مقاله پژوهشی

بررسی ارتباط بین تکرار ذخیره و خستگی در مردان تمرین‌کرده

پویا حسنی[1]، فاطمه شب خیز[2]*، فرحناز امیر شقاقی[3]

۱- دانشجوی ارشد، گروه فیزیولوژی ورزشی کاربردی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، ایران

۲- دانشیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، ایران

۳- استادیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، ایران

* نشانی نویسنده مسئول: تهران، دانشگاه تهران، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، گروه فیزیولوژی ورزشی

Email: Shabkhiz@ut.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۲/۲/۱۱ پذیرش: ۱۴۰۲/۴/۱۸

چکیده

مقدمه و هدف: پایش ورزشکاران دارای اهمیت بالایی است چرا که برای مدیریت خستگی و عملکرد ورزشکاران ضروری است. هدف این پژوهش بررسی امکان استفاده از تکرار ذخیره برای پایش و کنترل خستگی هنگام اجرا تمرین مقاومتی می‌باشد.

مواد و روش‌ها: ۱۱ آزمودنی مرد (۱/۱۴۳ ± ۲۲/۸۲ سال) باسابقه تمرینی حداقل یکسال کار با وزنه به‌صورت داوطلبانه در طی دو جلسه آزمون حداکثر یک تکرار بیشینه و حداکثر تکرار تا ناتوانی با فاصله ۷۲ ساعت شرکت کردند. میانگین سرعت اجرای هر تکرار پرس‌سینه تا ناتوانی با سرعت ۲۴۰ فریم بر ثانیه (fps۲۴۰) فیلم‌برداری گردید. همبستگی میان کاهش سرعت و تکرار ذخیره با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون با سطح معناداری (P<۰/۰۵) بررسی شد. همچنین دامنه تغییرات میزان تکرار ذخیره به ازای ۱۰ درصد کاهش سرعت برای بررسی امکان استفاده کاربردی بررسی شد.

یافته‌ها: همبستگی قوی میان کاهش سرعت و تکرار ذخیره وجود داشت (r=۰/۹۷)، دامنه تغییرات تکرار ذخیره به ازای ۱۰ درصد کاهش سرعت برابر ٤ بین اعداد ۷ و ۳ تکرار ذخیره بود.

بحث و نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد علیرغم همبستگی بالای میان کاهش میانگین سرعت و تکرار ذخیره، امکان استفاده از تکرار ذخیره برای پایش و کنترل خستگی به علت دامنه گسترده تکرار ذخیره درازای مقدار ثابتی از کاهش سرعت (۱۰ درصد) ممکن نیست.

واژه‌های کلیدی: تمرینات مبتنی بر سرعت، تکرار ذخیره، پایش ورزشکار، پایش خستگی، تمرینات مقاومتی

مقدمه

تعاریف متعددی در رابطه با خستگی وجود دارد اما وجه مشترک میان این تعاریف عبارت است از: مشاهده کاهش ظرفیت تولید نیروی عضله به‌صورت موقت، با ادامه فعالیت ورزشی مقاومتی این کاهش توانایی تولید نیروی عضله ادامه می‌یابد تا در نهایت ورزشکار در اجرای حرکت به ناتوانی[1] می‌رسد (۱). افراد مختلف دارای ویژگی‌های جسمانی و فیزیولوژیکی متفاوتی هستند (۲). این تفاوت‌های فردی میان افراد باعث می‌شود که نسبت به یک تمرین یکسان پاسخ‌های فیزیولوژیکی متفاوتی داشته باشند و به سطوح متفاوتی از خستگی برسند (۳). این مقدار تفاوت در میزان خستگی ورزشکاران مختلف در یک تمرین با شدت یکسان می‌تواند سازگاری‌های طولانی‌مدت (٤) و پاسخ‌های کوتاه‌مدت (۵) فیزیولوژیک نسبت به تمرین را تحت تأثیر قرار دهد. به نظر می‌رسد که این ناهمگونی در میزان خستگی ناشی از تمرین مقاومتی به دامنه وسیعی از عوامل از قبیل: سابقه تمرینی، جنسیت، قدرت مطلق و ویژگی‌های تمرینات اخیر وابسته باشد (٤, ٦, ۷).

