

# Comparison of Selected Kinetic Variables of Agonist and Antagonist Muscles of Knee in Active Young Women at Open and Closed Kinetic Chain at 60 and 180 Deg/Second

Nahid Mohammadi<sup>1\*</sup>, Heydar Sadeghi<sup>2</sup>

1. MSc, Sport Biomechanics, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Kharazmi, Tehran, Iran
2. Full Professor, Department of Sport Biomechanics, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Kharazmi, Tehran, Iran
3. Full Professor, Kinesiology Research Center, Kharazmi University, Tehran, Iran

Received: 2019.December.03

Revised: 2020. March.27

Accepted: 2020.April.14

Published Online: 2020.May.11

## ABSTRACT

**Background and Aims:** Since the optimization of different forms of exercise and training in exercise and treatment, especially the use of open and close chains, has been discussed in the past studies, the present study was conducted to compare the selected kinetic variables (peak torque, time to torque, average power, and total work) agonist and antagonist muscles of the knee extensor in active women at two open and closed kinetic chain ways at 60 and 180 °sec, respectively.

**Materials and Methods:** Participants of the current semi-experimental comparative study included groups of active women. The isokinetic device was used with two special attachments for the open and closed knee movements, while for each type of the test, the device was adapted to the type of test and type of speed and physical physics. The method of testing were first explained to the participants. The information and type of test related to each participant was recorded and stored on the device. For data analysis, mean, standard deviation, and independent T test were used to compare variables as well as the two types of kinetic chain at two speeds with the significance rate set at 0.05.

**Results:** The results revealed a difference between two open and closed kinetic chain ways with isokinetic device at two speeds of 60 and 180 degrees per second in active group. According to the findings of peak torque, the average power and total work variables in the open kinetic chain in the active group at 60 and 180 degrees per second at two speeds were more in active group and the time of peak torque in closed chain was more than that of open kinetic chain at both speeds.

**Conclusion:** According to the findings of the study, due to the differences in the results of flexion and extension testing of knee in the open and closed kinetic chains at two speeds of 60 and 180 degrees/s, the results indicated more control and accuracy of the isokinetic test in closed chain in comparison with the open chain at both speeds in the active group. Meanwhile, the results indicated that the time to peak torque of the closed kinetic chain test can be possibly a preference for using this method for post-traumatic rehabilitation; therefore, it is recommended to educators and therapists. Also, due to the higher kinetic values in other variables except for time at both speeds in open kinetic chain, to improve muscle strength and function, performing an open kinetic chain is suitable and useful.

**Keywords:** Open and closed kinetic chain, active women, peak torque, time to torque, average power and total work, isokinetic device.

**How to cite this article:** Nahid Mohammadi, Heydar Sadeghi. Comparison of Selected Kinetic Variables of Agonist and Antagonist Muscles of Knee in Active Young Women at Open and Closed Kinetic Chain at 60 and 180 Deg/Second. *J Rehab Med.* 2021; 10 (1):14-25.

\*Corresponding Author: Nahid Mohammadi, MSc, Sport Biomechanics, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Kharazmi, Tehran, Iran

Email: nahidm.1994@yahoo.com

## مقایسه متغیرهای منتخب کینتیکی عضلات موافق و مخالف اکستنسوری زانوی زنان جوان فعال در دو شیوه زنجیره حرکتی باز و بسته در دو سرعت ۶۰ و ۱۸۰ درجه بر ثانیه

ناهید محمدی\*<sup>۱</sup>، حیدر صادقی<sup>۲</sup>

۱. کارشناس ارشد، رشته بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران  
 ۲. استادتمام، رشته بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران  
 ۳. استادتمام، پژوهشکده علوم حرکتی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

پذیرش مقاله ۱۳۹۹/۰۱/۲۶

بازنگری مقاله ۱۳۹۹/۰۱/۰۸

دریافت مقاله ۱۳۹۸/۰۹/۱۲

### چکیده

**مقدمه و اهداف:** از آنجایی که بهینه‌سازی اشکال مختلف تمرین و آموزش در ورزش و درمان به‌ویژه استفاده از تمرینات زنجیره‌ای باز<sup>۱</sup> OKC و بسته<sup>۱</sup> CKC، از گذشته مورد بحث بوده است، هدف از انجام تحقیق حاضر، مقایسه متغیرهای منتخب کینتیکی (اوج و زمان رسیدن به حداکثر گشتاور، میانگین توان و کل کار) عضلات موافق و مخالف اکستنسوری زانوی زنان جوان فعال در دو شیوه زنجیره حرکتی باز و بسته در دو سرعت ۶۰ و ۱۸۰ درجه بر ثانیه بود. **مواد و روش‌ها:** آزمودنی‌های تحقیق حاضر را یک گروه زنان فعال تشکیل دادند. برای انجام آزمون‌های تحقیق از دستگاه ایزوکنتریک بایودکس ۳ با دو اتصال ویژه برای زنجیره حرکتی باز و بسته زانو استفاده شد، در حالی که برای هر نوع آزمون گیری دستگاه، متناسب با نوع آزمون و نوع سرعت و فیزیک بدنی شخص تنظیم گردید. برای در تحلیل آماری، از میانگین و انحراف استاندارد برای توصیف داده‌ها برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک و برای مقایسه متغیرهای تحقیق بین دو نوع زنجیره حرکتی در دو سرعت ۶۰ و ۱۸۰ درجه بر ثانیه، از آزمون تی مستقل در سطح معناداری ۹۵ درصد استفاده شد.

**یافته‌ها:** یافته‌ها بیانگر تفاوت در نتایج دو نوع روش آزمون گیری به شیوه زنجیره حرکتی باز و بسته با دستگاه ایزوکنتریک در دو سرعت ۶۰ و ۱۸۰ درجه بر ثانیه بود. با توجه به یافته‌ها، متغیرهای گشتاور، کار و توان متوسط در زنجیره باز و همچنین در هر دو سرعت ۶۰ و ۱۸۰ درجه بر ثانیه بیشتر بوده است، اما متغیر زمان رسیدن به حداکثر گشتاور در زنجیره حرکتی بسته نسبت به زنجیره حرکتی باز در هر دو سرعت بالاتر بوده است.

**نتیجه‌گیری:** با توجه به یافته‌های تحقیق به دلیل تفاوت در نتایج آزمون فلکشن و اکستنشن زانو به شیوه زنجیره حرکتی باز و بسته در دو سرعت ۶۰ و ۱۸۰ درجه بر ثانیه، نتایج بیانگر کنترل و دقت بیشتر آزمون ایزوکنتریک به صورت زنجیره حرکتی بسته نسبت به زنجیره باز در هر دو سرعت بود. همچنین نتایج نشان‌دهنده بیشتر بودن زمان رسیدن به اوج گشتاور در آزمون به صورت زنجیره حرکتی بسته بود که شاید بتواند به عنوان ترجیح به استفاده از این شیوه برای بازتوانی پس از آسیب و توان‌بخشی باشد و بر همین اساس به مربیان و درمانگران به استفاده از آن توصیه شود. همچنین به دلیل بیشتر بودن مقادیر کینتیکی در سایر متغیرها به جز زمان در هر دو سرعت در زنجیره باز، انجام آزمون به شیوه زنجیره حرکتی باز برای بهبود قدرت و عملکرد عضله مناسب است.

