maximum strength (about 50 to 70%). The intensity continued progressively from 2.5 to 20 kg until the athlete could no longer complete one repetition of the selected weight movement. The athlete had to perform all the same speed and range repetitions. The athlete's final successful displacement weight was recorded as the maximum strength for that move or 1-RM.

VIFT measurement: Participants must run back and forth between two lines 40 meters apart and at a speed according to the voice command. This voice command helps people adjust their speed to be within three meters of the 20-meter test lines when the beep sounds. During the 15-second recovery period, subjects move forward to the nearest, including eight weeks of aerobic activity performed three times a week.

Copyright ©The authors Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

Venous blood samples were collected to measure serum levels of testosterone and cortisol at a rate of 5 ml between 8 and 9 am after eight hours of sleep, 12 to 14 hours of fasting, and two days of rest after the last training session. Blood sampling time in the present study was considered to control the circadian rhythm between 8 and 9 in the morning. They were seated and bent. ELISA measured testosterone and cortisol levels.

Exercise protocols

Strength training
Strength training was performed three times a week for eight weeks

Wrestling practice:
Specialized training of wrestlers was performed on days other than parallel training. The wrestlers were trained under the supervision of a coach and under the supervision of a researcher.

Statistical methods:
In inferential statistics, the Shapiro-Wilk test was used to determine the normality of data distribution. One-way analysis of variance and Tukey post hoc test was used to determine the significance of the differences between the research groups.

Results:
The result of study showed that significant difference was between SE8 with SE0, ES0 and CON on lower body strength ($p=0.04$, $p=0.004$, $p=0.004$). Lower body strength improved after ES8, SE8 training (10% and 17%). Upper body strength increased after ES8, SE8, and SE0 with no difference between the groups (5%, 10% and 4%). Cortisol concentration decreased in SE8 (-8%).

Discussion and conclusion:
testosterone and cortisol levels in young wrestlers. Upper body strength increased significantly in ES8, SE8, and SE0 groups. Lower torso strength increased significantly only in SE8 and ES8 groups. The present study showed that the order and intervals of strength-aerobic exercise could affect lower body strength. The relative strength of the lower torso increased significantly only in the two groups, ES8 and SE8, and the ES8 group showed a significant increase compared to the three groups, SE0, ES0, and CON. Based on the findings of the present study, two parallel training methods with an interval of eight hours are a more appropriate solution to deal with the phenomenon of interference. Also, the findings of the present study did not show any difference in resting serum levels of testosterone, cortisol, and testosterone to cortisol ratio between the groups, and only the SE8 group had a significant decrease in resting cortisol.

Conclusion:
In general, the order and distance between endurance and strength training seem to affect young wrestlers' upper and lower body strength. It seems that performing parallel exercises with an interval of eight hours in wrestlers' training planning along with specialized and technical exercises can be a good way to increase their upper and lower body strength.

Copyright ©The authors Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

JAHSSP

http://jahssp.azaruniv.ac.ir/

http://dx.doi.org/10.22049/JAHSSP.2020.26778.1323

مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش

سال نهم، شماره اول ؛

بهار و تابستان ۱۴۰۱؛ صفحات ۱-۱۱

Open Access

مقاله پژوهشی

تاثیر هشت هفته پروتکل‌های متفاوت تمرین موازی بر قدرت عضلانی و سطوح سرمی تستوسترون و کورتیزول کشتی گیران جوان

محمد حسین قهرمانی[۱]، حمید آقاعلی نژاد*[۲]، مهدیه ملا نوری شمسی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۰۹

چکیده

هدف: هدف بررسی تاثیر پروتکل‌های تمرین موازی بر قدرت عضلانی و تستوسترون و کورتیزول سرمی کشتی گیران جوان بود. **روش شناسی:** ۴۱ پسر ۱۸-۲۵ سال به صورت تصادفی در پنج گروه: ۱- استقامتی-قدرتی با فاصله ریکاوری هشت ساعت (ES8) ۲- قدرتی-استقامتی با فاصله ریکاوری هشت ساعت (SE8) ۳- قدرتی-استقامتی بدون ریکاوری (SE0) ۴- استقامتی-قدرتی بدون ریکاوری (ES0) ۵- گروه کنترل (CON) قرار گرفتند. تمرین قدرتی شامل سه نوبت ۸-۴ تکراری با شدت ۸۵-۹۰ درصد یک تکرار بیشینه بود. تمرینات استقامتی شامل دویدن با شدت ۷۰-۸۵ درصد از سرعت انتهایی آزمون IFT30-15 به مدت ۱۰-۳۰ دقیقه بود. خونگیری در ساعت ۸ الی ۹ صبح، بعد از ۱۲ ساعت ناشتایی بود. آزمون آنالیز واریانس یک طرفه ANOVA و η^2 برای اندازه‌گیری معناداری و اندازه اثر تمرین استفاده شد. برای مقایسه تغییرات درون گروهی، از آزمون tهمبسته استفاده شد. **یافته‌ها:** تفاوت معناداری بین گروه SE8 با SE0، ES0 وCON (به ترتیب P=0/04، P=0/004 و P=0/004) در قدرت پایین تنه دیده شد. قدرت پایین تنه در دو گروه ES8و SE8 (۱۰٪ و ۱۷٪) افزایش معنادار داشت. قدرت بالاتنه در گروه های ES8، SE8و SE0 (به ترتیب ۵٪، ۱۰٪ و ۴٪) افزایش معناداری نسبت به مقادیر قبل از تمرین داشت. سطوح استراحتی کورتیزول در گروه SE8 (۸٪-) کاهش معناداری داشت. **نتیجه‌گیری:** با توجه به نتایج حاضر به نظر می‌رسد اجرای تمرین قدرتی و هوازی با فاصله ریکاوری هشت ساعت (ES8 و SE8) می‌تواند روش بهتری برای جلوگیری از تحلیل قدرت عضلانی بالاتنه و پایین‌تنه کشتی‌گیران باشد.

واژه‌های کلیدی: تمرین موازی، نسبت تستوسترون به کورتیزول، قدرت عضلانی، کشتی، ریکاوری

با اسکن QR فوق می‌توانید جزئیات مقاله حاضر را در سایت www.jahssp.azaruniv.ac.ir/. مشاهده کنید

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزش، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس تهران-تهران ایران.