علاوه براین سطوح خستگی و عملکرد ورزشکاران در طی جلسات مختلف تحت تاثیر عواملی بیولوژیکی و روانشناختی

1. Failure

مانند خواب (۸)، تغذیه (۹) و استرس (۱۰) تغییر می‌کند و باعث می‌شود که یک فرد نسبت به یک شدت یکسان تمرینی سطوح مختلفی از خستگی را درک نماید (۱۱).

پایش سرعت جهت اطلاع از میزان خستگی و همچنین افزایش کیفیت تمرین می‌تواند یکی از راه‌حل‌های موجود برای چالش دامنه وسیع تفاوت‌های فردی و همچنین تفاوت‌های عملکرد یک شخص در جلسات گوناگون باشد که به آن تمرینات مبتنی بر سرعت[1] می‌گویند (۲). به نظر می‌رسد که کاهش سرعت اجرای حرکات مقاومتی می‌تواند به‌خوبی نشان‌دهنده خستگی ورزشکاران باشد (۱). همچنین پژوهش‌ها نشان داده‌اند پایش سرعت و اصلاح تمرین، متناسب با سرعت اجرای حرکات باعث بهبود سازگاری تمرین (۱۲) و همچنین باعث بهبود پاسخ‌های کوتاه مدت فیزیولوژیکی شده و منجر به افزایش عملکرد می‌گردد (۵). دلیل آن احتمالا به علت پایش و مدیریت خستگی در هر جلسه تمرینی می‌باشد (۱۲، ۵). اما برای استفاده از روش تمرین‌های مبتنی بر سرعت، محدودیت‌هایی وجود دارد. در این روش مربیان و ورزشکاران نیازمند پایش سرعت به‌صورت در لحظه[2] هستند. اما دستگاه‌هایی که قادر به ثبت سرعت در لحظه هستند هزینه‌های بالایی دارند (۱۳) و ازطرف‌دیگر تنها در برخی حرکات که به‌صورت خطی و ثابت اجرا می‌شوند قابل استفاده هستند.

افراد به ازای شدت مشخصی از تمرین مقاومتی، توانایی اجرای تعداد تکرار محدودی دارند که به آن حداکثر تکرار تا ناتوانی می گویند. اگر فرد تعداد تکرار کمتری را اجرا کند، به تعداد تکرار باقیمانده از کل تعداد تکراری که شخص توانایی اجرا دارد تا به ناتوانی برسد تعداد تکرار ذخیره می گویند (۱۱). تکرار، روش پیشنهادی دیگری جهت مدیریت خستگی هنگام اجرای تمرین مقاومتی می‌باشد (۱٤). اما پژوهش‌های اندکی برروی بررسی توانایی تکرار ذخیره برای پایش خستگی در هنگام اجرای تمرین مقاومتی در مقایسه با تمرینات مبتنی بر سرعت انجام شده است.

پژوهشگران در این پژوهش قصد دارند تا امکان استفاده از تکرار ذخیره جهت آگاهی از میزان خستگی در هنگام اجرای تمرین مقاومتی را با با بررسی رابطه بین میزان تکرار رزرو هر تکرار و کاهش سرعت در هنگام اجرا و میزان وسعت دامنه تغییرات میان آزمودنی‌ها مشخص کنند.