**واژه‌های کلیدی:** زنجیره حرکتی باز و بسته؛ اوج و زمان رسیدن به حداکثر گشتاور؛ توان؛ کار؛ دستگاه ایزوکنتریک؛ زنان فعال

## مقدمه و اهداف

در تمرینات قدرتی، اصطلاح ایزوکینتیک به کار عضله در یک سرعت ثابت در طول انقباض عضلانی اشاره می‌کند. آزمایش ایزوکینتیک در زمینه توان بخشی دارای چندین مزیت است که شامل توانایی جداسازی یک عضله خاص از طریق پروتکل آزمون و همچنین توانایی تحلیل و تحلیل ثبات عضلات در سرعت ثابت است. زنجیره حرکتی بسته به تمریناتی که در آن، قسمت دیستال بدن با نیروی خارجی در یک موقعیت ثابت مطابقت دارد، اشاره دارد. پزشکان از فن‌های مختلف در طول پروسه توان بخشی استفاده می‌کنند تا اطمینان حاصل شود که بیماران قادر به بازگشت صحیح از آسیب هستند. آزمون ایزوکینتیک و آزمون زنجیره‌ای بسته

ایزوکینتیک هر دو در طی این فرآیند توسط متخصصین مراقبت‌های بهداشتی مختلف در دنیای پزشکی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این آزمایش‌ها به پزشک اجازه می‌دهد تا قدرت و ثبات خاصی از عضلات را به منظور تعیین اینکه آیا ضعف وجود دارد و یا این نقاط ضعف باعث بیماری خاصی در بیمار می‌شود، ارزیابی می‌کند. اصطلاح ایزوکینتیک به انقباض عضلانی انجام شده با سرعت ثابت اشاره دارد. در اغلب موارد، پزشکان از حداکثر گشتاور و مقادیر حداکثر کار جمع‌آوری شده از آزمایش‌ها به منظور تفسیر دقیق نتایج آزمایش استفاده می‌کنند. گشتاور اوج در روش ایزوکینتیک، به قدرت مطلق عضلانی که مورد آزمایش قرار می‌گیرد، اشاره می‌کند، در حالی که کار اوج به ارزیابی عملکردی، عملکرد عضلانی اشاره دارد.<sup>[۱]</sup>

(الف)



(ب)



تصویر ۱. الف) انجام تست فلکشن و اکستنشن زانو به صورت زنجیره باز  
ب) انجام تست فلکشن و اکستنشن زانو با زنجیره بسته<sup>[۲۴]</sup>

یک زنجیره حرکتی باز ترکیبی از قرارگیری مفاصل طوری که انتهای اندام باز است و آزادانه حرکت می‌کند، تعریف می‌شود.<sup>[۲]</sup> در مقابل یک سیستم زمانی بسته در نظر گرفته می‌شود که قسمت پروگزیمال با بسته شدن و بی حرکت شدن قسمت دیستال می‌تواند حرکت کند. از منظر نوروفیزیولوژیک، حرکت به صورت زنجیره بسته عمدتاً یک حرکت چندمفصلی با هم‌انقباضی یا سینرژی‌های عضلانی کنترل شده است<sup>[۳]</sup> یا به عبارتی دیگر، حرکت یا تمرین با تحمل وزن که عضلات درگیر در چند مفصل عمل می‌کنند، است.<sup>[۴-۵]</sup> بهینه‌سازی اشکال مختلف تمرین و آموزش در ورزش و درمان به‌ویژه استفاده از تمرینات زنجیره‌ای، از گذشته مورد بحث بوده است<sup>[۳]</sup> به‌ویژه استفاده از تمرینات زنجیره‌ای، با اصطلاح تمرینات با زنجیره باز و بسته مکرراً یک نقطه مشترک مورد بحث بین افراد بوده است.<sup>[۳]</sup>

مفصل زانو، بزرگ‌ترین و پیچیده‌ترین مفصل بدن انسان است که نقش و اهمیت آن در فعالیت‌های ورزشی و زندگی روزمره قابل توجه است. در بین روش‌های متعددی که برای آزمون قدرت عضلات زانو به کار رفته است، از آزمون دستی عضلانی و آزمون ایزوکینتیک به‌عنوان دو روش رایج نام برده می‌شود. آزمون ایزوکینتیک به دلیل ابزاری دقیق‌تر برای اندازه‌گیری سطح قدرت عضله<sup>[۵]</sup>، قابلیت اندازه‌گیری قدرت عضلانی پویا، قابلیت تکرارپذیری<sup>[۶]</sup>، داشتن پروتکل‌های مشخص<sup>[۷]</sup>، به‌صرفه بودن از منظر هزینه‌ها، رواج بیشتری نسبت به آزمون دستی پیدا کرده است. دینامومتر ایزوکینتیک اندازه‌گیری‌های مشخصی از قدرت پویای کانسنتریک فراهم می‌کند. همچنین لود کارآمد و بهینه مفاصل و عضلات را از طریق کنترل دامنه و نیز به حداقل رساندن خطر آسیب ایجاد می‌کند. با دینامومتر ایزوکینتیک ارزیابی قدرت تنها به

ورزش و درمان توسط گروه‌های مختلفی از گذشته مورد بحث بوده است.<sup>[۱۳]</sup> سیمون و همکاران به بررسی فعالیت الکترومایوگرافی عضله وستوس داخلی و خارجی در تمرینات باز و بسته در اشخاص با سندروم درد پاتلوفمورال پرداختند؛ نتایج نشان داد که میزان VMO/VL در اشخاص مبتلا حین تمرین با دستگاه ایزوکنتیک به میزان زیادی کمتر از اشخاص سالم و بدون درد است. حداکثر میزان VMO/VL نیز در ۶۰ درجه از فلکشن زانو به دست آمده بود.<sup>[۱۳]</sup> نگرت و همکاران به بررسی ارتباط بین قدرت پایین‌تنه در زنجیره حرکتی باز و بسته ایزوکنتیک و آزمون‌های عملکردی پرداختند. یافته‌ها، همبستگی بالای آزمون‌های ایزوکنتیک و آزمون‌های عملکردی را در قدرت پایین‌تنه و همچنین همبستگی معناداری را بین سه نوع تمرین ایزوکنتیک نشان داد و بر همین اساس یک رابطه معناداری بین قدرت ایزوکنتیک با زنجیره حرکتی باز و بسته در اندام پایین‌تنه و آزمون‌های عملکردی پیشنهاد شد.<sup>[۱۴]</sup> تاکی و همکاران به بررسی رابطه بین پارامترهای ایزوکنتیک شامل گشتاور اوج و توان برای گروه عضلات اکستنسور زانوی زنان مسن پرداختند. این مطالعه پیشنهاد می‌کند که گشتاور اوج نشان‌دهنده کار و توان ممکن است تنها پارامتر اساسی برای آزمون عملکرد ایزوکنتیک عضلانی، عضلات اکستنسور زانوی زنان مسن باشد.<sup>[۱۵]</sup>

با مرور بر مطالعات قبلی می‌توان چنین جمع‌بندی کرد که تمرینات با زنجیره حرکتی باز و بسته می‌تواند در بهبود عملکرد و فعالیت عضلات مورد استفاده قرار گیرد، اما تفاوت‌های این دو شیوه بین افراد فعال نیاز به بررسی بیشتری دارد. در این تحقیق تلاش شد تا به این پرسش پاسخ داده شود که آیا عمل فلکشن و اکستنشن زانو با دو شیوه زنجیره حرکتی باز و بسته بر متغیرهای کینتیکی به دست‌آمده از دستگاه ایزوکنتیک بایودکس ۳ در گروه زنان فعال متفاوت است یا خیر. به‌طور مشخص هدف از انجام تحقیق حاضر، مقایسه متغیرهای منتخب کینتیکی (اوج گشتاور و زمان رسیدن به حداکثر گشتاور، میانگین توان و کل کار) عضلات موافق و مخالف اکستنسوری زانوی زنان جوان فعال در زنجیره حرکتی باز در دو سرعت ۶۰ و ۱۸۰ درجه بر ثانیه بود.

### مواد و روش‌ها

جامعه آماری تحقیق نیمه‌آزمایشگاهی حاضر، مدل تحقیق مقایسه‌ای و نوع تحقیق کاربردی را دانشجویان زن جوان فعال رشته تربیت‌بدنی (۱۸ تا ۳۰ سال) دانشگاه خوارزمی تهران تشکیل دادند. از درون جامعه آماری بعد از غربالگری اولیه (تاریخچه‌ای از درد یا آسیب در اندام تحتانی، آسیب‌های عصبی یا اسکلتی-عضلانی، قدرت

ضعیف‌ترین نقطه از دامنه حرکتی محدود نمی‌شود زیرا مقاومت قابل تطبیق و سازگاری دارد.<sup>[۱۶]</sup> در میان متغیرهایی که شرایط و وضعیت مکانیکی یک سیستم را توصیف می‌کنند، متغیرهای انرژی حاوی اطلاعات بیشتری هستند. با تحلیل متغیرهای انرژی و مطالعه چگونگی روند تغییرات آن‌ها می‌توان اطلاعات زیادی از وضعیت، رفتار و قابلیت‌های مکانیکی سیستم به دست آورد. کارگرو و همکاران به ارزیابی تأثیر تمرین مقاومتی کوتاه‌مدت (سه‌روزه) با استفاده از یک روش عمل متقابل بر عملکرد عضلانی مردان سالم و مقایسه این اثرات با یک گروه تمرین مقاومتی متداول پرداختند<sup>[۱۷]</sup>؛ نتایج تحلیل بین گروهی نشان داد که تمرین REC نسبت به TRA برای رسیدن به اوج گشتاور در هر دو سرعت مؤثرتر بود. بر اساس یافته‌ها REC را به‌عنوان روشی مناسب در توان‌بخشی و تمرینات بالینی معرفی کردند.<sup>[۱۸]</sup>