۲. دانشیار فیزیولوژی ورزش، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس تهران-تهران ایران. (نویسنده مسئول):
halinejad@modares.ac.ir

۳. دانشیار فیزیولوژی ورزش، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس تهران-تهران ایران.

نحوه ارجاع: محمد حسین قهرمانی، حمید آقاعلی نژاد، مهدیه ملا نوری شمسی." تاثیر هشت هفته پروتکل‌های متفاوت تمرین موازی بر قدرت عضلانی و سطوح سرمی تستوسترون و کورتیزول کشتی گیران جوان". مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش. ۱۴۰۱: ۹ (۱)،۱-۱۱.

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

شاپای الکترونیکی: ۲۶۷۶-۶۵۰۷

نوع دسترسی: آزاد

DOI: 10.22049/JAHSSP.2020.26778.1323

DOR: 20.1001.1.26766507.1401.9.1.1.2

Copyright ©The authors

http://dx.doi.org/10.22049/JAHSSP.2020.26778.1323

مقدمه

سازگاری به ورزش به میزان بالایی به نوع و ماهیت تمرین بستگی دارد. تمرین استقامتی نوعی فعالیت بدنی است در دوره‌های زمانی از چند دقیقه تا چندین ساعت با شدت‌های مختلف اجرا می‌شود. این نوع تمرین باعث افزایش ظرفیت و تحمل حجم تمرینی بالا و مقاومت کم (مانند دوچرخه سواری، شنا و دویدن) می‌شود. افزایش توانایی اجرای تمرین استقامتی، بیشتر با بالا رفتن حداکثر اکسیژن مصرفی و افزایش توانایی عضله اسکلتی در تولید انرژی از راه متابولیسم اکسایشی میسر می‌شود (۱). تمرین مقاومتی نوع دیگری از فعالیت بدنی است که شامل فعالیت‌های کوتاه مدت در شدت‌های بالا می‌باشد و به بهبود اجرا در تمرینات با شدت و مقاومت بالا در تکرارهای نسبتا کم (مانند وزنه برداری پاورلیفتینگ و...) منجر می‌شود. بهبود عملکرد قدرتی، از طریق هماهنگی عصبی–عضلانی، افزایش فراخوانی تارها و هایپرتروفی عضلانی به دست می‌آید (۲).

اجرای تمرین مقاومتی و استقامتی در یک بازه زمانی، تمرین موازی[۱] نامیده می‌شود که روشی محبوب برای توسعه جنبه‌های مختلف توانایی‌های فیزیولوژیکی در بیشتر فعالیت‌های ورزشی است (۳). ورزشکاران تمرین موازی (استقامتی–مقاومتی) را به منظور بهره‌مندی از مزیت‌های هر دو روش تمرینی انجام می‌دهند (۴). تمرین موازی می‌تواند نسبت به اجرای هر کدام از تمرینات به تنهایی، اثرگذاری بهتری بر سلامت عمومی که شامل عوامل هشدار دهنده قلبی–عروقی، اسکلتی–عضلانی و عملکرد ورزشکاران، داشته باشد(۵). ترکیب تمرینات استقامتی و مقاومتی به صورت ویژه چالش برانگیز است، زیرا پژوهش‌های مختلف نشان داده‌اند زمانی که تمرین استقامتی به تمرینات مقاومتی افزوده می‌شود این احتمال وجود دارد که در فرایند افزایش حجم، قدرت و توان عضلانی اختلال ایجاد کند (۶و ۷). هیکسون و همکاران (۱۹۸۰) [۲] برای اولین بار به مهار توسعه قدرت به دلیل اجرای تمرین هوازی پیش از تمرین قدرتی اشاره کردند (۸). در مجموع مطالعات نشان داده‌اند در صورتی که تمرین هوازی در کنار تمرین مقاومتی انجام شود، می‌تواند تاثیر منفی بر عملکرد قدرتی داشته باشد. دلیل این اثر منفی به صورت کامل مشخص نشده است، اما این احتمال وجود دارد که ناشی از عواملی مانند خستگی حاد، مزمن و همچنین کاهش پاسخ‌های آنابولیک باشد (۹). برای مثال، می‌توان به کاهش فعالیت عصبی، تجمع سوبستراهای متابولیکی مانند فسفات آزاد، یون هیدروژن، تخلیه ATP، کراتین فسفات و گلیکوژن عضلانی اشاره کرد (۱۰). از طرفی تداخل در سازگاری‌های بلند مدت تمرین موازی می‌تواند به دلیل مهار مسیر mTOR [۳] از راه افزایش فعالیت آنزیم AMPK [۴]باشد (۳). در مقابل تمرین موازی تاثیر منفی بر سازگاری‌های استقامتی نداشته است (۱۱). همچنین گزارش شده است که افزودن تمرین مقاومتی به مدت ۴۰ هفته به برنامه تمرین دونده‌های استقامتی، باعث بهبود اقتصاد دویدن و vVo2max شد(۱۲). این مسئله که سازگاری‌های عضلانی (به‌ویژه قدرت، توان و هایپرتروفی) در تمرین موازی تحت تاثیر قرار می‌گیرند، بسیار مهم است. چرا که قدرت حداکثری عضله، عاملی مهم و حیاتی برای عملکرد ورزشی و کارهای روزانه است (۱۲). بنابراین بهینه سازی سازگاری‌های قدرت در برنامه-های تمرین هوازی به عنوان هدفی مهم برای پژوهش‌های ورزشی باقی مانده است (۱۳). پیشنهاد شده است که عوامل متعددی مانند: ماهیت تمرین، شدت تمرین، گروه عضلانی درگیر(مانند بالاتنه و پایین تنه) و ویژگی‌های آزمودنی‌ها (سن و سابقه تمرین) درکنار تفاوت‌های بین فردی ممکن است بر خروجی همزمان تمرین قدرتی و استقامتی تاثیر گذار باشد (۱۴).

