

## Review Paper

## Investigation of Knee Arthrokinematic Changes Before and After Reconstruction of Anterior Cruciate Ligament: A Systematic Review

Ali Asghar Norasteh<sup>1</sup> , \*Mostafa Payandeh<sup>1</sup> , Zaher Mohammad Ashour<sup>1</sup>

1. Department of Corrective Exercises and Sports Injuries, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.



**Citation:** Norasteh AA, Payandeh M, Mohammad Ashour Z. [Investigation of Knee Arthrokinematic Changes Before and After Reconstruction of Anterior Cruciate Ligament (Persian)]. Journal of Sport Biomechanics. 2020; 6(2):66-85. <https://doi.org/10.32598/biomechanics.6.2.5>

<https://doi.org/10.32598/biomechanics.6.2.5>



## Article Info:

Received: 24 Jun 2020

Accepted: 27 Jun 2020

Available Online: 01 Sep 2020

## ABSTRACT

**Objective** The aim of this study was to investigate the arthrokinematic changes of the knee before and after the reconstruction of the anterior cruciate ligament and also to examine these changes after a period of rehabilitation exercises.

**Methods** In this systematic review study search was conducted in online databases of Ebsco, Scopus, Web of Science, PEDro, Google scholar, PubMed, Science Direct, CINAHL, SPORTDiscus, EMBASE and MEDLINE from 1970 to 2020. And keywords related to the topic were used to search for articles.

**Results** According to the search method, 127 articles were found that considering the inclusion criteria, 20 articles (20 English and 0 Persian) were selected. The results showed that the anterior glide in the injured knee increased significantly compared to the healthy knee. However, this arthrokinematic change was more observed in the medial epicondyle than in the lateral epicondyle. Also, among the articles, it is agreed that the highest arthrokinematic difference observed in injured persons compared to healthy individuals occurred between 15 degrees of flexion and complete extension of the knee. And Finally, the findings showed that the arthrokinematics of the knee after reconstruction, were more similar with before the reconstruction it up to a healthy knee. And also the arthrokinematic movements of the reconstructed ligament, even after a rehabilitation period, were more similar to the un reconstructed knee than to the healthy knee.

**Conclusion** According to the results of previous articles and being more obvious change of anterior glide, medial glide and to some extent external rotation in persons with anterior cruciate ligament rupture as well as no difference arthrokinematic knee before and after reconstruction of the anterior cruciate ligament, it seems important that rehabilitation programs and anterior cruciate ligament reconstruction techniques be planned in order to correct or prevent arthrokinematic changes are mentioned.

## Keywords:

Movement disorders, Anterior cruciate ligament injuries, Anterior cruciate ligament reconstruction, Osteoarthritis, Knee

## Extended Abstract

## 1. Introduction

**A**

arthrokinematic movements in the knee joint are performed naturally, which indicates the stability of this joint, it is provided

by the shape of the condyles, menisci, and patio support structures, the most important of which are the four main ligaments of the knee [1]. Among the mentioned structures, the Anterior Cruciate Ligament (ACL) plays a key role in knee stability [2]. Recent research has shown that the prevalence of ACL injury in individuals between the ages of 10 and 14 is increasing rapidly [4]. One of the first and most

## \* Corresponding Author:

Mostafa Payandeh, PhD. Candidate

Address: Department of Corrective Exercises and Sports Injuries, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.

Tel: +98 (917) 3675299

E-mail: paradise.gheshm2011@gmail.com

important consequences of this injury in the joint is the possibility of osteoarthritis in the knee joint [5]. Due to the pivotal role of this ligament in controlling the stability of the knee joint [22], it has been proven that its rupture will lead to a decrease in sense of depth, balance, decreased strength, decreased muscle function, and biomechanical changes [23]. Past studies have shown that even a damaged ACL that has been rebuilt shows signs of instability [21-26].

According to Barinius et al. (2014), after reconstruction of the ACL, 57% of those who were monitored for 14 years they had developed osteoarthritis in the injured knee [26]. The above raises the question of what arthrokinematic changes occur after ACL rupture and even after reconstruction, which causes irreversible complications? Therefore, the present review aimed to identify the most important arthrokinematic changes before and after ACL reconstruction as well as after a rehabilitation period according to previous research.

## 2. Methods

In this review article, we tried to collect the studies on arthrokinematic changes of the knee with ACL injury before and after reconstruction compared to a healthy knee from 1970 to 2020. These articles were done by searching the websites of Ebsco, Scopus, PEDro, Web of Science, Google Scholar, PubMed, Science Direct, CINAHL, SPORTDiscus, EMBASE and MEDLINE. The keywords used in this search included the following and their synonyms:

Knee, Gait knee kinematics, Gait knee kinematics Injured, Anterior cruciate ligament deficient, Arthrokinematic, Sagittal Plane Knee Motion, Anterior Cruciate Ligaments, Knee Joint Movements, Knee Pathology, ACL reconstruction Knee hypermobility, Accessory movement.