گوپلهم و همکاران معماری عضله و تغییرات در فعالیت الکترومایوگرافی را حین تمرینات اکسنتریک ایزوتونیک و ایزوکنتیک اکستنسورهای زانو مورد مطالعه قرار دادند؛ ۱۷ آزمودنی در دو گروه آزمون ایزوکنتیک و ایزوتونیک، انقباضات اکسنتریک عضلات اکستنسور زانو را انجام دادند. گشتاور، سرعت زاویه‌ای، معماری پهن داخلی و فعالیت الکترومایوگرافی عضلات موافق و مخالف به‌طور هم‌زمان ضبط شد. یافته‌ها حاکی از آن بود که سطوح فعالیت عضلات موافق و همکاری فعال عضله مخالف در روش ایزوتونیک در طول‌های کوتاه، بالاتر از روش ایزوکنتیک بود.<sup>[۱۹]</sup> نتیجه‌گیری تحقیق این بود که پروتکل‌های اکسنتریک با این رویکرد که کار بالینی و یا ورزشی است باید مورد استفاده قرار گیرد.<sup>[۱۹]</sup> آنتونی ریماد و همکاران به تحلیل اثرات نوع انقباض (ایزوتونیک در مقابل شرایط کانستریک ایزوکنتیک) پرداختند؛ آن‌ها زاویه مفصلی، فعالیت عضله موافق و همکاری فعال عضله مخالف را حین اکستنشن استاندارد زانو مورد بررسی قرار دادند و برای این مطالعه ۱۲ شخص سالم سه ست اکستنشن ایزوتونیک زانو را در ۴۰ درصد حداکثر گشتاور ایزومتریک ارادی به دنبال سه ست حداکثر اکستنشن ایزوکنتیک، روی یک دینامومتر ایزوکنتیک انجام دادند. یافته‌های مطالعه نشان داد که فعالیت عضله موافق و همکاری فعال عضله مخالف در انقباض ایزوتونیک بسیار بیشتر از انقباض ایزوکنتیک است.<sup>[۱۱]</sup> استندوتر و همکاران مطالعه‌ای با هدف بررسی فعال‌سازی چهارسران در تمرینات با زنجیره حرکتی باز و بسته انجام دادند. نتیجه‌گیری کلی این‌گونه بیان شد که تمرین با زنجیره حرکتی بسته نسبت به زنجیره حرکتی باز باعث ارتقاء فعال‌سازی ابتدایی چهارسران و تعادل عضلانی می‌شود که ممکن است در طراحی برنامه‌های تمرینی اهمیت داشته باشد.<sup>[۱۲]</sup> مایر و همکاران در تحقیقی به این نتیجه رسیدند که بهینه‌سازی اشکال مختلف تمرین و آزمون در

راست زانوی فرد تنظیم و ثابت گردید. پس از پرسش از آزمودنی و اطمینان از اینکه احساس ناراحتی در مفصل مچ و زانو نداشته باشد، کمربندهای مربوطه به تثبیت کردن فرد بر روی صندلی مطابق با راهنما بسته شد. پس از قرارگیری درست آزمودنی، قبل از عمل آزمون گیری، دستگاه برای انجام عمل گرم کردن تنظیم شد و از آزمودنی خواسته شد تا با انجام دو انقباض ملایم اکستنشن در ۱۸۰ درجه بر ثانیه، دو انقباض اکستنشن متوسط در ۱۸۰ درجه بر ثانیه و در آخر پنج انقباض متوالی در ۶۰، ۹۰ و ۱۸۰ درجه بر ثانیه عمل گرم کردن روی دستگاه را انجام دهد. بعد از این مرحله، ۳۰ ثانیه تا ۱ دقیقه به عضلات فرد استراحت داده شد تا آزمون اصلی را بدون احساس خستگی انجام دهد.

(ب)



ناکافی برای انجام آزمون به طور معمول و یا شرکت در برنامه‌های سنگین ورزشی حداقل ۶ ماه قبل از آزمون-گیری، ۹ نفر به صورت تصادفی انتخاب شدند.

برای ست‌آپ سیستم، دستگاه قبل از انجام آزمون مطابق با دستورالعمل‌های شرکت سازنده کالیبره و تنظیم شد. برای آماده کردن آزمودنی‌ها، روش تحقیق و مراحل آزمایش برای هر آزمودنی توضیح داده شد تا با پروتکل آزمایش آشنا شود. پس از کسب رضایت از آن‌ها و تکمیل فرم اطلاعات فردی و رضایت‌نامه و اندازه‌گیری وزن و قد، با توجه به فرم اطلاعات و داشتن صلاحیت برای انجام آزمون، برای گرم کردن از آزمودنی‌ها خواسته شد تا مطابق با راهنما روی دستگاه قرار گیرند، سپس متناسب با آزمودنی، اتچمنت مربوط به مفصل

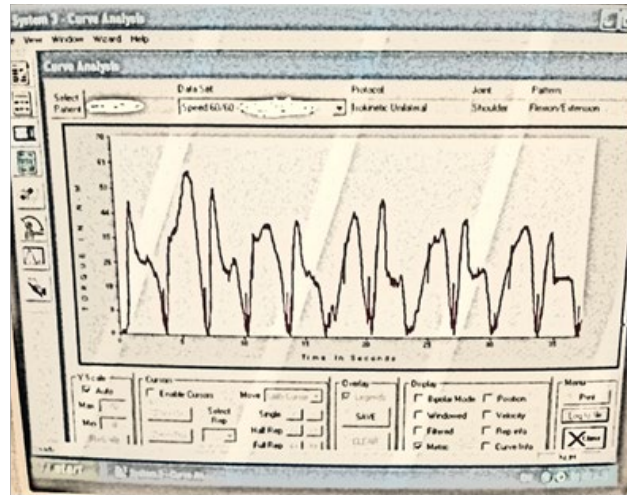
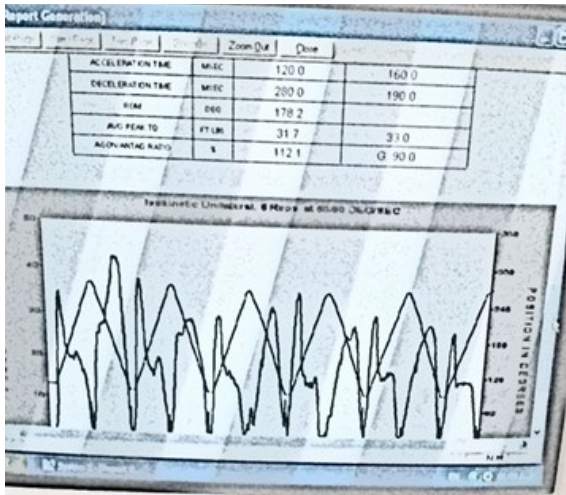
(الف)



تصویر ۲. الف). انجام آزمون فلکشن و اکستنشن زانو به صورت زنجیره باز حرکتی با دستگاه ایزوکتیک با یو دکس  
ب). انجام آزمون فلکشن و اکستنشن زانو به صورت زنجیره بسته حرکتی با دستگاه ایزوکتیک با یو دکس