اجرای فاصله‌دار تمرین قدرتی با هوازی نسبت به اجرای بدون فاصله آنها عملکرد قدرتی را کمتر تحت تاثیر قرار می‌دهد (۱۵) به نظر می‌رسد خستگی باقی مانده ناشی از تمرین استقامتی، باعث اختلال در توانایی عضله درگیر، برای ایجاد تنش عضلانی مناسب در تمرین قدرتی می‌شود (۱۶). با وجود این تاثیر کوتاه مدت، اگر عملکرد قدرتی به صورت مرتب تحت تاثیر تمرین استقامتی پیشین قرار بگیرد، این احتمال وجود دارد که میزان کسب قدرت نسبت به اجرای جلسات تمرین مقاومتی به تنهایی کمتر شود (۳و ۱۷). از سوی دیگر زمانی که فاصله تمرین هوازی با تمرین قدرتی کمتر باشد عملکرد قدرتی کاهش بیشتری دارد. همچنین افت در عملکرد قدرتی در فواصل استراحتی بیشتر (دو، چهار، شش و هشت ساعت) نیز دیده شده است (۱۵). در واقع مطالعاتی که در بازه زمانی کمتر از هشت ساعت پس از تمرین استقامتی، عملکرد قدرتی را بررسی کرده‌اند با کاهش کوتاه مدت در عملکرد قدرتی روبه رو شده‌اند. تمرینات اینتروال شدید و تمرینات تداومی زیر بیشینه حداقل در طول هشت ساعت پس از تمرین می‌تواند اثر منفی بر تعداد تکرارهای تمرین قدرتی داشته باشد (۱۸). از طرفی زمانی که قایقرانان شش تا هشت ساعت پس از تمرین هوازی استراحت می‌کنند، بازیابی بهتری را در قدرت عضلانی در مقایسه با فواصل استراحتی کمتر تجربه می‌کنند. این مسئله می‌تواند به دلیل زمان کافی عضله برای بازجذب دوباره ذخایر گلیکوژنی باشد. به طور کلی بر اساس پژوهش‌های تازه عملکرد در تمرین قدرتی حداقل شش تا هشت ساعت پس از تمرین هوازی تحت تاثیر قرار می‌گیرد (۱۹, ۲۰).

هورمون های آنابولیک و کاتابولیک ممکن است در این نوع تمرینات نقش اساسی را ایفا کنند. تمرین قدرتی با شدت بالا به هایپرتروفی سلول‌های عضلانی منجر می‌شود، که به واسطه افزایش سنتز پروتئین و رشد پروتئین‌های انقباضی صورت می‌گیرد. در مقابل تمرینی که ماهیت هوازی دارد با تخریب پروتئین‌های میوفیبریلی باعث بهتر شدن دریافت اکسیژن از راه بالارفتن چگالی مویرگی می‌شود (۲۱–۲۳).

۱ Concurrent training

۲ Hichson (1980)

۳ mammalian target of rapamycin (mTOR)

۴ AMP-activated protein kinase

Copyright ©The authors
Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

تستوسترون یکی از مهم‌ترین هورمون‌های آنابولیک برای هایپرتروفی عضلانی است، که معمولا به صورت کوتاه مدت در پاسخ به تمرین مقاومتی و استقامتی افزایش می‌یابد. بل و همکاران [۵](۱۹۹۵) نشان دادند که تمرین موازی ممکن است فرایند هایپرتروفی را متوقف کند (۲۵, ۲۴). که تغییرات هورمونی می‌تواند بخشی از مشکل دیده شده در تمرین موازی باشد (۲۶, ۲۷). مکانیسم اصلی این پدیده ممکن است به خاطر تغییر در وضعیت آنابولیکی-کاتابولیکی هورمون‌های گردشی خون باشد (۲۸). به نظر وضعیت کاتابولیک می‌تواند به کاهش تولید نیرو منجر شود. این کاهش نیرو به‌وسیله از دست دادن پروتئین‌ها و انتقال دهنده‌های عصبی رخ می‌دهد(۲۹). پژوهشگران زیادی از نسبت کورتیزول به تستوسترون (T/C) به عنوان شاخصی برای تعادل آنابولیک-کاتابولیک استفاده کرده‌اند (۳۰). سطوح بالای تستوسترون با عملکرد قدرتی و توانی رابطه دارد، در حالی که سطوح پایین تستوسترون و بالای کورتیزول با بیش تمرینی و کاهش عمکرد ورزشی در ارتباط است (۲۹). به گزارش کرودر و همکاران(۲۰۰۹) کورتیزول و تستوسترون بزاقی در بازیکنان راگبی با سرعت، توان و قدرت آنها رابطه دارد (۳۱).

کشتی جزو رشته‌های ورزشی با شدت بالا است که برای اجرای فنون نیاز به سطوح قابل قبولی از قدرت عضلانی بالاتنه و پایین تنه دارد (۳۲). از طرفی تمرین موازی یکی از روش‌های پرکاربرد برای توسعه فاکتورهای آمادگی جسمانی کشتی گیران به حساب می‌آید. مطالعات کمی در کنار تمرینات تخصصی ورزشکاران به بررسی تاثیر تمرین موازی پرداخته‌اند. در اندک پژوهش‌های پیشین نیز اشاره شده است که اجرای تمرین موازی با فاصله ۲۴ ساعت نسبت به انجام تمرین موازی در یک روز، می‌تواند روشی مناسب‌تری برای مقابله با پدیده تداخل باشد (۳۳و ۳۴). اما با توجه به اینکه انجام دو جلسه تمرینی با ماهیت‌های متفاوت در یک روز (یا حتی یک جلسه) به دفعات در برنامه ریزی سالیانه کشتی گیران اتفاق می‌افتد، یافتن ترتیب و فاصله زمانی مناسب برای بهینه‌سازی سازگاری‌های فیزیولوژیک، کاهش اثر تداخل، کاهش هزینه‌ها و جلوگیری از بیش تمرینی دارای اهمیت است. بنابراین هدف پژوهش حاضر بررسی تاثیر پروتکل‌های متفاوت تمرین موازی بر قدرت عضلانی و سطوح تستوسترون و کورتیزول کشتی گیران جوان می‌باشد.