Manual search was also used to find articles. In this study, the quality of articles was also scored with the Modified Downs and Black checklist [27]. In fact, this checklist is set up to evaluate the methodology of random and non-random articles, based on this checklist, articles are divided into four levels. If the article score was between 24 and 28, the level was excellent, 19 to 23 was good, 14 to 18 was relatively good and less than 13 articles was considered poor.

## 3. Results

According to the search method, 127 articles were found and at the end, 20 articles were reviewed and finalized according to the inclusion and exit criteria. 8 studies evaluated knee arthrokinematic when walking and running normally or downhill on the treadmill [26-36]. Seven studies ex-

amined arthrokinematic of the knee in static position and weight bearing on one leg [37-43]. Two studies on going up and down stairs [44-46], one study was performed on a trampoline [47], another was performed on Lachman test [48], and the remaining study performed an arthrokinematic evaluation of the knee joint on a corpse after rupture [49].

Among the studies, 15 of the 20 found that the injured knee's anterior glide was significantly increased compared to the healthy knee. However, this arthrokinematic change was greater in the internal epicondyle than in the external one than in healthy individuals. After the anterior glide, the second and third obvious arthrokinematic changes that occurred between the two groups were an increase in the internal glide and an external rotation, respectively. Among the articles, it is agreed that the most common arthrokinematic difference observed in injured individuals compared to healthy individuals occurred between 15 degrees of flexion and full knee extension. Finally, research results indicate that the arthrokinematic of the knee after reconstruction were more similar to those before than to a healthy knee, also, the arthrokinematic movements of the reconstructed ligament, even after a period of rehabilitation, were more similar to the non-reconstructed knee than to the healthy knee.

## 4. Discussion and Conclusion

The highest arthrokinematic difference was observed in injured individuals compared to healthy individuals in the anterior glide and at angles between 15 degrees of flexion and full extension of the knee [29, 38, 40, 42, 49, 50]. Hoshino et al. (2012), Douglas et al. (2005) as well as Sangboom et al. (2015) have noted that changes in the anterior glide occur more frequently in the internal epicondyle than in the external epicondyle in people with ACL injury than in healthy individuals [32, 41, 48]. Research has shown that the injured knee has more external rotation or the internal rotation has decreased significantly than the healthy knee in certain movements [37, 38, 43, 46, 48]. It is also important to note that the results of the research showed that there was no significant difference in the arthrokinematic changes that occurred before and after the ACL reconstruction. The last and perhaps one of the most important points about people with ACL rupture that is very important and unfortunately less considered is finding the internal tibial glide in these people [32, 35, 36, 45].

Hoshino et al. (2012) have concluded that even after a period of rehabilitation people who had rebuilt their ACL, in the heel strike stage while running downhill, compared to healthy individuals, they had more roll and glide movements in the knee joint [32]. Ga O Bo et al. (2010) also

prescribed a 6-step rehabilitation course for these individuals. The results of this study showed that the kinematic variables of a reconstructed knee, despite participating in a rehabilitation program, are more similar to a non-reconstructed injured knee than a healthy knee [46].

## Ethical Considerations

### Compliance with ethical guidelines

This study is a systematic review and there is no need to for ethical approval.

### Funding

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

### Authors' contributions

Conceptualization, methodology and supervision: all authors; Review and writing the original draft and sources: Mostafa Payandeh, Zaher Mohammad Ashour; Review and editing: Ali Asghar Norasteh.

### Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

### Acknowledgements

The authors would like to thank the Research And Educational Officials of the University of Guilan and the Faculty of Physical Education and Sports Sciences.

# بررسی تغییرات آرتروکینماتیک زانو قبل و بعد از بازسازی رباط متقاطع قدامی: یک مطالعه مروری نظام‌مند

علی اصغر نورسته<sup>۱</sup>، \*مصطفی پاینده<sup>۱</sup>، زهرا محمد عاشور<sup>۱</sup>

۱. گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

## حکیده

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۴ تیر ۱۳۹۹

تاریخ پذیرش: ۷ تیر ۱۳۹۹

تاریخ انتشار: ۱۱ شهریور ۱۳۹۹

**هدف:** هدف از تحقیق حاضر بررسی تغییرات آرتروکینماتیک زانو قبل و بعد از بازسازی رباط متقاطع قدامی و همچنین بررسی این تغییرات بعد از یک دوره تمرینات توان‌بخشی بود.