		EXTENSION 60 DEGREE	FLEXION 60 DEGREE			EXTENSION 180 DEGREE	FLEXION 180 DEGREE
Sub: LEFT				Sub: LEFT			
# OF REPS: 5				# OF REPS: 5			
PEAK TORQUE	NM	66.6	43.3	PEAK TORQUE	NM	62.8	29.4
PEAK TQ/BN	%	111.1	72.2	PEAK TQ/BN	%	104.8	49.1
TIME TO PK TQ	MSEC	510.0	520.0	TIME TO PK TQ	MSEC	290.0	350.0
ANGLE OF PK TQ	DEG	62.0	41.0	ANGLE OF PK TQ	DEG	129.0	128.0
TORQ @ 30.0 DEG	NM	33.5	34.2	TORQ @ 30.0 DEG	NM	0.0	0.0
TORQ @ 9.18 SEC	NM	51.0	13.9	TORQ @ 9.18 SEC	NM	55.7	5.4
ODEFF. OF VAR	%	10.7	3.8	ODEFF. OF VAR	%	17.2	31.9
MAX REP TOT WORK	J	64.2	48.7	MAX REP TOT WORK	J	66.9	26.5
MAX WORK REP #	#	5	3	MAX WORK REP #	#	4	4
WRK/BODY WEIGHT	%	107.1	81.2	WRK/BODY WEIGHT	%	111.6	44.1
TOTAL WORK	J	279.8	225.1	TOTAL WORK	J	286.7	105.3
WORK FIRST THIRD	J	84.9	74.1	WORK FIRST THIRD	J	82.5	22.5
WORK LAST THIRD	J	97.9	78.1	WORK LAST THIRD	J	102.3	47.5
WORK FATIGUE	%	-15.3	-5.3	WORK FATIGUE	%	-24.0	-11.6
AVG. POWER	WATTS	39.3	27.8	AVG. POWER	WATTS	102.8	29.5
ACCELERATION TIME	MSEC	40.0	80.0	ACCELERATION TIME	MSEC	60.0	180.0
DECELERATION TIME	MSEC	120.0	280.0	DECELERATION TIME	MSEC	80.0	140.0
ROM	DEG	78.3		ROM	DEG	75.4	
AVG PEAK TQ	NM	61.3	42.3	AVG PEAK TQ	NM	55.2	25.2
ADONANE AG. PAKO	%	65.0	G: 62.0	ADONANE AG. PAKO	%	48.9	G: 76.0

تصویر ۳. جداول نمایش داده شده در دستگاه پس از انجام تست‌های مربوطه



تصویر ۴. نمودارهای نمایش داده شده توسط دستگاه حین انجام فلکشن و اکستنشن زانو

بین تکرارها، انحراف استاندارد پایین تر یا بالاتر از حد استاندارد نشان می‌داد که این موجب می‌شد تا آزمودنی آزمون را به طور مجدد انجام دهد تا به انحراف استاندارد مطلوب دست یابد.

برای نرمالایز کردن داده‌ها که با قصد مقایسه کردن اطلاعات باهم به کار گرفته می‌شود، در قسمت خروجی اطلاعات از دستگاه یکی از داده‌های دستگاه میزان حداکثر گشتاور را نشان می‌دهد که به وزن بدن نرمال و به صورت درصد عنوان شده است که از این عدد در تحلیل داده‌ها استفاده شد. برای آنالیز داده‌ها که با هدف انجام محاسبات ریاضی روی اطلاعات خام برای تبدیل آن‌ها به متغیرهای وابسته صورت می‌گیرد، متغیرهای ایزوکنتریک، پس از انجام آزمون‌گیری به دو شیوه تمرینی و اعمال حداکثر تلاش توسط هر شخص، داده‌ها با عددی که دستگاه به منظور صحیح بودن تلاش‌ها به ما می‌دهد (۶-۱۲) و همچنین بررسی منحنی‌های مربوط به هر تلاش صحت آزمون‌گیری تأیید شد و اطلاعاتی که مربوط به اوج و زمان رسیدن به حداکثر گشتاور، متوسط توان و کل کار انجام شده است، ثبت گردید.

برای تحلیل آماری از آمار توصیفی میانگین و انحراف استاندارد، برای بررسی توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک و از آزمون لون برای بررسی واریانس داده‌ها استفاده شد. برای مقایسه متغیرها بین زنان فعال، در دو زنجیره حرکتی باز در سرعت‌های ۶۰ و ۱۸۰ درجه بر ثانیه از آزمون تی مستقل در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده گردید.

#### یافته‌ها

مشخصات دموگرافیکی آزمودنی‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. همان گونه که مشاهده می‌شود، اختلاف معناداری بین متغیرهای دموگرافیک آزمودنی‌ها وجود ندارد.

برای جمع‌آوری داده‌ها، از آزمودنی خواسته شد تا فرآیند آزمون‌گیری اصلی را مطابق با مطالعه خالد و همکاران با نهایت تلاش انجام دهد. عمل آزمون‌گیری به ترتیب شامل ابتدا ۵ تکرار اکستنشن در ۶۰ درجه بر ثانیه و ۳۰ ثانیه استراحت سپس ۵ تکرار اکستنشن در ۱۸۰ درجه بر ثانیه و ۳۰ ثانیه استراحت بود. در نهایت، از آزمودنی‌ها خواسته شد تا پاهایشان را در یک تلاش حداکثری به مقاومت سازگار شده در یک سرعت از قبل تعیین شده حرکت دهند تا عضلات مورد نظر جهت تعیین چهار عملکرد عضله که شامل اوج و زمان رسیدن به حداکثر گشتاور، توان متوسط و کل کار انجام شده است، مورد آزمایش قرار گیرند. باید توجه شود که حین عمل آزمون‌گیری، پس از هر مرحله دستگاه انحراف استاندارد نشان می‌دهد که مشخص کننده صحت و درستی و تلاش حداکثری فرد در هر تکرار بود، در صورتی که اگر این انحراف استاندارد بالاتر از میزان استاندارد می‌شد، آزمون باید دوباره انجام می‌گرفت. پس از بررسی درستی تمام آزمون‌ها اطلاعات مربوط به هر آزمودنی و هر پروتکل در حافظه دستگاه ذخیره گردید. در نهایت، کمربندها و اتصالات مربوطه از آزمودنی جدا شد و از فرد خواسته شد تا مجدداً عضلات چهارسر و همسترینگ خود را به مدت سه تا پنج دقیقه تحت کشش قرار دهد و عمل سرد کردن را به منظور جلوگیری از کوفتگی و درد عضلانی انجام دهد.

پردازش اطلاعات در سه مرحله چک کردن داده‌ها، نرمالایز کردن داده‌ها و آنالیز داده‌ها انجام شد. برای چک کردن داده‌ها، حذف اطلاعات پرت و خطاها صورت گرفت. در این مرحله هم‌زمان با انجام آزمون توسط آزمودنی، با توجه به خروجی اطلاعات دستگاه ایزوکنتریک، اطلاعات به صورت نموداری و دیداری چک و بررسی شد. همچنین خود دستگاه در صورت وجود اشتباه حین انجام حرکات یا اختلاف زیاد

جدول ۱. میانگین و انحراف استاندارد مشخصات دموگرافیک آزمودنی‌ها (۹ نفر)

متغیر	گروه	معناداری
سن (سال)	۲۳/۰۰±۲/۰۶	۰/۶۷
قد (متر)	۱/۶۴±۰/۰۵	۰/۷۴
وزن (کیلوگرم)	۶۴/۶۶±۵/۱۴	۰/۳۰
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر متر مربع)	۲۳/۹۵±۱/۱۳	۰/۱۴

ی وجود تفاوت در متغیرهای حداکثر گشتاور فلکشن و اکستنشن سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه به ترتیب  $P=0/001$ ،  $P=0/001$ ، اوج زمان رسیدن به گشتاور اکستنشن در سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه  $P=0/001$ ، توان مکانیکی فلکشن و اکستنشن سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه به ترتیب  $P=0/002$ ،  $P=0/001$ ، کل کار فلکشن و اکستنشن سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه به ترتیب برابر  $P=0/001$ ،  $P=0/001$  بود. در آخر می‌توان چنین گفت که متغیرهای حداکثر گشتاور فلکشن و اکستنشن، توان و کار در سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه در زنجیره باز نسبت به زنجیره بسته بیشتر است، اما در متغیر زمان رسیدن به اوج گشتاور فلکشن و اکستنشن در زنجیره بسته بیشتر است.