روش‌شناسی

پژوهش حاضر از نوع توصیفی و همبستگی می‌باشد. جامعه آماری این پژوهش عبارت بودند از مردان با حداقل یکسال سابقه تمرین باوزنه با قدرت نسبی حداقل ۱ (توانایی اجرای یک تکرار حرکت پرس سینه حداقل برابر با وزن خودشان را داشته باشند). مقدار حجم نمونه با استفاده از پژوهش‌های پیشین ۱۰ نفر در نظر گرفته شد (۱۵) و با در نظر گفتن امکان ریزش آزمودنی ها ۲ تا اضافه گردید که در نهایت پژوهش با ۱۲ آزمودنی آغاز گردید یکی از آزمودنی‌ها انصراف داد. از این رو ۱۱ آزمودنی مرد به‌صورت داوطلبانه در این پژوهش شرکت کردند (مشخصات آزمودنی ها در جدول ۱ آمده است). آزمودنی‌ها در هیچ فعالیت ورزشی دیگری شرکت نداشتند. هیچ یک از آزمودنی‌ها سابقه آسیب‌دیدگی در ٦ ماه گذشته نداشتند. سلامت جسمانی تمامی آزمودنی‌ها با استفاده از پرسشنامه سلامت و تندرستی ارزیابی و تایید شد.همچنین هیچ یک از آزمودنی‌ها دارو و مکمل مصرف نمی‌کردند. قد و وزن با ترازو و قد سنج مدل sca با دقت ۱۰۰ گرم برای وزن و ۱ سانتیمتر برای قد اندازه‌گیری شد. آزمودنی‌ها در دو جلسه تمرینی متفاوت با فاصله ۷۲ ساعت شرکت کردند. در جلسه اول آزمودنی‌ها با پژوهش آشنا شدند و پس از پر کردن فرم رضایت آگاهانه، قد و وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس حداکثر یک تکرار بیشینه[3] ورزشکاران بدین گونه سنجیده شد. ابتدا از آزمودنی ها خواسته شد تا با وزنه سبکی که به راحتی می توانند ۵ الی ۱۰ تکرار اجرا کنند گرم کنند سپس بعد از یک دقیقه استراحت مقدار وزنه ای که فرد می‌توانست ۳ الی ۵ تکرار اجرا کند تخمین زده شد. سپس از آزمودنی‌ها خواسته شد دو دقیقه استراحت کنند. سپس با اضافه کردن ٤ الی ۹ کیلوگرم سعی شد تا مقدار وزنه‌ای که شخص می تواند حداکثر برای دو یا سه تکرار اجرا کند تخمین زده شود بعد از دو الی چهار دقیقه استراحت مقدار بار به اندازه ٤ الی ۹ کیلوگرم افزایش یافت و از آزمودنی خواسته شد تا یک تکرار اجرا کند

1. Velocity based training
2. Real time
3. 1 repetition maximum

این فرایند تکرار شد تازمانی که ورزشکار به وزنه ای برسد که قادر به اجرای آن برای یک تکرار نباشد (۱۶). در جلسه دوم جهت پایش سرعت هر تکرار و به دست آوردن حداکثر تکراری که فرد توان اجرا را دارد تا به ناتوانی برسد آزمون حداکثر تکرار[1](MNR) پرس سینه بر روی دستگاه اسمیت و با شدت ۸۰ درصد حداکثر یک تکرار بیشینه گرفته شد (۵). اجرای هر حرکت توسط دوربین تلفن همراه آیفون ۱۳ پرو مکس با سرعت فیلم‌برداری (240fps) ضبط شد لازم به ذکر است که لبه هالتر نسبت به دوربین دارای زاویه عمود بود. سپس تمامی فیلم های ضبط شده توسط کابل به رایانه شخصی با مدل acer e15 منتقل شدند. با استفاده از نرم‌افزار kinova سرعت اجرای هر حرکت سنجیده شد (۱۳). در نرم‌افزار kinova ابتدا میزان فاصله‌های موجود در فیلم کالیبره گردیدند برای این کار پژوهشگران متری را موازی با جابه‌جایی میله هالتر به طول ۵۰ سانتیمتر به دستگاه اسمیت چسبانده بودند؛ سپس مارکر درخشانی که به انتهای میله هالتر دستگاه اسمیت متصل شده بود در نرم‌افزار شناسایی شد. میزان سرعت جابه‌جایی مارکر در فاز کانسنتریک اجرای حرکت پرس سینه بررسی گردید. برای شناسایی دقیق مرحله کانسنتریک حرکت پرس سینه، ابتدا نمودار جابه‌جایی مکانی هالتر رسم شد سپس نقاط زمانی انقباض کانسنتریک شناسایی شد و سرعت جابه‌جایی هالتر در آن نقاط زمانی پردازش و استخراج شد. پس از استخراج سرعت لحظه‌ای حرکت هالتر توسط نرم‌افزار اکسل میانگین سرعت جابه‌جایی محاسبه گردید. برای تعیین تکرار ذخیره، عدد هر تکرار آزمودنی از کل تعداد تکراری که آزمودنی توان اجرا داشت کسر گردید و به این طریق میزان تکرار ذخیره تمامی تکرارهای آزمودنی‌ها به دست آمد. برای نمونه یکی از آزمودنی ها در جلسه اول آزمون یک تکرار بیشینه را داد و یک تکرار بیشینه حرکت پرس سینه وی برابر ۱۳۰ کیلوگرم بود سپس بعد از ۷۲ ساعت در جلسه بعدی تست حداکثر تکرار را با وزنه ۱۰۴ کیلوگرم (۸۰ درصد یکی تکرار بیشینه) اجرا کرد وسرعت هر تکرار وی محاسبه گردید و در نهایت بعد از اجرای ۱۳ تکرار به ناتوانی رسید. سپس با نرم افزار اکسل تعداد تکراری که در آن فرد ۱۰ درصد افت سرعت در اجرا داشت محاسبه شد. برای محاسبه تکراری که فرد در آن ۱۰ درصد افت سرعت داشت میانگین سرعت تمامی تکرار ها محاسبه شد سپس تکراری که معادل ۹۰ درصد سریع ترین تکرار سرعت بود به عنوان تکرار افت ۱۰ درصدی در نظر گرفته شد که برابر با تکرار ششم بود. بنابراین وی در تکرار ششم ۱۰ درصد افت سرعت داشت و بعد از ان توانایی اجرای هفت تکرار دیگر را داشت که به این هفت حرکت تکرار ذخیره می‌گویند. پژوهش حاضر دارای کد اخلاق از دانشکده علوم ورزشی و تندرستی دانشگاه تهران می‌باشد (IR.UT.SPORT.REC.1401.035).