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع پژوهش‌های نیمه تجربی-کاربردی است که با طرح پیش آزمون و پس آزمون در پنج گروه اجرا شد. آزمودنی‌ها ۴۱ کشتی گیر مرد با میانگین سن ۲/۲±۲۱/۱سال، .قد ۵/۱±۱۷۵/۳ سانتی‌متر و توده بدن ۵/۱۰±۷۲/۲ کیلوگرم بودند، که به روش نمونه گیری در دسترس برگزیده و براساس خروجی پرسشنامه تکمیل شده برای آمادگی شرکت در فعالیت‌های ورزشی به طور تصادفی در پنج گروه قرار گرفتند:

- گروه اول: تمرین موازی استقامتی-قدرتی با فاصله ریکاوری ۸ ساعت (ES8) : هشت کشتی گیر. آزمودنی‌ها به دنبال اجرای تمرین استقامتی پس از هشت ساعت ریکاوری تمرین قدرتی را اجرا کردند.
- گروه دوم: تمرین موازی قدرتی-استقامتی با فاصله ریکاوری ۸ ساعت (SE8) : ده کشتی گیر. آزمودنی‌ها به دنبال اجرای تمرین قدرتی پس از هشت ساعت ریکاوری تمرین استقامتی را اجرا کردند.
- گروه سوم: تمرین موازی قدرتی-استقامتی بدون ریکاوری (SE0): هشت کشتی گیر. آزمودنی‌ها به دنبال اجرای تمرین قدرتی بدون ریکاوری تمرین استقامتی را اجرا کردند
- گروه چهارم: تمرین موازی استقامتی-قدرتی بدون ریکاوری (ES0): هشت کشتی گیر. آزمودنی‌ها به دنبال اجرای تمرین استقامتی بدون ریکاوری تمرین قدرتی را اجرا کردند.
- گروه پنجم: گروه کنترل(CON): ده کشتی گیر. در این گروه آزمودنی‌ها تمرینات سنتی خود را ادامه دادند.

برخی از ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها در جدول شماره ۱ خلاصه شده است. دو نفر از شرکت کنندگان گروه دوم و یک نفر از گروه پنجم در طول دوره تمرینی به دلایل بی‌میلی و مصدومیت از طرح پژوهش خارج شدند. از تمام آزمودنی‌ها رضایت‌نامه‌ی کتبی دریافت شد. قد آزمودنی‌ها با استفاده از دستگاه قدسنج آزمایشگاهی مدل SECA 760 وزن با استفاده از ترازوی پزشکی مدل SECA 206 اندازه گیری شد. برای تعیین شدت تمرینات هوازی از درصدی از سرعت انتهایی آزمون-IFT 15 30استفاده شد[۳۵]. در صورتی که افراد حداکثر تا دو جلسه متوالی یا سه جلسه غیر متوالی در تمرینات شرکت نمی‌کردند، حذف می شدند. ملاک انتخاب آزمودنی ها سن ۱۸ تا ۲۵ سال، داشتن حداقل سه سال سابقه تمرین در کشتی، داشتن حداقل یک سال سابقه تمرینات مقاومتی، عدم وجود هرگونه بیماری یا اختلال جسمی، عدم استفاده از داروها یا مکمل های ورزشی در سه ماه پیش از مداخله، استفاده از رژیم غذایی یکسان استاندارد شده دو روز پیش از خونگیری در پیش آزمون و پس آزمون، داشتن رضایت کامل برای حضور در تمرین بود.

آزمودنی‌ها پس از ۱۰ دقیقه گرم کردن و حرکات کششی پویا چند تکرار از حرکت را به صورت زیر بیشینه انجام دادند. به منظور تعیین حداکثر قدرت ورزشکار اجازه چهار تلاش داده شد که فاصله استراحت بین تلاش‌ها ۳ تا ۵ دقیقه بود. انتخاب اولیه وزنه بر اساس تخمین درصدی از حداکثر قدرت ورزشکار صورت گرفت (حدود ۵۰ تا ۷۰ درصد). شدت به صورت پیشرونده از ۲/۵ تا ۲۰ کیلوگرم، تا زمان قادر نبودن به تکمیل حرکت، ادامه یافت. ورزشکار باید تمامی تکرارها را با سرعت و دامنه یکسان اجرا می‌کرد. وزنه نهایی جابه جا شده موفق ورزشکار به عنوان حداکثر قدرت برای آن حرکت یا 1-RM ثبت شد (۳۷).

۵ Bell at all

Copyright ©The authors

آزمون IFT 30-15 دارای دویدن‌های رفت و برگشت ۳۰ ثانیه‌ای است که با فواصل ۱۵ ثانیه‌ای ریکاوری غیر فعال جدا می‌شود. سرعت ابتدایی آزمون هشت کیلومتر بر ساعت است که بعد از هر ۴۵ ثانیه، ۰/۵کیلومتر بر ساعت به سرعت آن اضافه می‌شود. شرکت کنندگان باید به صورت رفت و برگشت بین دو خطی که در فاصله ۴۰ متری از یکدیگر قرار دارند و با سرعتی مطابق با دستور صوتی بدوند. این دستور صوتی به افراد کمک می‌کند تا سرعت خود را به گونه‌ای تنظیم کنند که به هنگام به صدا درآمدن بوق در فاصله سه متری خط‌های ۲۰ متری قرار داشته باشند.

در زمان ریکاوری ۱۵ ثانیه‌ای آزمودنی‌ها به سمت جلو می‌روند تا به نزدیکترین خط مقابل برسند(در وسط یا انتهای محدوده دویدن بسته به آنکه توقف قبلی کجا بوده است) و از آن نقطه مرحله بعدی دویدن شروع می‌شود. به افرد آموزش داده شد که تا آخرین ظرفیت و توان خود ادامه دهند. آزمون زمانی پایان می‌یابد که افراد نتوانند سرعت دویدن را حفظ کنند و یا زمانی که افراد سه بار پشت سر هم قادر به رسیدن به منطقه سه متری واقع در محدوده هر خط، مطابق با هشدار صوتی نباشند. سرعت آخرین مرحله‌ای که به طور کامل اجرا شده است به عنوان سرعت بیشینه دویدن (IFT 30-15 MRS) ثبت می‌شود، که در این آزمون V_{IFT} نامیده می‌شود (۳۵).