یافته‌های مربوط به متغیرهای منتخب کینتیکی زنجیره حرکتی باز و بسته در گروه فعال در سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه در جدول ۲ ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، مقدار  $P$  در متغیرهای حداکثر گشتاور فلکشن، حداکثر گشتاور اکستنشن به ترتیب  $P=0/001$  و  $P=0/001$  در متغیرهای زمان رسیدن به حداکثر گشتاور فلکشن و حداکثر گشتاور اکستنشن به ترتیب  $P=0/001$  و  $P=0/001$  در متغیرهای توان متوسط فلکشن و اکستنشن به ترتیب  $P=0/001$  و  $P=0/002$  در متغیرهای کل کار فلکشن و اکستنشن به ترتیب  $P=0/001$  و  $P=0/001$  گزارش شد. نتایج کلی دریافت‌شده از جدول این‌گونه بیان می‌شود که آزمون تی در گروه فعال در زنجیره‌های باز و بسته نشان‌دهنده-

جدول ۲. میانگین و انحراف استاندارد و آماره مربوط به متغیرهای منتخب کینتیکی (اوج زمان رسیدن به حداکثر گشتاور، توان مکانیکی و کل کار) آزمودنی‌های گروه فعال در سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه

زاویه عمل	متغیر	زنجیره باز	زنجیره بسته	T	P
حداکثر گشتاور فلکشن		۵۰/۸۷±۱۳/۶۳	۲۶/۶۱±۵/۴۸	۴/۹۵	۰/۰۰۱*
		۱۳/۸۸-۳۴/۶۵	۱۳/۴۲-۳۵/۱۰		
حداکثر گشتاور اکستنشن		۸۸/۹۱±۲۹/۶۴	۴۷/۹۴±۱۱/۱۲	۳/۸۸	۰/۰۰۱*
		۱۸/۵۹-۶۳/۳۴	۱۷/۵۱-۶۴/۴۲		
اوج زمان رسیدن به حداکثر گشتاور فلکشن		۵۲۳/۳۳±۱۰۵/۹۴	۶۰۰/۰±۸۰/۴۶	-۱/۷۲	۰/۱۰
		-۱۷۰/۶۷-۱۷/۳۴	-۱۷۱/۲۳-۱۷/۸۹		
اوج زمان رسیدن به حداکثر گشتاور اکستنشن		۳۶۸/۸۸±۸۰/۶۹	۸۵۳/۳۳±۱۵۱/۴۹	-۸/۴۶	۰/۰۰۱*
		-۶۰۵/۷۳-۳۶۳/۱۵	-۶۰۸/۸۷-۳۶۰/۰۱		
توان مکانیکی فلکشن		۳۰/۵۸±۱۴/۴۸	۱۷/۹۷±۳/۲۸	۲/۵۴	۰/۰۰۲*
		۲/۱۱-۲۳/۱۰	۱/۳۷-۲۳/۸۴		
توان مکانیکی اکستنشن		۴۷/۶۳±۱۴/۰۰	۲۲/۳۸±۶/۸۱	۴/۸۶	۰/۰۰۱*
		۱۴/۲۳-۳۶/۲۵	۱۳/۸۸-۳۶/۶۰		
کل کار فلکشن		۲۶۱/۷۰±۵۴/۸۷	۴۲/۶۲±۹/۵۱	۱۱/۸۰	۰/۰۰۱*
		۱۷۹/۷۱-۲۵۸/۴۳	۱۷۶/۶۸-۲۶۱/۴۷		
کل کار اکستنشن		۳۶۵/۰۱±۳۹/۹۵	۱۳۳/۹۳±۲۶/۴۵	۱۴/۴۵	۰/۰۰۱*
		۱۹۷/۱۷-۲۶۴/۹۷	۱۹۶/۷۵-۲۶۵/۳۹		

رسیدن به حداکثر گشتاور فلکشن و حداکثر گشتاور اکستنشن به ترتیب  $P=0/001$  و  $P=0/001$  در متغیرهای توان متوسط فلکشن و توان متوسط اکستنشن به ترتیب  $P=0/0049$  و  $P=0/001$  در متغیرهای کل کار فلکشن و کل کار اکستنشن به ترتیب  $P=0/001$  و  $P=0/001$  گزارش شد.

نتایج مربوط به متغیرهای منتخب کینتیکی زنجیره حرکتی باز و بسته در گروه فعال در سرعت ۱۸۰ درجه بر ثانیه در جدول ۳ ارائه شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، مقدار  $P$  در متغیرهای حداکثر گشتاور فلکشن، حداکثر گشتاور اکستنشن به ترتیب  $P=0/006$  و  $P=0/043$  در متغیرهای زمان

درجه بر ثانیه و حداکثر گشتاور فلکشن ( $P=0/43$ ) و توان مکانیکی فلکشن ( $P=0/49$ ) در سرعت ۱۸۰ درجه بر ثانیه در سایر متغیرها در دو زنجیره باز و بسته تفاوت معنادار وجود دارد. در آخر می‌توان چنین گفت که متغیرهای حداکثر گشتاور فلکشن و اکستنشن، توان و کار در سرعت ۱۸۰ درجه بر ثانیه نیز در زنجیره باز نسبت به زنجیره بسته بیشتر است، اما در متغیر زمان رسیدن به اوج گشتاور فلکشن و اکستنشن در زنجیره بسته بیشتر است.

نتایج کلی دریافت شده نشان‌دهنده وجود تفاوت در متغیرهای حداکثر گشتاور اکستنشن سرعت ۱۸۰ درجه بر ثانیه ( $P=0/006$ )، اوج زمان رسیدن به گشتاور فلکشن و اکستنشن سرعت ۱۸۰ درجه بر ثانیه به ترتیب برابر  $P=0/001$ ،  $P=0/001$ ، توان مکانیکی اکستنشن سرعت ۱۸۰ درجه بر ثانیه ( $P=0/001$ )، کل کار فلکشن و اکستنشن سرعت ۱۸۰ درجه بر ثانیه به ترتیب برابر  $P=0/001$ ،  $P=0/001$  بود. نتایج آزمون تی مستقل نشان داد به غیر از متغیرهای اوج زمان رسیدن به حداکثر گشتاور فلکشن ( $P=0/10$ ) در سرعت ۶۰

جدول ۳. میانگین و انحراف استاندارد و آماره مربوط به متغیرهای منتخب کینتیکی (اوج زمان رسیدن به حداکثر گشتاور، توان مکانیکی و کل کار) آزمودنی‌های گروه فعال در سرعت ۱۸۰ درجه بر ثانیه

زاویه عمل	متغیر	زنجیره باز	زنجیره بسته	T	P
سرعت ۱۸۰ درجه بر ثانیه	حداکثر گشتاور فلکشن	۳۹/۴۷±۱۱/۸۰ -۶/۸۷-۱۵/۱۱	۳۵/۳۵±۱۰/۱۳ -۶/۸۹-۱۵/۱۳	۰/۷۹	۰/۴۳
	حداکثر گشتاور اکستنشن	۵۹/۹۴±۱۱/۵۲ ۶/۲۷-۳۲/۵۲	۴۰/۵۴±۱۴/۵۷ ۶/۲۱-۳۲/۵۸	۳/۱۳	۰/۰۰۶*
	اوج زمان رسیدن به حداکثر گشتاور فلکشن	۴۲۱/۱۱±۱۵۹/۵۶ -۳۹۲/۲۰-۱۳۳/۳۱	۶۸۲/۲۲±۸۵/۱۱ -۳۹۲/۲۰-۱۳۰/۰۱	-۴/۳۳	۰/۰۰۱*
	اوج زمان رسیدن به حداکثر گشتاور اکستنشن	۲۶۸/۸۸±۶۴/۷۰ -۶۵۴/۵۵-۴۷۴/۳۳	۸۳۳/۳۳±۱۰۹/۸۸ -۶۵۶/۳۰-۴۷۲/۵۸	-۱۳/۲۷	۰/۰۰۱*
	توان مکانیکی فلکشن	۲۵/۴۴±۱۲/۵۶ -۶/۳۸-۱۲/۷۴	۲۲/۲۶±۵/۰۴ -۶/۸۰-۱۳/۱۶	۰/۷۰	۰/۴۹
	توان مکانیکی اکستنشن	۸۲/۶۷±۲۳/۱۱ ۴۲/۳۳-۷۵/۷۸	۲۳/۶۲±۵/۱۰ ۴۱/۱۳-۷۶/۹۷	۷/۴۸	۰/۰۰۱*
	کل کار فلکشن	۲۰۱/۰۰±۷۴/۴۰ ۴۸/۱۹-۱۵۸/۶۲	۲۵۴/۱۲±۷۳/۶۰ ۴۵/۰۷-۱۶۱/۷۴	۳/۹۷	۰/۰۰۱*
	کل کار اکستنشن	۲۵۴/۱۲±۷۳/۶۰ ۹۵/۶۲-۲۰۲/۷۹	۱۰۴/۹۱±۱۸/۲۳ ۹۲/۰۰-۲۰۶/۴۱	۵/۹۰	۰/۰۰۱*

است. از دیدگاه بیومکانیکی باید توجه داشت که نیروهای فشاری و برشی تقریباً در همه حرکات روی یک مفصل اعمال می‌شود.