**روش‌ها:** در این مقاله مروری نظام‌مند سعی شد مطالعات انجام‌شده در زمینه موضوع تحقیق از سال ۱۹۷۰ تا ۲۰۲۰ جمع‌آوری شود. در همین راستا وبسایت‌های وب آو ساینس، گوگل اسکالر، ساینس دایرکت، اسکوپوس، پایمد، مد لاین، پدرو، سینال، اسپورت دیسکاس، ام‌بیس، مورد استفاده قرار گرفت و از کلیدواژه‌های مرتبط با موضوع نیز برای جست‌وجوی مقالات استفاده شد.

**یافته‌ها:** با توجه به روش جست‌وجو ۱۲۷ مقاله یافت شد که در انتها با توجه به معیارهای ورود و خروج بیست مقاله بررسی و نهایی شد. پانزده تحقیق از بیست تحقیق یافت‌شده گزارش کرده‌اند که گلاید قدامی در زانوی آسیب‌دیده نسبت به زانوی سالم به شکل معنی‌داری افزایش یافته است. البته این تغییر آرتروکینماتیکی نسبت به افراد سالم در اپی‌کنندیل داخلی بیشتر از اپی‌کنندیل خارجی بود. بعد از گلاید قدامی به ترتیب افزایش گلاید داخلی و چرخش خارجی دومین و سومین تغییر آرتروکینماتیکی مشهودی بود که بین دو گروه رخ داد. در بین مقالات این اتفاق نظر دیده می‌شود که بیشترین اختلاف آرتروکینماتیکی مشاهده‌شده در افراد آسیب‌دیده نسبت به افراد سالم بین ۱۵ درجه فلکشن و اکستنشن کامل زانو رخ داده است و در انتها یافته‌های تحقیقات بیانگر این موضوع بود که آرتروکینماتیک زانو بعد از بازسازی، با قبل آن مشابهت بیشتری داشت تا با زانو سالم و همچنین حرکات آرتروکینماتیکی رباط بازسازی‌شده حتی بعد از یک دوره توان‌بخشی نیز با زانوی بازسازی‌نشده شباهت بیشتری داشت تا با زانوی سالم.

**نتیجه‌گیری:** با توجه به بررسی نتایج مقالات گذشته و بارزتر بودن تغییر گلاید قدامی، گلاید داخلی و تا حدودی چرخش خارجی در افراد دارای پارگی رباط متقاطع قدامی و همچنین عدم تفاوت آرتروکینماتیکی قبل و بعد از بازسازی رباط متقاطع قدامی و برنامه‌های توان‌بخشی رایج، به نظر می‌رسد برنامه‌های توان‌بخشی و تکنیک‌های بازسازی رباط متقاطع قدامی به شکل دقیق‌تر و هدف‌دارتر در راستای اصلاح یا جلوگیری از بروز تغییرات آرتروکینماتیکی ذکر شده برنامه‌ریزی شود.

## کلیدواژه‌ها:

اختلالات حرکت، پارگی رباط متقاطع قدامی، رباط متقاطع قدامی بازسازی شده، استئوآرتریت زانو

## مقدمه

رباط متقاطع قدامی در افراد زیر هفده سال، به خصوص در افراد بین ده تا چهارده سال، به سرعت در حال افزایش است [۴]. یکی از اولین و مهم‌ترین پیامدهای این آسیب در مفصل احتمال بروز آرتروز در مفصل زانوست [۵].

در هنگام فلکشن و اکستنشن در مفصل تیبیوفمورال ترکیبی از حرکات رول، گلاید (اسلاید) و چرخش<sup>۱</sup> در سطح مفصل اتفاق می‌افتد که برای حفظ تجانس دو استخوان ران و درشت‌نی روی همدیگر در هنگام حرکت ضروری است [۶]. در مفصل زانو در

انجام‌شدن حرکات رول، گلاید و چرخش در مفصل زانو به شکل طبیعی، که نشان‌دهنده ثبات این مفصل است، به وسیله شکل‌کنندیل‌ها، منیسک‌ها و ساختارهای حمایت‌کننده پاسیو که مهم‌ترین آن‌ها چهار رباط اصلی زانوست، فراهم می‌شود [۱]. از بین ساختارهای اشاره‌شده رباط متقاطع قدامی نقش کلیدی را در ثبات زانو ایفا می‌کند [۲]. آسیب این رباط در بین آسیب‌های ورزشی یکی از رایج‌ترین و ناتوان‌کننده‌ترین آسیب‌ها محسوب می‌شود [۳]. تحقیقات اخیر اشاره کرده‌اند که میزان شیوع آسیب

1. Rolling, sliding and spinning

\* نویسنده مسئول:

مصطفی پاینده، دانشجوی دکتری

نشانی: رشت، دانشگاه گیلان، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی.