روش‌های آماری

تمامی داده‌ها با استفاده از آمار توصیفی در نرم‌افزار prism دسته‌بندی و توصیف گردیدند. از آزمون شاپیروویلک برای بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها استفاده گردید. سپس از آزمون همبستگی پیرسون برای بررسی همبستگی میان کاهش سرعت و تکرار ذخیره استفاده گردید. در این پژوهش سطح معنی داری P=۰/۰۵ در نظر گرفته شد. در نهایت با توجه به این نکته که حتی همبستگی بالا نیز نمی‌تواند به تنهایی نشان‌دهنده مطلوب بودن استفاده از یک روش جدید باشد (۱۸، ۱۷). برای بررسی امکان استفاده کاربردی از تکرار ذخیره، دامنه تغییرات تکرار ذخیره‌ای که معادل ۱۰ درصد کاهش میانگین سرعت بود مورد بررسی قرار گرفت. چراکه افت سرعت نشان‌دهنده خستگی می‌باشد (۲۰، ۱۹، ۱،۲). و فرض شده است که افراد در تکراری که ۱۰ درصد افت سرعت دارند تکرار ذخیره مشابه‌ای داشته باشند.

یافته ها

تمامی داده‌های توصیفی در جدول ۱ نشان داده شده است. میانگین کاهش سرعت طی هر اجرا با تکرار ذخیره همبستگی را نشان داد (P=۰/۰۰۰۱). میزان همبستگی بین این دو متغیر برابر با ۰/۹۷ و میزان ضریب تعیین ۰/۹٤ به دست آمد (جدول ۲). دامنه تغییرات تکرار ذخیره در نقطه کاهش ۱۰ درصدی میانگین سرعت برابر با ٤ بود. همچنین نمای تکرار ذخیره در نقطه ۱۰ درصد افت سرعت برابر ٤ بود زیرا بیشترین فراوانی تکرار ذخیره در نقطه ۱۰ درصد افت سرعت را عدد ٤ داشت (n=11, f=6).

1. Maximum number of repeitition

جدول ۱. ویژگی های فردی و عملکردی آزمودنی ها

	سن	وزن (کیلوگرم)	قد (متر)	یک تکرار بیشینه (کیلوگرم)	حداکثر تکرار*	تکرار ذخیره معادل ۱۰ درصد افت سرعت
میانگین ± انحراف معیار	۲۲/۸۲ ± ۱/۱۴۳	۸۱/۳۶ ± ۳/۶۲	۱/۸ ± ۰/۰۱	۹۹/۳۲ ± ۶/۵۳	۹/۰۹ ± ۰/۶۲	٤/۸۱ ± ۰/٤۲۲
دامنه تغیرات	۱۶	٤۲	۰/۱۸	۶۷/۵	۷	٤
حداقل	۱۸	۵۶	۱/۷۲	۶۲/۵	۶	۳
حداکثر	۳٤	۹۸	۱/۹۰	۱۳۰	۱۳	۷

* حداکثر تعداد تکراری که آزمودنی ها با ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه خود در حرکت پرس سینه اجرا کردند.