نمونه‌های خون سیاهرگی برای اندازه گیری سطوح سرمی تستوسترون و کورتیزول استراحتی به میزان ۵ میلی لیتر بین ساعت ۸ تا ۹ صبح بعد از هشت ساعت خواب، ۱۲ الی ۱۴ ساعت ناشتایی و دو روز استراحت پس از آخرین جلسه تمرینی جمع آوری شد. ساعت خونگیری در پژوهش حاضر به منظور کنترل ریتم شبانه روزی بین ۸ الی ۹ صبح در نظر گرفته شد. آزمودنی‌ها پیش از خونگیری آزمودنی ها ۱۵ دقیقه در حالت نشسته و خمیده قرار گرفتند(۳۱). اندازه‌گیری سطوح تستوسترون و کورتیزول به روش الایزا انجام شد.

روش‌های آماری: برای تعیین طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو ویلک و برای مقایسه بین گروهی از آنالیز واریانس یک طرفه و آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. اندازه‌های اثر (اتا-دو) ۰/۰۱ کوچک، ۰/۰۲ متوسط و ۰/۱۲ بزرگ، در نظر گرفته شد. برای مقایسه اندازه تغییرات در پیش آزمون با پس آزمون در هر گروه، آزمون t همبسته مورد استفاده قرار گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم افزار SPSS-22 انجام شد و سطح معناداری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

جدول ۱- میانگین و انحراف معیار ویژگی های پیکرسنجی

متغیرها	ES8	SE8	SE	ES	CON
تعداد	۸	۸	۸	۸	۹
سن (سال)	۲۰/۶±۲/۲	۲۱/۵±۲/۶۲	۲۱/۲±۲/۲	۲۰/۹±۱/۸	۲۱/۲±۲/۵
قد (سانتی متر)	۱۷۳/۰±۴/۴	۱۷۵/۷±۳/۳	۱۷۶/۷±۴/۶	۱۷۵/۷±۶/۰	۱۷۵/۳±۷/۰
وزن (کیلوگرم)	۷۳/۰±۴/۴	۷/۷۵±۶/۷	۷۸/۸±۱۲/۳	۸۱/۹±۱۴/۹	۷۶/۵±۱۱/۶
شاخص توده بدنی (کیلوگرم/مترمربع)	۲۴/۴±۱/۹	۲۴/۵±۲/۳	۲۵/۰±۲/۷	۲۶/۵±۴/۸	۲۴/۸±۲/۷
حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی لیتر/کیلوگرم. دقیقه)	۴۹/۲±۲/۱	۵۲/۶±۱/۱	۵۵/۶±۱/۱۳	۵۲/۲±۴/۱	۴۸/۳±۲/۱

جدول۲- برنامه تمرین قدرتی

	هفته اول	هفته دوم	هفته سوم	هفته چهارم	هفته پنجم	هفته ششم	هفته هفتم	هفته هشتم
% 1RM	٪۸۵		٪۸۵		٪۹۰		٪۹۰	
اسکات	*۳x(۸-۶)	*۳x(۸-۶)	*۳x(۸-۶)	۱x(۸-۶)	۳x(۴-۶)	۳x(۴-۶)	۳x(۴-۶)	۱x(۴-۶)
پرس سینه	*۳x(۸-۶)	*۳x(۸-۶)	*۳x(۸-۶)	۱x(۸-۶)	۳x(۴-۶)	۳x(۴-۶)	۳x(۴-۶)	۱x(۴-۶)
لیفت مرده	*۳x(۸-۶)	*۳x(۸-۶)	*۳x(۸-۶)	۱x(۸-۶)	۳x(۴-۶)	۳x(۴-۶)	۳x(۴-۶)	۱x(۴-۶)
قایقی	*۳x(۸-۶)	*۳x(۸-۶)	*۳x(۸-۶)	۱x(۸-۶)	۳x(۴-۶)	۳x(۴-۶)	۳x(۴-۶)	۱x(۴-۶)
پرس سرشانه	*۳x(۸-۶)	*۳x(۸-۶)	*۳x(۸-۶)	۱x(۸-۶)	۳x(۴-۶)	۳x(۴-۶)	۳x(۴-۶)	۱x(۴-۶)
استراحت	۱۲۰-۱۵۰ ثانیه	۱۲۰-۱۵۰ ثانیه	۱۲۰-۱۵۰ ثانیه	۱۲۰-۱۵۰ ثانیه	۱۲۰-۱۵۰ ثانیه	۱۲۰-۱۵۰ ثانیه	۱۲۰-۱۵۰ ثانیه	۱۲۰-۱۵۰ ثانیه

#اعداد سمت چپ تعداد ست‌ها و اعداد داخل پرانتز تعداد تکرارها است.

یافته‌ها

بر اساس آزمون شاپیرو–ویلک داده‌ها از توزیع نرمال برخوردار بودند. در پژوهش حاضر در مقادیر پیش‌آزمون متغیرها تفاوت معناداری دیده نشد (P>0/05) که نشان دهنـده توزیع تصادفی آنها در پنج گـروه

Copyright ©The authors

است. میانگین و انحراف استاندارد تغییرات قدرت نسبی و سطوح سرمی تستوسترون و کورتیزول در جدول ۴ و ۵ ارائه شده است.

بررسی داده‌ها نشان داد که اثر تمرین در قدرت پایین تنه (p=0/03 EF=0/75 ,) بزرگ و معنادار بود. بین گروه SE8 با گروه‌های SE0، ES0 و CON (به ترتیب P=0/004 EF=0/59, P=0/004 EF=0/52 , P=0/040 EF=0/65) تفاوت معناداری دیده شد.

قدرت بالاتنه در گروه‌های ES8، SE8 وSE0 (به ترتیب p=0/018،p=0/020 ، p=0/040) و قدرت پایین در دو گروه ES8 و SE8 (به ترتیب p=0/033، p=0/001) افزایش قابل داشت. کورتیزول استراحتی در گروه دوم (p=0/0025) کاهش معنی‌دار نشان داد. استراحتی در گروه دوم (p=0/0025) کاهش معنی دار نشان داد.