تلفن: ۳۶۷۵۲۹۹ (۹۱۷) +۹۸

پست الکترونیکی: paradise.gheshm2011@gmail.com

جدول ۱. امتیازدهی مقالات بر اساس جدول چکلیست تعدیل شده داون و سیاه (Modified Downs and Black Checklist)

مقاله	گزارش دهی [۱۰]	اعتبار بیرونی [۳]	اعتبار داخلی		مجموع [۲۷]
			سوگیری [۷]	مداخله گر [۷]	
کن استفانی و همکاران (۲۰۲۰) [۳۹]	۸	۳	۶	۶	۲۳
جرج چالا و همکاران (۲۰۱۹) [۴۵]	۹	۲	۶	۶	۲۳
یانگ چن و همکاران (۲۰۱۸) [۳۴]	۸	۲	۵	۵	۲۰
برکجان اکپینار و همکاران (۲۰۱۸) [۲۹]	۷	۲	۶	۶	۲۱
یو زانگ (۲۰۱۶) [۳۶]	۹	۲	۶	۶	۲۳
بوجارشانی و همکاران (۲۰۱۵) [۳۳]	۷	۲	۶	۶	۲۱
سانگیوم کو و همکاران (۲۰۱۵) [۴۸]	۷	۲	۶	۵	۲۰
جی هیون هیوم و همکاران (۲۰۱۵) [۳۵]	۸	۲	۶	۶	۲۲
چن کینین و همکاران (۲۰۱۳) [۳۸]	۸	۲	۶	۶	۲۲
هید بوث و همکاران (۲۰۱۳) [۳۱]	۸	۳	۵	۵	۲۱
یوئیچی هوشینو و همکاران (۲۰۱۲) [۳۲]	۹	۳	۶	۶	۲۴
گا او بو و همکاران (۲۰۱۰) [۴۶]	۸	۲	۶	۶	۲۲
لوتیز دفریت و همکاران (۲۰۰۶) [۴۰]	۹	۲	۵	۵	۲۱
کویست جوانا (۲۰۰۶) [۴۷]	۷	۲	۶	۵	۱۹
توماس آندریاچی و همکاران (۲۰۰۵) [۳۰]	۹	۲	۶	۶	۲۳
دنيس داگلاس (۲۰۰۵) [۴۱]	۹	۲	۶	۶	۲۳
اسوین بیرن براندسون و همکاران (۲۰۰۲) [۴۵]	۷	۳	۶	۵	۲۱
هولمن و همکاران (۲۰۰۲) [۴۲]	۸	۳	۶	۶	۲۳
اسوین بیرن براندسون و همکاران (۲۰۰۱) [۳۷]	۹	۲	۵	۵	۲۱
هاکان جانسون و همکاران (۱۹۸۹) [۴۳]	۶	۲	۶	۵	۱۹