جدول ۲. نتایج آزمون همبستگی پیرسون

مقدار همبستگی (r)	۰/۹۷
٪۹۵ فاصله اطمینان (CI)	۰/۹۰ تا ۰/۹۹
ضریب تعیین	۰/۹٤
مقادیر P	P<۰/۰۰۰۱

بحث

پایش خستگی از اهمیت بالایی برخوردار است زیرا می‌تواند به مربیان و ورزشکاران کمک کند تا از آسیب‌دیدگی و بیش تمرینی جلوگیری کنند (۲۱). همچنین تمرین مقاومتی تا سطوح متفاوتی از خستگی می‌تواند بر سازگاری های طولانی‌مدت (٤) و پاسخ های کوتاه‌مدت (۵) ناشی از تمرین مقاومتی اثرگذار باشد.

پایش سرعت می‌تواند راهکار موثری برای پایش خستگی باشد (۲). به‌گونه‌ای که حتی برخی مواقع، کاهش سرعت اجرا را جزو تعریف خستگی می‌دانند (۱،۲۲) و پژوهش‌های مختلفی ارتباط میان کاهش سرعت اجرای حرکت و خستگی را بررسی و ارتباط قوی میان این دو پیدا کرده‌اند (۱،۱۹،۲۰). همچنین استفاده از کاهش سرعت برای کنترل خستگی در تمرینات پس نیرومند ساز (PAP)[1] نیز موفق بوده و نشان می‌دهد که پایش کاهش سرعت برای کنترل خستگی روش کاربردی محسوب می‌شود (۵،۲۳).

بنابر پیشینه پژوهش در زمینه ارتباط کاهش سرعت و خستگی در این پژوهش سعی شد که امکان استفاده کاربردی از تکرار ذخیره برای پایش خستگی بررسی شود. پژوهش حاضر همبستگی مثبت (r=۰/۹۷) و قوی (R=۰/۹۷) را میان تکرار ذخیره واقعی و میانگین کاهش سرعت نشان داد. اما وجود همبستگی قوی نمی‌تواند به تنهایی برای استفاده از یک روش جدید کافی باشد (۱۷،۱۸). زیرا همبستگی بالا میان دو متغیر تنها نشان‌دهنده رخداد دو اتفاق با یکدیگر می‌باشد و نشان‌دهنده نوع رابطه نیست و به نظر می‌رسد صرفا می‌تواند برای رد فرضیه عدم وجود هیچ گونه ارتباط مورد استفاده قرار گیرد و دلیل مناسبی برای استفاده از روش جایگزین نمی‌باشد (۱۸). پیشنهاد می‌شود برای بیان عدم‌کفایت همبستگی بالا در استفاده از یک روش سنجش جدید از مفهوم توافق‌پذیری[2] استفاده گردد. آن‌ها بیان نمودند که اگر دو روش اندازه‌گیری، توافق پذیری بالایی داشته‌باشند در یک اندازه‌گیری مشخص یک متغیر، عدد تقریبا یکسانی را نشان می‌دهند که رسم نمودار آن یک خط مساوی و صاف روی نمودار است که قابل پیش بینی و رسم است و قرارگیری دادها بر روی این خط مساوات[3] نشان‌دهنده توافق پذیری دو روش اندازه‌گیری است. اما در مقابل، هرگونه قرارگیری داده‌ها به‌صورت خطی بر روی نمودار نشان‌دهنده همبستگی بالا است. در نتیجه، هرگونه قرارگیری