جدول ۳- برنامه تمرین استقامتی

	هفته اول	هفته دوم	هفته سوم	هفته چهارم	هفته پنجم	هفته ششم	هفته هفتم	هفته هشتم
%vIFT	٪۷۰	٪۷۰	٪۷۰	٪۸۰	٪۸۰	٪۸۰	٪۸۰	٪۸۵
مدت زمان فعالیت	۲۵-۳۰	۲۵-۳۰	۲۵-۳۰	۱۰-۱۵	۲۵-۳۰	۲۵-۳۰	۲۵-۳۰	۱۰-۱۵

جدول٤-تغییرات سطوح سرمی تستوسترون و کورتیزل گروه‌های پژوهش در پیش آزمون و پس آزمون

متغیر	گروه	پیش از تمرین	پس از تمرین	درصد تغییرات(٪)
تستوسترون (Nmol/L)	ES8	۱۶/۱۵±۲/۶۳	۱۵/۶۲±۱/۴۷	-۳/۲۷
	SE8	۱۵/۸۶±۲/۳۴	۱۶/۴۵±۱/۵۳	۳/۷۷
	SE8	۱۵/۲۸±۲/۲۰	۱۶/۵۱±۱/۵۷	۸/۰۴
	ES8	۱۵/۱۸±۲/۶۹	۱۶/۰۱±۱/۲۷	۵/۴۷
	CON	۱۶/۳۳±۳/۰۵	۱۶/۹۹±۲/۱۳	۴/۰۶
کورتیزول (Nmol/L)	ES8	۳۴۴/۰۰±۳۹/۴۰	۳۳۶/۵۰±۳۸/۴۳	-۲/۱۸
	SE8	۳۶۳/۳۸±۲۶/۲۶	۳۳۵/۱۲±۲۶/۳۰	-۷/۷۷
	SE8	۳۴۸/۷۵±۲۴/۷۵	۳۳۵/۰۰±۳۲/۲۲	-۳/۹۴
	ES8	۳۳۷/۰۰±۳۹/۲۶	۳۳۵/۱۲±۲۹/۵۱	۵/۳۸
	CON	۳۶۲/۱۳±۳۹/۳۷	۳۶۵/۲۵±۳۴/۹۹	-۱/۶۲
نسبت تستوسترون به کورتیزول	ES8	۰/۰۴۸±۰/۰۱۱	۰/۰۴۷±۰/۰۰۶	-۱/۹۷
	SE8	۰/۰۴۴±۰/۰۰۹	۰/۰۴۶±۰/۰۰۶	۱۲/۳۳
	SE8	۰/۰۴۴±۰/۰۰۸	۰/۰۵۰±۰/۰۰۸	۰/۱۵
	ES8	۰/۰۴۶±۰/۰۱۱	۰/۰۴۵±۰/۰۰۵	-۰/۹۸
	CON	۰/۰۴۶±۰/۰۱۰	۰/۰۴۸±۰/۰۰۸	۵/۳۴

*: تفاوت معنی دار، P<0/05.

بحث

در این تحقیق قدرت بالاتنه در گروه‌های ES8، SE8 و SE0 افزایش قابل توجهی داشت. قدرت پایین تنه تنها در دو گروه SE8وES8 افزایش معناداری داشت. پژوهش حاضر نشان داد ترتیب و فواصل اجرای تمرین قدرتی-هوازی می‌تواند بر قدرت پایین تنه تاثیر گذار باشد. قدرت نسبی پایین تنه تنها در دو گروه ES8و SE8 افزایش معناداری داشت و همچنین گروه ES8 افزایش معناداری نسبت به سه گروه SE0، ES0 و CON نشان داد. بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر دو روش تمرین موازی با فاصله هشت ساعت، راهکار مناسب-تری برای مقابله با پدیده تداخل است. این یافته می‌تواند احتمالا به دلیل کاهش فعالیت و بازگشت AMPK به سطوح پیش از تمرین باشد، در غیر این صورت ممکن است در مسیر سیگنالینگ mTORمداخله ایجاد کند. مسیر mTOR نقش اساسی را در سازگاری‌های قدرتی دارد، افزایش فسفوریلاسیون mTOR به عنوان کنترل کننده رشد و تکثیر سلول عضلانی می‌تواند باعث افزایش سنتز پروتئین شود که در بهبود قدرت و هایپرتروفی عضلانی موثر است(۲). بر خلاف نتایج پژوهش حاضر متاآنالیز ادن و همکاران(۲۰۱۸) نشان داد اجرای تمرین قدرتی پیش از تمرین هوازی در یک جلسه در روند افزایش قدرت تداخل ایجاد نمی‌کند (۳۶). اما با نگاه دقیق‌تر به

Copyright ©The authors

http://dx.doi.org/10.22049/JAHSSP.2020.26778.1323

پژوهش‌های این مطالعه می‌توان دید که از تعداد ده پژوهش فقط یک مورد روی افراد تمرین کرده انجام شده است. این در حالی است که در تمرین موازی افراد تمرین نکرده سازگاری‌های بیشتری را از هر دو نوع تمرین قدرتی و هوازی کسب می‌کنند (۳۷). با افزایش طول دوره تمرین و سطح آمادگی جسمانی ورزشکاران میزان تداخل سازگاری‌ها بیشتر می‌شود (۳۸). برخلاف مطالعه حاضر، پتره و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند افراد با سطح آمادگی بالا می‌توانند قدرت عضلانی پایین تنه را در تمرین موازی بدون ریکاوری، بالا ببرند. در آن مطالعه هر دو نوع تمرینات هوازی با حجم بالا و تمرین اینتروال شدید اجرا شده بود (۳۹). با توجه به پیشینه موجود دویدن نسبت به رکاب زدن تاثیر منفی بیشتری بر قدرت و حجم عضلانی پایین تنه می‌گذارد (۱۱) که می‌تواند ناشی از دو دلیل باشد، اول اینکه تمرین با چرخ کارسنج در بیشتر ویژگی‌های بیومکانیکی شبیه تمرین مقاومتی چند مفصله است (۴۰, ۴۱) و دوم اینکه در نوع انقباض‌های این دو شیوه تمرین تفاوت وجود دارد. بر خلاف دویدن، رکاب زدن تقریبا فقط شامل انقباضات کانسنتریک است. این تفاوت در الگوی انقباض می‌تواند باعث ریز آسیب‌های بیشتر در دویدن و در نتیجه کاهش سازگاری‌های مقاومتی شود (۱۱). از آنجا که هدف از این پژوهش بررسی قدرت بالاتنه و پایین تنه بود، اما به نظر می‌رسد با بررسی توان و استقامت عضلانی، به نتایج بهتر و تاثیرگذارتری دست پیدا کرد، چرا که این دو عامل می‌تواند از عوامل مهمی در موفقیت کشتی‌گیران شود.