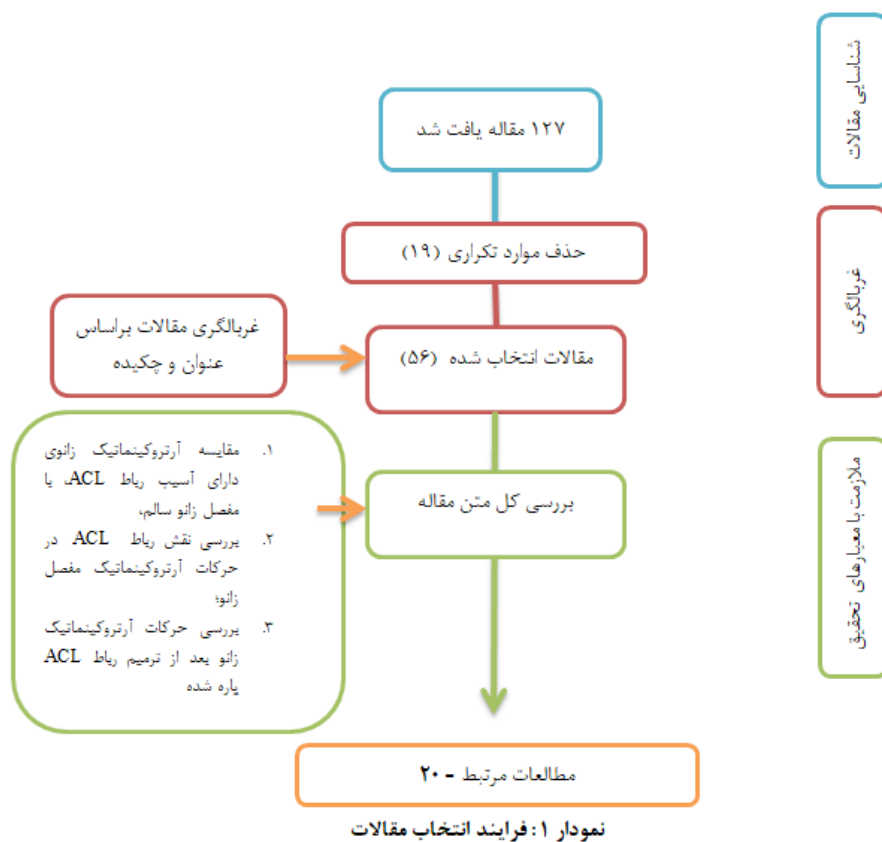
## مجله بیومکانیک ورزشی

هنگام حرکت، نسبت مقادیر رول و گلايد از طریق بررسی مسیر مرکز لحظه‌ای چرخش<sup>۲</sup> استنباط می‌شود [۷-۱۰]. در واقع عملکرد اصلی رباط متقاطع قدامی ایجاد ثبات در حرکات انتقالی و چرخش تیبیا نسبت به فمور است [۷، ۱۰]. رباط متقاطع قدامی دارای دو باند قدامی داخلی و خلفی خارجی است. باند قدامی داخلی هنگامی که زانو به فلکشن می‌رود، سفت و محکم می‌شود و باند خلفی خارجی نیز در زمان اکستنشن زانو در حالت سفت و محکم قرار می‌گیرد. این ترتیب عملکرد در رباط متقاطع قدامی نشان‌دهنده اعمال نقش این رباط در سرتاسر دامنه حرکتی فلکشن و اکستنشن است [۸].

همچنین رباط متقاطع قدامی، نگهدارنده اصلی جابه‌جایی

قدامی تیبیا روی فمور در حرکت هایپر اکستنشن و همچنین جلوگیری‌کننده از واروس و والگوس زانو در هنگام اکستنشن کامل است. همچنین این رباط از چرخش داخلی و خارجی زانو نیز در هنگام اکستنشن کامل جلوگیری می‌کند [۱۱]. البته باید اشاره شود که با ابداع تکنولوژی‌های پیشرفته، میزان این حرکات به میلی‌متر به شکل بسیار دقیق اندازه‌گیری شده است که نتایج آن‌ها به ما نشان می‌دهد درک آرتروکینماتیک مفصل تیبیوفمورال از آنچه تصور می‌شود، پیچیده‌تر است. برای نمونه خاصیان و همکاران به وسیله فلورسکوپی به روش دو بُعدی و سه بُعدی، گزارش کردند که از اکستنشن کامل تا حداکثر فلکشن زانو در خلف اپی‌کندیل خارجی ران به طور متوسط  $2 \pm 2/5$  میلی‌متر رول خلفی و در اپی‌کندیل داخلی به مقدار  $2/2 \pm 2/5$  میلی‌متر رول قدامی ایجاد می‌شود [۱۲].

## 2. Path of Instantaneous Centers of Rotation



مقالات یافت شده در وب سایت های (۵) Ebsco، (۱۲) Scopus، (۱۴) Web of Science، (۵۰) Google، (۴) SPORTDiscus، (۳) CINAHL، (۹) Science Direct، (۲۰) PubMed، scholar، (۴) EMBASE، (۰) MEDLINE، (۰) SID، (۰) ISC و (۰) MAGIRAN

#### تصویر ۱. مراحل انتخاب مقالات

#### مجله بیومکانیک ورزش

بودند [۲۶]. موارد اشاره شده این پرسش را ایجاد می کند که مگر بعد از پارگی رباط متقاطع قدامی و حتی بعد از بازسازی آن چه تغییرات آرتروکینماتیکی رخ می دهد که این تغییرات باعث عوارض برگشت ناپذیر می شود؟ متأسفانه هیچ مقاله مروری داخلی و خارجی ای نیافتیم که این سؤال را در قالب جامع تر و دقیق تری پاسخ دهد؛ بنابراین هدف از تحقیق مروری حاضر پی بردن به مهم ترین تغییرات آرتروکینماتیکی بعد از پارگی رباط متقاطع قدامی (چه قبل و چه بعد از بازسازی و همچنین بعد از یک دوره توان بخشی) با توجه به تحقیقات گذشته است.