1. Post activation potentiation

2. Agreement
3. the line of equality

داده‌ها به‌صورت خطی بر روی نمودار، همبستگی بالا را نشان می‌دهد اما تنها داده‌هایی توافق پذیری بالایی دارند که علاوه بر این که به‌صورت خطی قرار می‌گیرند بر روی خط مساوات که بسیاری از مواقع نیمساز نمودار است قرار می‌گیرند. این تفاوت در همبستگی و توافق پذیری چند دلیل آماری دارد به‌عنوان مثال حساسیت به دامنه تغییرات. اگر دو روش اندازه‌گیری با دامنه تغییرات وسیع مورد آزمون همبستگی قرار گیرند همبستگی بالایی را نسبت به زمانی که دامنه تغییرات اندک است نشان می‌دهند. همچنین تغییر واحد اندازه‌گیری،تغییری در همبستگی ایجاد نمی‌کند درحالی‌که توافق پذیری را کاهش می‌دهد (۱۷). بنابراین با توجه به این که هدف این پژوهش بررسی استفاده از تکرار ذخیره به‌صورت کاربردی برای پایش و کنترل خستگی است؛ برای بررسی بیشتر، میزان تکرار ذخیره آزمودنی‌ها در زمان ۱۰ درصد افت میانگین سرعت محاسبه شد. که آنالیز نتایج، دامنه تغییرات ٤ را نشان داد توجه به این که کاهش سرعت را می‌توان به‌عنوان یک نشانگر نشان‌دهنده خستگی در نظر گرفت (۱،۲) و همچنین استفاده از کاهش سرعت می تواند در شخصی سازی میزان شدت و حجم تمرین با هدف کنترل خستگی موفق عمل کند (۲،۵). بنابراین اینگونه فرض شده است که در صورتی که تکرار ذخیره نیز مانند پایش میانگین کاهش سرعت، روش مطلوبی برای کنترل و پایش خستگی باشد. احتمالا به ازای یک مقدار مشخص کاهش میانگین سرعت در آزمودنی ها دامنه تغییرات میزان تکرار ذخیره محدود باشد و شاهد توافق پذیری میان این دو شاخص باشیم. اما دامنه تغییرات ٤ نشان‌دهنده دامنه تغییرات وسیعی برای مقدار مشخصی از کاهش میانگین سرعت می‌باشد. به‌بیان‌دیگر تکرار ذخیره معادل ۱۰ درصد افت سرعت، در فردی در همین پژوهش ۳ و در فرد دیگر معادل ۷ شد. این در حالی است که حداکثر تکرار تا ناتوانی عده‌ای از آزمودنی‌ها برابر با ٦ الی ۷ بود. بنابراین به نظر می‌رسد استفاده از تکرار ذخیره روش مناسبی برای کنترل و پایش خستگی هنگام تمرین مقاومتی در مردان تمرین کرده نمی‌باشد. همچنین باید این نکته را در نظر داشت که تمامی این آزمودنی‌ها سابقه فعالیت ورزشی مشابه داشتند و دارای قدرت نسبی بالاتر از یک بودند. بنابراین به نظر می‌رسد که احتمالا در گروه‌های وسیع‌تر که دارای قدرت نسبی متفاوت‌تر و سازگاری‌های فیزیولوژیک ناشی از ورزش متفاوت‌تری هستند، این دامنه تغییرات حتی افزایش بیشتری نیز پیدا نماید. اگرچه با توجه به یافته‌های این پژوهش به نظر می‌رسد تکرار ذخیره روش مناسبی برای کنترل و شخصی سازی خستگی نمی‌باشد اما باید به این نکته توجه داشت که استفاده از تکرارذخیره در مقایسه با تمرین تا ناتوانی سازگاری مطلوب تری را منجر می شود (۲٤).

در پژوهشی که همبستگی میان تکرار ذخیره و کاهش سرعت را بررسی کرده بود نیز همبستگی قوی میان این دو در دو حرکت پرس سینه (r=۰/۹۷) و اسکات (r=۰/۹۹) وجود داشت (۲۵) که با نتیجه پژوهش حاضر همسو است. اما همبستگی قوی به تنهایی نمی‌تواند نشان‌دهنده مناسب بودن استفاده از یک روش جایگزین باشد (۱۷, ۱۸). پژوهش حاضر سعی داشت تا امکان استفاده کاربردی از تکرار ذخیره برای پایش خستگی را بررسی نماید و به نظر می‌رسد با توجه به دامنه گسترده تکرار ذخیره برای یک کاهش سرعت تعیین شده، استفاده عملکردی از تکرار ذخیره برای پایش و یا کنترل خستگی مناسب نباشد. به پژوهش‌های بیشتری در جامعه آماری وسیع‌تر و متفاوت‌تری برای بررسی امکان استفاده از تکرار ذخیره لازم است. همچنین انجام پژوهش‌هایی با معیارهای دیگری جهت برآورد خستگی می‌توانند به شناخت بیشتری در جهت پایش و کنترل خستگی منجر گردد.

نتیجه‌گیری

به نظر می‌رسد با توجه به بررسی‌های صورت گرفته در این پژوهش میان تکرار ذخیره و کاهش سرعت حین اجرای تمرین مقاومتی همبستگی قوی وجود دارد. اما علیرغم وجود این همبستگی، در افراد مختلف درازای کاهش سرعت مشخص (۱۰ درصد افت سرعت) دامنه گسترده‌ای از تکرار ذخیره وجود دارد. در نتیجه استفاده از تکرار ذخیره برای پایش و یا کنترل خستگی در حین یک جلسه تمرینی توصیه نمی‌شود.