تفاوت معناداری در قدرت بالاتنه بین گروه‌های تمرینی دیده نشد، اما تمامی گروه‌ها به جز CON و ES0 افزایش قابل توجهی نسبت به مقادیر پیش از تمرین داشتند. بر خلاف نتایج پژوهش حاضر، اختلال در سازگاری‌های تمرین مقاومتی بیشتر در عضلات فعال در تمرین هوازی گزارش شده و تاثیر کمتری بر عضلات دیگر از جمله بالا تنه دیده شده است. از سوی دیگر اجرای تمرین هوازی پیش از تمرین قدرتی باعث کاهش تعداد تکرار در سه حرکت ابتدایی تمرین قدرتی بالاتنه و پایین تنه می‌شود. این یافته‌ها نشان می‌دهد اجرای تمرین هوازی باعث افزایش سطح خستگی می‌شود و بر عملکرد ورزشکار در تمرین مقاومتی (بالاتنه و پایین تنه) بعدی تاثیر می‌گذارد (۴۲).

به دلیل میزان تداخل طولانی شدن دوره‌های تمرین موازی در قدرت از محدودیت‌های مطالعه می‌توان به کوتاه بودن دوره تمرینی این تحقیق اشاره نمود(۴۴).

یافته‌های پژوهش حاضر تفاوتی در سطوح سرمی استراحتی تستوسترون، کورتیزول و نسبت تستوسترون به کورتیزول در بین گروه‌ها نشان نداد و تنها گروه SE8 کاهش معناداری را در کورتیزول استراحتی داشت. سطوح سرمی کورتیزول استراحتی پس از یک دوره طولانی تمرین مقاومتی در صبح کاهش می‌یابد، این در حالی است که تمرین در بعد از ظهر تاثیری بر سطوح سرمی کورتیزول استراحتی ندارد. به احتمال زیاد این کاهش ناشی از استرس روانی پیش بینی شده ورزشکار و نه به دلیل سازگاری در قشر آدرنال ناشی از تمرین می‌باشد (۴۳, ۴۴). کوسما و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای به مدت ۲۴ هفته تاثیر تمرین موازی را بر ریتم شبانه روزی تستوسترون و کورتیزول مورد بررسی قراردادند. در پایان تفاوت معناداری در سطوح سرمی تستوسترون و کورتیزول شبانه روزی ورزشکاران در میان دوره و پایان دوره گزارش نشد، اگر چه سطوح سرمی پایه تستوسترون و کورتیزول افزایش پیدا کرد (۴۵)، به نظر می‌رسد این تغییرات ناشی از ترتیب یا زمان تمرینات نبوده و بلکه به تغییرات فصلی تستوسترون و کورتیزول مربوط می‌باشد (۴۶, ۴۷).

نتیجه‌گیری

ترتیب و فاصله بین تمرین استقامتی و قدرتی بر قدرت بالاتنه و پایین-تنه کشتی‌گیران جوان تاثیرگذار است. تمرین موازی با فاصله هشت ساعت در کنار تمرینات تخصصی و تکنیکی کشتی‌گیران می‌تواند روش مناسبی برای افزایش قدرت بالاتنه و پایین تنه آنها باشد.

تشکر و قدردانی

از تمامی آزمودنی‌ها و افرادی که یاری رسان این تحقیق بودند، نهایت تشکر و قدردانی را به عمل می‌آوریم.

تضاد منافع

نویسندگان این مقاله، هیچگونه تضاد منافعی با انتشار این مقاله ندارند.

References

1. Hughes, D.C., S. Ellefsen, and K. Baar, Adaptations to endurance and strength training. Cold Spring Harbor perspectives in medicine, 2017: p. a029769.
2. Nader, G.A., Concurrent strength and endurance training: from molecules to man. Medicine and science in sports and exercise, 2006. 38(11): p. 1965.
3. Wong, P.-l., et al., Effect of preseason concurrent muscular strength and high-intensity interval training in professional soccer players. The Journal of Strength & Conditioning Research, 2010. 24(3.
4. Bell, G., et al., Effect of strength training and concurrent strength and endurance training on strength, testosterone, and cortisol. The Journal of Strength & Conditioning Research, 1997. 11(1): p. 57-64.
5. Sheikholeslami-Vatani, D., et al ,.The effect of concurrent training order on hormonal responses and body composition in obese men. Science & Sports, 2015. 30(6): p. 335-341. [In Persian]
6. Fyfe, J.J., et al., Endurance training intensity does not mediate interference to maximal lower-body strength gain during short-term concurrent training. Frontiers in physiology, 2016. 7: p. 487.
7. Häkkinen, K., et al., Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance

Copyright ©The authors

training versus strength training. European journal of applied physiology, 2 :(۱) .p. 42-52.