#### روشن شناسی

در این مقاله مروری سعی کردیم مطالعات انجام شده در زمینه تغییرات آرتروکینماتیک زانوئی دارای آسیب رباط متقاطع قدامی قبل و بعد از بازسازی نسبت به زانوئی سالم را از سال ۱۹۷۰ تا ۲۰۲۰ جمع آوری کنیم. این مقالات را با جست و جو در وبسایت های وب آو ساینس، گوگل اسکالر، ساینس دایرکت، اسکوپوس، پابمد، مد لاین، پدرو، سینال، اسپورت دیسکاس،

مطالعات گذشته ثابت کرده اند که حتی رباط متقاطع قدامی آسیب دیده<sup>۳</sup> که بازسازی شده است، نشانه هایی از بی ثباتی را نشان می دهد [۲۱-۱۳]. با توجه به نقش محوری رباط متقاطع قدامی در کنترل ثبات و پایداری مفصل زانو [۲۲]، ثابت شده است پارگی آن منجر به کاهش حس عمقی، تعادل، قدرت، عملکرد عضلانی و همان طور که اشاره شد، تغییرات بیومکانیکی خواهد شد [۲۳]. همچنین در اثر آسیب این رباط الگوی بارهای وارد شده بر سطوح مفصلی تغییر خواهد کرد. تغییر این الگو باعث ورود بارهای غیرطبیعی روی غضروف سطوح مفصلی در طی فعالیت های عملکردی شده و در نهایت این تغییرات منجر به تخریب سطوح غضروف و بروز یا پیشرفت استئوآرتریت می شود [۲۴، ۲۵]. فهم دقیق تغییرات جزئی آرتروکینماتیکی حاصل از پارگی رباط متقاطع قدامی اینجا هم اهمیت پیدا می کند که طبق گزارش بارینیوس و همکاران حتی بعد از بازسازی رباط متقاطع قدامی نیز ۵۷ درصد از افرادی که طی چهارده سال تحت نظر بودند، در زانوئی آسیب دیده دچار پیشرفت استئوآرتریت شده

3. ACL reconstructed

امپیس گردآوری کردیم. واژگان کلیدی استفاده شده در این جست‌وجو شامل موارد زیر و مترادف آن‌ها می‌شود:

Biomechanics of the knee joint, Gait knee kinematics, Knee arthrokinematics, Anterior cruciate ligament deficient, Injured anterior cruciate ligaments, Sagittal plane knee motion, ACL reconstruction, Knee pathology, Knee joint movements, Accessory movement, Knee hypermobility.

همچنین برای جست‌وجوی مقالات فارسی در پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی<sup>۴</sup>، پایگاه استنادی علوم جهان اسلام<sup>۵</sup>، پایگاه مجلات کشور<sup>۶</sup>، پایگاه پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران<sup>۷</sup>، بانک مقالات سلامت<sup>۸</sup>، بانک جامع مقالات پزشکی<sup>۹</sup> از کلیدواژه‌های کینماتیک مفصل زانو، آرتروکینماتیک مفصل زانو، آرتروکینماتیک رباط متقاطع قدامی، حرکات فرعی مفصل زانو و حرکات انتقالی مفصل زانو استفاده کردیم. از کلیدواژه‌های انگلیسی یادشده برای پیدا کردن مقالات انگلیسی چاپ شده در مجلات علمی داخلی استفاده شد. از جست‌وجوی دستی نیز برای یافتن مقالات استفاده کردیم.

در این بررسی کیفیت مقالات با جدول چک‌لیست تعدیل شده داوون و بلک<sup>۱۰</sup> امتیازدهی شد [۲۷] (جدول شماره ۱). درواقع این چک‌لیست برای ارزیابی روش‌شناسی مقالات تصادفی و غیرتصادفی تنظیم شده است. در این چک‌لیست ۲۷ سؤال وجود دارد. بخش اول گزارش‌دهی<sup>۱۱</sup> شامل ده سؤال، بخش دوم اعتبار بیرونی<sup>۱۲</sup> شامل سه سؤال، بخش سوم اعتبار داخلی<sup>۱۳</sup> (که خود به دو قسمت سوگیری<sup>۱۴</sup> و مداخله‌گر<sup>۱۵</sup> تقسیم می‌شود) شامل چهارده سؤال است؛ برای مثال در قسمت گزارش‌دهی پرسیده شده است که آیا فرضیه‌ها، اهداف تحقیق و یا مداخلات مدنظر به‌روشنی توضیح داده شده است؟ بر اساس این چک‌لیست مقالات در چهار سطح قرار می‌گیرند. اگر نمره مقاله‌ای بین ۲۴ تا ۲۸ بود در سطح عالی، ۱۹ تا ۲۳ سطح خوب، ۱۴ تا ۱۸ سطح نسبتاً خوب و اگر کمتر از ۱۳ بود در سطح ضعیف قرار می‌گرفت [۲۸].

عنوان و چکیده هر مطالعه جداگانه توسط نویسنده ارزیابی شد.