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد می‌باشد. از تمامی افرادی که تحت عنوان آزمودنی در این پژوهش شرکت داوطلبانه داشتند و همچنین افرادی که ما را در اجرای این پژوهش یاری نمودند کمال تشکر را داریم.

منابع

1. Sanchez-Medina L, Gonzalez-Badillo JJ. Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2011;43(9):1725-34. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21311352.10.1249/MSS.0b013e318213f880.
2. Weakley J, Mann B, Banyard H, McLaren S, Scott T, Garcia-Ramos A. Velocity-based training: From theory to application. *Strength & Conditioning Journal*. 2021;43(2):31-49.doi: 10.1519/SSC.0000000000000560
3. Richens B, Cleather DJ. The relationship between the number of repetitions performed at given intensities is different in endurance and strength trained athletes. *Biology of sport*. 2014;31(2):157-61.https://doi.org/10.5604/20831862.1099047.
4. Dankel SJ, Jessee MB, Mattocks KT, Mouser JG, Counts BR, Buckner SL, et al. Training to fatigue: the answer for standardization when assessing muscle hypertrophy? *Sports medicine*. 2017;47:1021-7.https://doi.org/10.1007/s40279-016-0633-7.
5. Tsoukos A, Brown LE, Terzis G, Veligekas P, Bogdanis GC. Potentiation of bench press throw performance using a heavy load and velocity-based repetition control. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2021;35:S72-S9 .
6. Ruf L, Chery C, Taylor KL. Validity and Reliability of the Load-Velocity Relationship to Predict the One-Repetition Maximum in Deadlift. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2018;32(3):681-9. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29466270.10.1519/JSC.0000000000002369.
7. Hunter SK. Sex differences and mechanisms of task-specific muscle fatigue. *Exercise and sport sciences reviews*. 2009;37(3):113-22. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19550202.10.1097/JES.0b013e3181aa63e2.
8. Bulbulian R, Heaney JH, Leake CN, Sucec AA, Sjoholm NT. The effect of sleep deprivation and exercise load on isokinetic leg strength and endurance. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 1996;73(3-4):273-7. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8781857.10.1007/BF02425487
9. Helms ER, Zinn C, Rowlands DS, Naidoo R, Cronin J. High-protein, low-fat, short-term diet results in less stress and fatigue than moderate-protein, moderate-fat diet during weight loss in male weightlifters: A pilot study. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2015;25(2):163-70.https://doi.org/10.1123/ijsnem.2014-0056
10. Bartholomew JB, Stults-Kolehmainen MA, Elrod CC, Todd JS. Strength gains after resistance training: the effect of stressful, negative life events. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2008;22(4):1215-21. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18545186.10.1519/JSC.0b013e318173d0bf.
11. Helms ER, Cronin J, Storey A, Zourdos MC. Application of the repetitions in reserve-based rating of perceived exertion scale for resistance training. *Strength and conditioning journal*. 2016;38(4):42.
12. Dorrell HF, Smith MF, Gee TI. Comparison of Velocity-Based and Traditional Percentage-Based Loading Methods on Maximal Strength and Power Adaptations. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2020;34(1):46-53. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30946276.10.1519/JSC.0000000000003089.
13. Jimenez-Olmedo JM, Penichet-Tomás A, Villalón-Gasch L, Pueo B. Validity and reliability of smartphone high-speed camera and Kinovea for velocity-based training measurement. *Journal of Human Sport and Exercise*. 2020;16(4):10.10.14198/jhse.2021.164.11.
14. Hackett DA, Johnson NA, Halaki M, Chow C-M. A novel scale to assess resistance-exercise effort. *Journal of sports sciences*. 2012;30(13):1405-13 .
15. Samavati Sharif S, Ferjad pezeshk A, Yousefi M. Relationship between kinetics and kinematics parameters of the lunge technique with the strength, explosive power and range of motion of lower limb muscle on fencing performance of elite foil fencers. RSMT. 2021; 19 (22) :14-25. 20.1001.1.22520708.1400.19.22.3.7. [In Persian]
16. Haff GG, Triplett NT. Essentials of strength training and conditioning 4th edition: Human kinetics; 2015.
17. Bland JM, Altman D. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The lancet*. 1986;327(8476):307-10.https://doi.org/10.1016/S0140-6736(86)90837-8.
18. Dogan NO. Bland-Altman analysis: A paradigm to understand correlation and agreement. *Turkish journal of emergency medicine*. 2018;18(4):139-41. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30533555.10.1016/j.tjem.2018.09.001.
19. González-Badillo JJ, Yañez-García JM, Mora-Custodio R, Rodríguez-Rosell D. Velocity loss as a variable for monitoring resistance exercise. *International journal of sports medicine*. 2017;38(03):217-25.https://doi.org/10.1055/s-0042-120324.
20. Weakley J, Ramirez-Lopez C, McLaren S, Dalton-Barron N, Weaving D, Jones B, et al. The Effects of 10%, 20%, and 30% Velocity Loss Thresholds on Kinetic, Kinematic, and Repetition Characteristics During the Barbell Back Squat. *The International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2020;15(2):180-8. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31094251.10.1123/ijspp.2018-1008.
21. Thorpe RT, Atkinson G, Drust B, Gregson W. Monitoring Fatigue Status in Elite Team-Sport Athletes: Implications for Practice. *The International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2017;12(Suppl 2):S227-S34. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28095065.10.1123/ijspp.2016-0434
22. Williams CA, Ratel S. Definitions of muscle fatigue. *Human muscle fatigue*. 2009:3-16 .
23. Tsoukos A, Brown LE, Veligekas P, Terzis G, Bogdanis GC. Postactivation potentiation of bench press throw performance using velocity-based conditioning protocols with low and moderate loads. *Journal of human kinetics*. 2019;68(1):81-98 .
24. Arede J, Vaz R, Gonzalo-Skok O, Balsalobre-Fernandez C, Varela-Olalla D, Madruga-Parera M, et al. Repetitions in reserve vs. maximum effort resistance training programs in youth female athletes. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2020;60(9):1231-9. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32586078.10.23736/S0022-4707.20.10907-1.