نتایج آزمون تی مستقل نشان داد به غیر از متغیرهای اوج زمان رسیدن به حداکثر گشتاور فلکشن ( $P=0/10$ ) در سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه و حداکثر گشتاور فلکشن ( $P=0/43$ ) و توان مکانیکی فلکشن ( $P=0/49$ ) در سرعت ۱۸۰ درجه بر ثانیه در سایر متغیرها در دو زنجیره باز و بسته در گروه فعال تفاوت معنادار وجود دارد. مایر و همکاران در (۲۰۰۳) بررسی بهینه‌سازی اشکال مختلف تمرین در ورزش و درمان مدعی شدند که هیچ شکل خاصی از تمرین یا آموزش فایده یا برتری ویژه‌ای بر دیگری ندارد و تنها برای ارزیابی کارایی و در نظرگیری نیروهای فشاری و برشی، فعالیت عضلانی و میزان هم‌انقباضی عضلات تمرینات ویژه صورت می‌گیرد<sup>[۴]</sup> که نتایج این مطالعه تا حدی با یافته‌های تحقیق حاضر ناهم‌سو است. احتمال ناهمخوانی را می‌توان این موضوع مرتبط دانست که

### بحث

هدف از مطالعه حاضر مقایسه متغیرهای کینتیکی به‌دست‌آمده از دستگاه ایزوکتیک در گروه زنان فعال حین انجام آزمون‌های فلکشن و اکستنشن زانو با دینامومتر بایودکس به دو صورت زنجیره حرکتی باز و بسته در دو سرعت ۶۰ و ۱۸۰ درجه بر ثانیه بود که برای انجام این دو آزمون از اتصالات مربوط به هر نوع زنجیره حرکتی در دستگاه استفاده گردید. یافته‌های مطالعه حاضر هر کدام تا حدی از فرضیات پیشنهادی پشتیبانی می‌کنند. همان‌طور که در مقالات ذکر شد، به‌طورکلی تأیید شده است که تمرینات OKC و CKC در تمام حرکات ورزشی و فعالیت‌های روزمره زندگی درگیر هستند. در اشکال مختلف تمرینی مثل راه رفتن، دویدن و همچنین شوت کردن و پرتاب کردن و حرکاتی این‌چنین که در آن محور چرخش یا مقاومت خارجی با بخش انتهایی اندام یا بخش ثابت اندام است، اعمال می‌شود. در ضمن بیان گردیده است که تمایز و جداسازی تمرینات OKC و CKC دشوار



حداکثر گشتاور به دست آمده از دینامومتر ایزوکنیتیک می تواند برای تخمین مقادیر ۱RM اکستنشن ایزوتونیک زانو به کار رود.<sup>[۲۱]</sup>

در مطالعه‌ای نگرت بروفی و همکاران (۲۰۰۰) بیان کردند که در زمینه بالینی و بازتوانی آسیب‌های اندام تحتانی تمرینات تقویتی زنجیره حرکتی باز و بسته موثر است.<sup>[۱۴]</sup> در همین زمینه، آن‌ها به بررسی همبستگی قدرت و عملکرد حرکتی پایین‌تنه به دو شیوه زنجیره حرکتی باز و بسته ایزوکنیتیک در دو گروه آزمودنی بدون تاریخچه‌ای از درد یا آسیب اندام تحتانی پرداختند؛ نتایج مطالعه رابطه معناداری بین اکستنشن ایزوکنیتیک زانو، پرس پا و حرکت اسکات و همبستگی معناداری بین روش‌های مختلف آزمون‌گیری ایزوکنیتیک را نشان داد. از این رو، این محققین مدعی شدند که بین قدرت ایزوکنیتیک زنجیره باز و بسته و آزمون‌های عملکردی و قدرتی رابطه وجود دارد که این یافته‌ها تا حدی با فرضیات مطالعه حاضر همخوانی دارد. در مطالعه‌ای دیگر، رافائل چونکا و همکاران (۲۰۱۳) تأثیر تمرین مقاومتی سه‌روزه با استفاده از یک روش عمل متقابل را روی عملکرد عضلات مردان سالم غیرفعال مورد بررسی قرار دادند.<sup>[۹]</sup> در این تحقیق تمرین اکستنشن زانو به سه روش مختلف بر روی دستگاه ایزوکنیتیک انجام گرفت و یافته‌های مطالعه تا حدی از فرضیات پیشنهادی حمایت می‌کردند. نتایج همچنین نشان داد که گروه تمرین در حداکثر گشتاور خود هم در سرعت ۶۰ درجه و هم ۱۸۰ درجه بر ثابته افزایش قابل توجهی را نشان داد که با افزایش ۹ درصدی در قدرت اکستنشن مشخص بود. نتایج مطالعه حاضر با یافته‌های تحقیق مذکور همخوان است.

به نظر می‌رسد که یافته‌های مطالعات پیشین با یافته‌های مطالعات حاضر نیز هم‌خوانی دارد و بیانگر این است که در گروه فعال بین دو شیوه حرکتی زنجیره باز و بسته در دو سرعت ۶۰ و ۱۸۰ درجه بر ثابته تفاوت وجود دارد. در مطالعه خالد و همکاران (۱۹۹۹) ارتباط بین متغیرهای ایزوکنیتیک مانند حداکثر گشتاور، توان متوسط و کل کار گروه عضلات اکستنسور زانو در بین زنان مسن با این هدف که چگونه سرعت زاویه‌ای می‌تواند رابطه بین این سه متغیر را تحت تأثیر قرار دهد، مورد بررسی قرار گرفت.<sup>[۸]</sup> در مطالعه مذکور، عضله چهارسر را در دو سرعت ۶۰ و ۱۸۰ درجه بر ثابته مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج سازگاری یا ثبات برابر بین کل کار و توان متوسط با حداکثر گشتاور را نشان داد. یافته‌ها، این اصل را از طریق همبستگی بین سه متغیر ایجاد شده که قدرت روش ارزیابی عملکرد بر مبنای حداکثر گشتاور ایزوکنیتیک است را بزرگ‌نمایی کردند. ضمن اینکه، در مطالعه مذکور چنین ادعا شده است که افزایش زیاد در گشتاور و توان را ناشی از افزایش فراوان در سطح مقطع عضلانی در گروه تمرین کرده عنوان

در مطالعه مذکور، نیروهای فشاری و برشی مورد بررسی قرار گرفته است، درحالی‌که که در تحقیق حاضر، متغیرهای کینتیکی در دو شیوه زنجیره باز و بسته مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. در مطالعه سیستماتیک زاپرلی و همکاران (۲۰۱۶) که به ارزیابی ایزوکنیتیک و تکرارپذیری پارامترهای ایزوکنیتیک عضلات فلکسور و اکستنسور ران پرداخته بودند، مشخص شد که تست‌گیری با دینامومتر ایزوکنیتیک یک روش پایا و ایمنی است که به‌عنوان "گلد استاندارد" در ارزیابی قدرت عضلات در زنجیره حرکتی باز پذیرفته شده است و همچنین برای ارزیابی دقیق‌تر و قابلیت تکرارپذیری بیشتر، بهتر است که این موارد رعایت شود؛ اشخاص باید در وضعیت خوابیده به پشت قرار گیرند و محور دینامومتر باید با تروکانتر بزرگتر ران تنظیم گردد. موقعیت بازوی اهرم باید در سر دیستال ران قرار گیرد. سرعت زاویه‌ای که برای تحلیل کار و حداکثر گشتاور عضله به کار می‌رفت، ۶۰ درجه بر ثانیه و برای ارزیابی توان ۱۸۰ درجه بر ثانیه باشد.<sup>[۲۳]</sup> این مطالعه در به‌کارگیری از روش ایزوکنیتیک برای انجام تست، موثر بود. در این زمینه در مطالعه‌ای دیگر لوتز و همکاران (۱۹۹۳) بیان کردند که بین تمرینات OKC و CKC از لحاظ نسبت نیروها تفاوتی وجود دارد، به‌طوری‌که نسبت نیروی فشاری در تمرینات OKC ممکن است بیشتر باشد، درحالی‌که نیروهای فشاری در تمرینات CKC مشهودتر است.<sup>[۱۵]</sup> که تا حدی با فرضیات تحقیق حاضر همخوانی دارد. با این حال، یک دیدگاه دقیق‌تر بیان می‌کند که نیروهای فشاری و برشی هر دو توسط نیروهای عضلانی ایجاد می‌شوند؛ بنابراین به‌آسانی از یکدیگر جدا نمی‌شوند.<sup>[۱۶] و [۱۷]</sup> فیتزارد و همکاران (۱۹۹۷) در تحقیقی دیگر بر روی افراد آسیب‌دیده نیز به تفاوت در تمرین به دو شیوه زنجیره باز و بسته رسیدند.<sup>[۱۸]</sup> که باز هم با فرضیات و یافته‌های مطالعه حاضر همسو است. در مطالعه باسکوویچ و همکاران (۲۰۱۹) ادعا کرده‌اند که با توجه به علاقه قابل توجهی که اخیراً در مقایسه مزایا و محدودیت‌های بالقوه تمرینات CKC و OKC در ارتباط با توانبخشی اندام تحتانی وجود دارد، کیفیت حرکت ارتروکینماتیک در حرکات انجام‌شده در زنجیره باز و بسته مسئله اساسی است و بر همین اساس به تحلیل کیفیت حرکت ارتروکینماتیک در حرکات انجام‌شده در زنجیره باز و بسته در اشخاص سالم و افراد مبتلا به درد مزمن کندرومالاسی از طریق ویدئوآنالیز و بیورواتوگرافی پرداختند؛ بر اساس یافته‌های تحقیق، آنها مدعی شدند که شرایط CKC و OKC با مقادیر بزرگتر، چارچوب تست‌گیری کارآمدی برای تمایز بین زانوها و مفاصل فیزیولوژیکی با ضایعات کندرو است.<sup>[۲۲]</sup> در مطالعه‌ای دیگر (۲۰۱۸) از یک دینامومتر ایزوکنیتیک برای تعیین حداکثر گشتاور استفاده شد. با توجه همبستگی به معناداری که بین مقادیر گشتاور اوج و ۱RM اکستنشن زانو نتیجه‌گیری شد، ادعا کردند که مقادیر