اولین مرحله در انتخاب مقالات بر اساس این موضوع بود که آیا چکیده یا عنوان مقاله با موضوع تحقیق هم‌خوانی دارد یا خیر. مراحل بعدی انتخاب مقالات مطابق با معیارهای زیر بود:

۱. مطالعاتی که به زبان انگلیسی و فارسی منتشر شده‌اند؛

۲. متن کامل مقاله در دسترس باشد؛

۳. مطالعاتی که حرکات آرتروکینماتیک مفصل زانو را بعد از پارگی رباط متقاطع قدامی بررسی کرده باشند؛

۴. مطالعاتی که حرکات آرتروکینماتیک زانو را بعد از ترمیم رباط متقاطع قدامی پاره‌شده ارزیابی کرده باشند؛

۵. مطالعاتی که حرکات آرتروکینماتیک زانو را بعد از یک دوره توان‌بخشی بررسی کرده باشند.

و همچنین تحقیقاتی که نقش آرتروکینماتیکی دیگر ساختارهای زانو و یا مفاصل دیگر را مورد بررسی قرار داده بودند از مسیر بررسی حذف گردیدند.

## نتایج

پس از غربالگری بر اساس عنوان، چکیده مقاله و موارد تکراری، مقالاتی که با هدف مطالعه تناسب نداشتند، حذف شدند. در نهایت بر اساس معیارهای تحقیق بیست مقاله برای بررسی انتخاب شد. از تحقیقات یافت‌شده هشت تحقیق، آرتروکینماتیک زانو را در هنگام راه رفتن و دویدن در حالت عادی یا در سراسیبی روی تردمیل ارزیابی کرده بودند [۲۹-۳۶]. هفت تحقیق، آرتروکینماتیک زانو را در حالت ایستا و تحمل وزن روی یک پا انجام داده بودند [۳۷-۴۳]. دو تحقیق در حالت بالا و پایین رفتن از پله [۴۴-۴۶]، یک تحقیق روی ترامپولین در حالت شیفت دادن بدن به یک طرف [۴۷]، یک تحقیق دیگر نیز در حالت آزمون لاچمن [۴۸] بررسی کرده بودند. یک تحقیق باقی‌مانده نیز ارزیابی آرتروکینماتیکی مفصل زانو را بعد از پارگی روی اجساد انجام داده بود [۴۹].

پنج تحقیق، متغیرهای کینماتیکی خود را قبل و بعد از بازسازی رباط متقاطع قدامی ارزیابی و مقایسه کرده بودند [۲۹، ۳۲، ۳۵، ۴۹، ۴۸، ۴۶، ۴۵، ۴۳، ۳۶]. همان‌طور که در جدول شماره ۲ مشاهده می‌شود، از بیست مقاله بررسی‌شده شش مقاله از سیستم آنالیز سه‌بعدی حرکت [۴۶، ۴۱، ۳۶، ۳۵، ۳۳، ۳۰]، چهار مقاله از دستگاه فلورسکوپ [۴۸، ۴۲، ۴۰، ۳۸]، دو مقاله از روش سی‌تی اسکن استخوان [۳۴، ۳۲]، دو مقاله دیگر نیز از روش داینامیک رادیو استریومتری [۴۵، ۳۷] و مقالات دیگر نیز هر کدام به روش‌های متفاوت دیگر از جمله استریوفتوگرامتریک، داینامیک استریو رادیوگرافیک سیستم، داینامیک رادیوگرافیک ایکس‌ری و چند روش دیگر برای ارزیابی متغیرهای آرتروکینماتیکی مفصل زانو استفاده کرده‌اند. تکنیک آنالیز سه‌بعدی حرکت درواقع تکنیکی است که با استفاده از تجهیزاتی مانند دوربین و

4. SID
5. ISC
6. Magiran
7. Irandoc
8. Iran Medex
9. Medlib
10. Modified Downs and Black Checklist
11. Reporting
12. External validity
13. Internal validity
14. Bias
15. Selectionbias

نتیجه تغییرات کینماتیکی زانوی دارای رباط متقاطع قدامی آسیب‌دیده، بعد از گذشت حدود ۱۲۷ ماه بود.

در بین مقالات این اتفاق نظر دیده می‌شود که بیشترین اختلاف آرتروکینماتیکی مشاهده‌شده در افراد آسیب‌دیده به نسبت افراد سالم، بین پانزده درجه فلکشن و اکستنشن کامل زانو اتفاق می‌افتد [۲۹، ۳۸، ۴۰، ۴۲، ۴۹، ۵۰].