25. Rodríguez-Rosell D, Yáñez-García JM, Sánchez-Medina L, Mora-Custodio R, González-Badillo JJ. Relationship between velocity loss and repetitions in reserve in the bench press and back squat exercises. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2020;34(9):2537-47.https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002881.

Investigating the relationship between repetition in reserve and fatigue in trained men

Pouya hassani[1], Fatemeh Shabkhiz[2*], Farahnaz Amirshaghaghi[3]

1. MSc Candidate , Department of Exercise Physiology, Sport Sciences and Health Faculty, University of Tehran, Tehran, Iran
2. Associate Professor, Department of Exercise Physiology, Sport Sciences and Health Faculty, University of Tehran, Tehran, Iran
3. Assistant Professor, Department of Exercise Physiology, Sport Sciences and Health Faculty, University of Tehran, Tehran, Iran

Received: 2023/05/01 **Accepted:** 2023/07/09

∗Correspondence:
Email:
Shabkhiz@ut.ac.ir

Abstract

Introduction and Purpose: Monitoring athletes is important for the management of fatigue and performance. This study was to investigate the possibility of using repetition in reserve for monitoring and controlling fatigue during resistance training.

Materials and Methods: 11 male subjects (22.82±1.1422 years) with at least one year of training experience participated voluntarily in two separate test sessions with a time interval of 72 hours. In the first session, the Participant asked for 1 repetition maximum test (1RM). In the next session, they conducted the maximum number of repetitions (MNR), also the velocity of each repetition is recorded at the speed of 240 frames per second (240 fps). Finally, the correlation between velocity loss and repetition in reserve was evaluated using the Pearson correlation test with a significance level ($P<0.05$). However, the range of changes in repetition in reserve at 10% of the velocity loss was checked to examine the possibility of practical use.

Results: There was a strong correlation between velocity loss and repetition in reserve ($r=0.97$), the range of repetition in reserve equal to 10% of velocity loss was equal to 4, the maximum repetition in reserve was 7 and the minimum was 3.

Discussion and Conclusion: Despite the strong correlation between velocity loss and repetition in reserve, it is not possible to use repetition in reserve for control and monitoring of fatigue due to the wide range of reserve repetition along with a fixed amount of velocity loss (10%).

Key words: Velocity based training (VBT), Repetition in reserve (RIR), Athlete monitoring, Fatigue monitoring, Resistance training.