8. Babazadeh, B., Zarneshan. Effects of morning exercise training in fasted vs carbohydrate intake on serum levels of cortisol, testosterone and some cardiovascular risk factors. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*, 2021; 8(2): 10-17. [In Persian]
9. Coffey, V.G. and J.A. Hawley, Concurrent exercise training: do opposites distract? The Journal of physiology, 2017. 595(9): p. 2883-2896.
10. Leveritt, M., et al., Concurrent strength and endurance training. Sports medicine, 1999. 28(6): p. 413-427.
11. Wilson, J.M., et al., Concurrent training: a meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises. The Journal of Strength & Conditioning Research, 2012. 26(8): p. 2293-2307.
12. Beattie, K., et al., The effect of strength training on performance indicators in distance runners. The Journal of Strength & Conditioning Research, 2017. 31(1): p. 9-23.
13. Murlasits, Z., Z. Kneffel, and L. Thalib, The physiological effects of concurrent strength and endurance training sequence: A systematic review and meta-analysis .Journal of sports sciences, 2018. 36(11): p. 1212-1219.
14. Fyfe, J.J., D.J. Bishop, and N.K. Stepto, Interference between concurrent resistance and endurance exercise: molecular bases and the role of individual training variables. Sports medicine, 2014 p. 743-762.
15. Bentley, D.J., et al., Muscle activation of the knee extensors following high intensity endurance exercise in cyclists. European journal of applied physiology, 2000. 81(4): p. 297-302.
16. Craig, B.W., et al., The effects of running, weightlifting and a combination of both on growth hormone release. The Journal of Strength & Conditioning Research, 1991. 5(4): p. 198-203.
17. García-Pallarés, J., et al., Endurance and neuromuscular changes in world-class level kayakers during a periodized training cycle. European journal of applied physiology, 2009. 106(4): p. 629-638.
18. Sporer, B.C. and H.A. Wenger, Effects of aerobic exercise on strength performance following various periods of recovery. The Journal of Strength & Conditioning Research, 2003. 17(4): p. 638-644.
19. Reed, J.P., B.K. Schilling, and Z. Murlasits, Acute neuromuscular and metabolic responses to concurrent endurance and resistance exercise. The Journal of Strength & Conditioning Research, 2013. 27(3): p. 793-801.
20. Jones, T.W. and G. Howatson, Immediate Effects of Endurance Exercise on Subsequent Strength Performance, in Concurrent Aerobic and Strength Training. 2019, Springer. p. 139-154.
21. HÄkkinen, K., et al., Serum hormones during prolonged training of neuromuscular performance. European journal of applied physiology and occupational physiology, 1985. 53(4): p. 287-293.
22. Alen, M., et al., Responses of serum androgenic-anabolic and catabolic hormones to prolonged strength training. International Journal of Sports Medicine, 1988. 9(03): p. 229-233.
23. Häkkinen, K., et al., Relationships between training volume, physical performance capacity, and serum hormone concentrations during prolonged training in elite weight lifters. International Journal of Sports Medicine, 1987. 8(S 1): p. S61-S65.
24. Bell, G., et al., Physiological adaptations to concurrent endurance training and low velocity resistance training. International journal of sports medicine, 1991. 12(04): p. 384-390.
25. Bell, G., et al., Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. European journal of applied physiology, 2000. 81(5): p. 418-427.
26. Kraemer, W.J., et al., Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. Journal of applied physiology, 1995. 78(3): p. 976-989.
27. Rosa, C., et al., Order effects of combined strength and endurance training on testosterone, cortisol, growth hormone, and IGF-1 binding protein 3 in concurrently trained men. The Journal of Strength & Conditioning Research, 2015. 29(1): p. 74-79.
28. Passelergue, P.A. and G. Lac, Salivary hormonal responses and performance changes during 15 weeks of mixed aerobic and weight training in elite junior wrestlers. The Journal of Strength & Conditioning Research, 2012. 26(11): p. 3049-3058.
29. Kraemer, W.J., et al., Changes in exercise performance and hormonal concentrations over a big ten soccer season in starters and nonstarters. Journal of Strength and Conditioning Research, 2004. 18(1): p. 121-128.
30. Busso, T., et al., A systems model of training responses and its relationship to hormonal responses in elite weight-lifters. European journal of applied physiology and occupational physiology, p. 48-54.
31. Crewther, B.T., et al., Neuromuscular performance of elite rugby union players and relationships with salivary hormones. The Journal of Strength & Conditioning Research, 2009. 23(7): p. 2046-2053.
32. CALLAN, S.D., et al., Physiological profiles of elite freestyle wrestlers. The Journal of Strength & Conditioning Research, 2000. 14(2): p. 162-169.

Copyright ©The authors

33. Baar, K., Using Molecular Biology to Maximize Concurrent Training. Sports Medicine, 2014. 44(2): p. 117-125.
34. Cantrell, G.S ,.et al., Maximal strength, power, and aerobic endurance adaptations to concurrent strength and sprint interval training. European journal of applied physiology, 2014. 114(4): p. 763-771.
35. Buchheit, M., The 30-15 intermittent fitness test: accuracy for individualizing interval training of young intermittent sport players. The Journal of Strength & Conditioning Research, 2008. 22(2): p. 365-374.
36. Eddens, L., K. van Someren, and G. Howatson, The role of intra-session exercise sequence in the interference effect: a systematic review with meta-analysis. Sports Medicine, 2018. 48(1): p. 177-188.
37. Wilkinson, S.B., et al., Differential effects of resistance and endurance exercise in the fed state on signalling molecule phosphorylation and protein synthesis in human muscle. The journal of physiology, 2008. 586(15): p. 3701-3717.
38. Coffey, V.G., et al., Early signaling responses to divergent exercise stimuli in skeletal muscle from well-trained humans. The FASEB journal, 2006. 20(1): p. 190-192.
39. Petré, H., P. Löfving, and N. Psilander, The Effect of Two Different Concurrent Training Programs on Strength and Power Gains in Highly-Trained Individuals. Journal of sports science & medicine, 2018. 17(2): p. 167.
40. Escamilla, R.F., Knee biomechanics of the dynamic squat exercise. Medicine & Science in Sports & Exercise, 2001. 33(1): p. 127-141.
41. Gregor, R.J., J.P. BROKER, and M.M. RYAN, 4 The Biomechanics of Cycling. Exercise and sport sciences reviews, 1991. 19(1): p. 127-170.
42. Ratamess, N.A., et al., Acute resistance exercise performance is negatively impacted by prior aerobic endurance exercise. Journal of strength and conditioning research, 2016. 30(10): p. 2667-2681.
43. Teo, W., M.J. Newton, and M.R. McGuigan, Circadian rhythms in exercise performance: implications for hormonal and muscular adaptation. Journal of sports science & medicine, 2011. 10(4): p. 600.
44. Sedliak, M., et al., Effect of time-of-day-specific strength training on serum hormone concentrations and isometric strength in men. Chronobiology international, 2007. 24(6): p. 1159-1177.
45. Küüsmaa, M., et al., Effects of morning versus evening combined strength and endurance training on physical performance, muscle hypertrophy, and serum hormone concentrations. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism, 2016. 41(12): p. 1285-1294.
46. Andersson, A.-M., et al., Variation in levels of serum inhibin B, testosterone, estradiol, luteinizing hormone, follicle-stimulating hormone, and sex hormone-binding globulin in monthly samples from healthy men during a 17-month period: possible effects of seasons. The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 2003. 88(2): p. 932-937.
47. Persson, R., et al., Seasonal variation in human salivary cortisol concentration. Chronobiology international, 2008. 25(6): p. 923-937.

Copyright ©The authors