میلتنر (۱۹۹۷) نتیجه گرفت که یک سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه در تمرینات با زنجیره حرکتی باز منجر به کاهش ۲PO درون-مفصلی که پایین تر از مقدار استراحتی است، می شود، در حالی که نتایج در سرعت ۱۸۰ درجه بر ثانیه باعث کاهش بسیار کمتری می شود.<sup>[۲۰]</sup>

کرد؛ نتایج این مطالعه نیز با یافته‌های تحقیق حاضر هم خوانی دارد. مطالعه دیگری ارتباط حداکثر گشتاور با کار و توان را روی عضلات اطراف زانو با ضرایب همبستگی بین ۶۷ تا ۹۹ بیان کردند.<sup>[۱۹]</sup> در این مطالعه هم یافته‌ها نشان دهنده تفاوت و تأثیر آزمون یا تمرین به شیوه زنجیره باز است که تا حدی مطابق با یافته‌های مطالعه حاضر است. در مطالعه‌های دیگر

۲۰۱۹ [۲۲]	بر اساس یافته‌های تحقیق، آنها مدعی شدند که شرایط CKC و OKC با مقادیر بزرگتر، چارچوب تست-گیری کارآمدی برای تمایز بین زانوها و مفاصل فیزیولوژیکی با ضایعات کندرو است.	با نتایج تحقیق حاضر همسو است.
۲۰۱۸ [۲۱]	ادعا کردند که مقادیر حداکثر گشتاور به دست آمده از دینامومتر ایزوکنتیک می تواند برای تخمین مقادیر ۱RM اکستنشن ایزوتونیک زانو به کار رود.	با نتایج تحقیق حاضر همسو است.
۲۰۱۶ [۲۳]	اشخاص باید در وضعیت خوابیده به پشت قرار گیرند و محور دینامومتر باید با تروکانتر بزرگتر ران تنظیم گردد، موقعیت بازوی اهرم باید در سر دیستال ران قرار گیرد. سرعت زاویه‌ای که برای تحلیل کار و حداکثر گشتاور عضله به کار می‌رود، ۶۰ درجه بر ثانیه و برای ارزیابی توان ۱۸۰ درجه بر ثانیه باشد.	با نتایج تحقیق حاضر همسو است.
۲۰۱۳ [۹]	نتایج تحلیل بین گروهی نشان داد که تمرین rec نسبت به tra برای رسیدن به اوج گشتاور در هر دو سرعت مؤثرتر بود. بر اساس یافته‌ها، rec را به عنوان روشی مناسب در توان بخشی و تمرینات بالینی معرفی کردند.	با نتایج تحقیق حاضر تا حدی همسو است.
۲۰۱۱ [۱۰]	نتایج سازگاری‌های عصبی-عضلانی خاصی را نشان داد که ممکن است بعد از تمرین اکسنتریک ایزوتونیک و ایزوکنتیک رخ داده باشد؛ نتیجه‌گیری تحقیق این بود که پروتکل‌های اکسنتریک با این رویکرد که کار بالینی و یا ورزشی است باید مورد استفاده قرار گیرد.	با نتایج تحقیق حاضر تا حدی همسو است.
۲۰۰۹ [۱۱]	نتیجه‌گیری این مطالعه بیان می‌کند که حین حرکات ایزوتونیک در مقایسه با حرکات ایزوکنتیک فعالیت بیشتری از چهارسر ران مورد نیاز است و به تبع آن مشارکت فعال همسترینگ هم افزایش می‌یابد.	با نتایج تحقیق حاضر ناهمسو است.
۲۰۰۳ [۱۲]	نتیجه‌گیری کلی این گونه بیان شد که تمرین با زنجیره حرکتی بسته نسبت به زنجیره حرکتی باز باعث ارتقاء فعال سازی ابتدایی چهارسر ران و تعادل عضلانی می‌شود که ممکن است در طراحی برنامه‌های تمرینی اهمیت داشته باشد.	با نتایج تحقیق حاضر همسو است.
۲۰۰۱ [۱۳]	بر اساس یافته‌ها، چنین نتیجه‌گیری شد که تست ایزوکنتیک بهبودی قابل توجه تری در قدرت چهارسر ران نشان می‌دهد، به همین دلیل آزمون ایزوکنتیک را به عنوان روش مناسبی برای آزمون یا تست قدرت توصیه کردند.	با نتایج تحقیق حاضر همسو است.
۲۰۰۰ [۱۴]	یافته‌ها، همبستگی بالای تست‌های ایزوکنتیک و تست‌های عملکردی را در قدرت پایین تنه و همچنین همبستگی معناداری را بین سه نوع تمرین ایزوکنتیک نشان داد و بر همین اساس یک رابطه معناداری بین قدرت ایزوکنتیک با زنجیره حرکتی باز و بسته در اندام پایین تنه و تست‌های عملکردی پیشنهاد شد.	با نتایج تحقیق حاضر همسو است.
۱۹۹۹ [۸]	در پایان، مطالعه حاضر پیشنهاد می‌کند که گشتاور اوج نشان دهنده کار و توان، ممکن است تنها پارامتر اساسی برای آزمون عملکرد ایزوکنتیک عضلانی و عضلات اکستنسور زانوی زنان باشد.	با نتایج تحقیق حاضر تا حدی همسو است.

### نتیجه‌گیری

توان بخشی باشد و بر همین اساس به مربیان و درمانگران به استفاده از آن توصیه شود. همچنین به دلیل بیشتر بودن مقادیر کینتیکی در سایر متغیرها به جز زمان در هر دو سرعت در زنجیره باز، انجام آزمون به شیوه زنجیره حرکتی باز برای بهبود قدرت و عملکرد عضله مناسب است. در آخر می‌توان به منظور انجام حرکت با دقت و کنترل بیشتر در افراد با تاریخچه‌ای از آسیب در اندام تحتانی توصیه می‌شود که به صورت زنجیره حرکتی بسته انجام گیرد و همچنین به منظور افزایش قدرت در حداکثر گشتاور، کار و توان متوسط در عضلات مربوطه به مربیان توصیه می‌شود که از آزمون و تمرین حرکتی به شیوه زنجیره باز استفاده گردد.

با توجه به یافته‌های تحقیق حاضر به دلیل تفاوت در نتایج آزمون فلکشن و اکستنشن زانو به شیوه زنجیره حرکتی باز و بسته در دو سرعت ۶۰ و ۱۸۰ درجه بر ثانیه، باید به محققین در تحلیل و انتظارات از آزمون‌های مذکور توجه داد. نتایج بیانگر کنترل و دقت بیشتر آزمون ایزوکنتیک به صورت زنجیره حرکتی بسته نسبت به زنجیره باز در هر دو سرعت بود. ضمن اینکه نتایج نشان دهنده بیشتر بودن زمان رسیدن به اوج گشتاور در آزمون به صورت زنجیره حرکتی بسته بود که شاید بتواند به عنوان ترجیح به استفاده از این شیوه برای بازتوانی پس از آسیب و

آقای دکتر حیدر صادقی می‌باشد. محققان این مقاله از تمامی دانشجویانی که در این پژوهش شرکت کردند و همچنین تمامی کسانی که به نحوی در اجرای این پژوهش یاری نمودند، صمیمانه تقدیر و تشکر می‌نمایند.

## تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر برگرفته از پایان‌نامه (کارشناسی ارشد تربیت بدنی-بیومکانیک ورزشی) خانم ناهید محمدی به راهنمایی

## منابع

- Grieco J, Pulsifer M, Seligsohn K, Skotko B, Schwartz A. Down syndrome: Cognitive and behavioral functioning across the lifespan. In American Journal of Medical Genetics Part C: Seminars in Medical Genetics. 2015;169(2):135-149.
- Contestabile A, Benfenati F, Gasparini L. Communication breaks-Down: from neurodevelopment defects to cognitive disabilities in Down syndrome. Progress in neurobiology. 2010;91(1):1-22.
- Turnpenny PD, Ellard S. Emery's Elements of Medical Genetics E-Book. Elsevier Health Sciences. 2016 Nov 30.
- Seno MP, Giacheti CM, Moretti-Ferreira D. Narrative language and fluency in Down syndrome: a review. Revista CEFAC. 2014 Aug;16(4):1311-7.
- Lott IT, Dierssen M. Cognitive deficits and associated neurological complications in individuals with Down's syndrome. The Lancet Neurology. 2010 Jun 1; 9(6):623-33.
- Nelson L, Johnson JK, Freedman M, Lott I, Groot J, Chang M, Milgram NW, Head E. Learning and memory as a function of age in Down syndrome: a study using animal-based tasks. Progress in Neuro-psychopharmacology and Biological Psychiatry. 2005 Mar 1; 29(3):443-53.
- Startin CM, Hamburg S, Strydom A. Comparison of Receptive Verbal Abilities Assessed Using the KBIT-2 and BPVS3 in Adults With Down Syndrome. Frontiers in psychology. 2019; 9:2730.
- Karmiloff-Smith A, Al-Janabi T, D'Souza H, Groet J, Massand E, Mok K, Startin C, Fisher E, Hardy J, Nizetic D, Tybulewicz V. The importance of understanding individual differences in Down syndrome. F1000Research. 2016; 5.
- Mégarbané A, Noguier F, Stora S, Manchon L, Mircher C, Bruno R, Dorison N, Pierrat F, Rethoré MO, Trentin B, Ravel A. The intellectual disability of trisomy 21: differences in gene expression in a case series of patients with lower and higher IQ. European Journal of Human Genetics. 2013 Nov; 21(11):1253.
- Afroz GA. An Introduction of Psychology and Exceptional Children. Tehran: University of Tehran; 1391. [In Persian].
- Channell MM, McDuffie AS, Bullard LM, Abbeduto L. Narrative language competence in children and adolescents with Down syndrome. Frontiers in Behavioral Neuroscience. 2015 Oct 30;9:283.
- Carroll DW. Psychology of language. (5th Ed). USA: Thomson Wadsworth. 2008.
- Gee JP. An introduction to discourse analysis: Theory and method. Routledge; 2004 Aug 2.
- Smith CS. Modes of discourse: The local structure of texts. Cambridge University Press; 2003 Apr 17.
- Levinsohn SH. Self-instruction materials on narrative discourse analysis. Online: <https://mail.jaars.org/~bt/narr.zip>. 2015.
- Evans V, Green M. Cognitive linguistics: An introduction. Edinburgh University Press; 2006.
- Botting N. Narrative as a tool for the assessment of linguistic and pragmatic impairments. Child language teaching and therapy. 2002 Feb;18(1):1-21.
- Boersma AH. The efficacy of story grammar training on narrative skills of children with specific language impairment. [Master's thesis]. Utrecht: Utrecht University; 2015.
- Janssen LH. The efficacy of Story Grammar Training in children with SLI: an efficacy study of narrative intervention as well as the establishment of the predictive value of executive and working memory ability on narrative scores. [Master's thesis]. Nijmegen: Radbound University Nijmegen; 2017.
- Hayward D, Schneider P. Effectiveness of teaching story grammar knowledge to pre-school children with language impairment. An exploratory study. Child Language Teaching and Therapy. 2000 Oct;16(3):255-84.
- Mandler JM, Johnson NS. Remembrance of things parsed: Story structure and recall. Cognitive psychology. 1977 Jan 1;9(1):111-51.
- Rumelhart DE. On evaluating story grammars. Cognitive Science. 1980 Jul;4(3):313-6.
- Stein NL, Glenn CG. An Analysis of Story Comprehension in Elementary School Children: A Test of a Schema.

24. Botting N. Narrative as a tool for the assessment of linguistic and pragmatic impairments. *Child language teaching and therapy*. 2002 Feb; 18(1):1-21.
25. Cleave PL, Girolametto LE, Chen X, Johnson CJ. Narrative abilities in monolingual and dual language learning children with specific language impairment. *Journal of Communication Disorders*. 2010 Nov 1;43(6):511-22.
26. Jones AC, Toscano E, Botting N, Atkinson JR, Denmark T, Herman R, Morgan G. Narrative skills in deaf children who use spoken English: Dissociations between macro and microstructural devices. *Research in developmental disabilities*. 2016 Dec 1; 59: 268-82.
27. Norbury CF, Bishop DV. Narrative skills of children with communication impairments. *International Journal of Language & Communication Disorders*. 2003 Jul 9;38(3):287-313.
28. Comblain A. Working memory in Down's syndrome: Training the rehearsal strategy. *Down's Syndrome, Research and Practice*. 1994; 2(3):123-6.
29. Feltis BB, Powell MB, Roberts KP. The effect of event repetition on the production of story grammar in children's event narratives. *Child abuse & neglect*. 2011 Mar 1;35(3):180-7.
30. Stein NL, Glenn CG. An Analysis of Story Comprehension in Elementary School Children: A Test of a Schema. 1979.
31. Næss KA, Lervåg A, Lyster SA, Hulme C. Longitudinal relationships between language and verbal short-term memory skills in children with Down syndrome. *Journal of Experimental Child Psychology*. 2015 Jul 1; 135:43-55.
32. Raghibdust Sh, Malekshahi A. Comprehension of Simple and Compound Syntactic Structures in Persian-speaking Down Children. *Literary Text Research*. 2009; 13 (39): 57-76.
33. Jahangiri N, Roohi, Z. The etiology of language delay and speech deficits in Down Syndrome. *Journal Of Linguistics & Khorasan Dialects*. 2012; 2(3): 135-172.
34. Faryabi F, Zarifian T, Yadegari F. Translation, Effect of a Core Vocabulary Intervention Program on Speech Intelligibility in 7-11-year-old Farsi-Speaking Educable Children with Down Syndrome. *J Rehab Med*. 2017; 6(1):104-113.
35. Asghari F, Akhavan M, Ghasemi Jobaneh R. Effect of Storytelling Method on Social Skills in Children with Down Syndrome. *jcmh*. 2018; 5 (3):1-10.
36. Goldman SR, Varnhagen CK. Memory for embedded and sequential story structures. *Journal of Memory and Language*. 1986 Aug 1; 25(4):401-418.
37. American Psychiatric Association. Diagnostic and statistical manual of mental disorders (5th ed.). Washington, DC: American Psychiatric Association; 2013.
38. Shahim S. Adaptation and standardization of Wechsler Intelligence scale for children revised (WISC-R). Shiraz: University of Shiraz. 5th edition; 2009.
39. Price JR, Roberts JE, Jackson SC. Structural development of the fictional narratives of African American preschoolers. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*. 2006.
40. Mäkinen L, Loukusa S, Nieminen L, Leinonen E, Kunnari S. The development of narrative productivity, syntactic complexity, referential cohesion and event content in four-to eight-year-old Finnish children. *First Language*. 2014 Feb;34(1):24-42.
41. Hickmann M. Children's discourse: person, space and time across languages. Cambridge University Press; 2004.
42. Westerveld MF, Moran CA. Spoken expository discourse of children and adolescents: Retelling versus generation. *Clinical linguistics & phonetics*. 2013 Sep 1;27(9):720-34.
43. Patten ML, Newhart M. Understanding research methods: An overview of the essentials. Routledge; 2017 Jun 26.
44. Jarrold C, Baddeley AD, Phillips CE. Verbal short-term memory in Down syndrome. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 2002.
45. Kay-Raining Bird E, Chapman RS. Sequential recall in individuals with Down syndrome. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 1994 Dec;37(6):1369-80.