نکته مهم دیگری که باید به آن توجه کرد این است که حرکات آرتروکینماتیکی رخ داده در مفصل زانو بین اپی‌کندیل داخلی و اپی‌کندیل خارجی متفاوت است. هوشینو و همکاران، داگلاس و همکاران و همچنین سانگیوم و همکاران اشاره کرده‌اند که تغییرات در گلاید قدامی در افراد دارای آسیب رباط متقاطع قدامی به نسبت افراد سالم در اپی‌کندیل داخلی بیشتر از اپی‌کندیل خارجی اتفاق افتاده است [۳۲، ۴۱، ۴۸]. ولی کینین و همکارانش اشاره کرده‌اند که اختلاف گلاید قدامی زانوی آسیب‌دیده به نسبت زانوی سالم در اپی‌کندیل خارجی، بیشتر از اپی‌کندیل داخلی اتفاق افتاده است [۳۸]. کینین و همکارانش بر خلاف سه تحقیق دیگر این تغییرات را در حالت نزدیک به اکستنشن مشاهده کردند؛ در حالی که داگلاس و سانگیوم ارزیابی‌های خود را در حالت فلکشن، و هوشینو در حالت دویدن روی تریدمیل انجام دادند.

متغیر آرتروکینماتیکی دیگری که در مقالات بین دو گروه چشمگیر به نظر می‌رسد تغییرات مربوط به چرخش بود. براندسون و همکاران، یو ژانگ و همکاران، کینین و همکاران، جانسون و همکاران و همچنین سانگیوم و همکاران اشاره کرده‌اند که در زانوی آسیب‌دیده به نسبت زانوی سالم در حرکات مشخص، چرخش خارجی بیشتری رخ داده یا چرخش داخلی به شکل معنی‌داری کاهش یافته است [۳۷، ۳۸، ۴۲، ۴۶، ۴۸]. ولی آندریاچی و همکاران (۲۰۰۵) به این نتیجه رسیدند که در افراد آسیب‌دیده چرخش خارجی کاهش یافته [۳۰] و نتایج تحقیق دفریت و همکاران و ژانگ و همکاران (۲۰۱۰) نیز نشان داد که در افراد آسیب‌دیده چرخش داخلی افزایش یافته است [۴۰، ۴۶]. شاید می‌توان اختلاف نتایج را در اینجا دید که دفریت و همکاران و آندریاچی و همکاران این اختلاف بین دو گروه را در نزدیکی اکستنشن مشاهده کردند، ولی براندسون و همکاران، جانسون و همکاران، ژانگ و همکاران و همچنین سانگیوم و همکاران این اختلاف را در زوایای ۳۰ درجه به بالا در فلکشن زانو مشاهده کردند.

آزمون ارزیابی یو ژانگ و همکاران نیز کاملاً با بقیه متفاوت بود. آن‌ها ارزیابی آرتروکینماتیک زانوی آسیب‌دیده را در حال بالا و پایین رفتن از پله بررسی کردند.

البته به این نکته بسیار مهم نیز باید اشاره کرد که از بین پانزده تحقیق مذکور، پنج تحقیقی که زانوی آسیب‌دیده را بعد از بازسازی مطالعه کردند، به این نکته اشاره کردند که در تغییرات آرتروکینماتیکی رخ داده در قبل و بعد از بازسازی رباط متقاطع

لندمارک‌ها و همچنین نرم‌افزارهای مخصوص حرکات مفاصل را در فضای سه‌بعدی تهیه می‌کند [۳۵]. همچنین روش فلورسکوپی که در کنار روش آنالیز سه‌بعدی حرکت، پرکاربردترین ابزار برای اندازه‌گیری آرتروکینماتیک مفصل زانو در مقالات بود، یک تکنیک تصویربرداری است که با تاباندن پرتو اشعه ایکس تصویر متحرکی را از ساختارهای درونی بیمار تهیه می‌کند [۴۰].

اینکه ارزیابی‌ها چه مدت بعد از پارگی یا چه مدت بعد از ترمیم یا بازسازی صورت گرفته باشد، کمی متفاوت است. شش مقاله ارزیابی‌های خود را یک تا سه ماه بعد از پارگی یا بازسازی [۲۹، ۲۵، ۴۸، ۴۶، ۴۵، ۳۶]، شش مقاله سه تا شش ماه [۳۰، ۳۳، ۳۸، ۴۰-]، سه مقاله نیز شش تا نه ماه بعد از پارگی یا بازسازی [۳۷، ۳۱، ۴۳] و سه مقاله دیگر نیز ارزیابی‌های خود را بعد از نه ماه یا بیشتر انجام داده بودند [۳۰، ۳۴، ۴۷]. همچنین با توجه به جدول شماره ۱ بررسی سطح‌بندی مقالات بر اساس چک‌لیست تعدیل‌شده داون و بلک نشان داد که از بیست مقاله، نوزده مقاله در دامنه ۱۹ تا ۲۳ قرار گرفته‌اند که نشان‌دهنده سطح خوب این مقالات بود و یک مقاله نیز با تعلق نمره ۲۴ به خود و قرار گرفتن در دامنه ۲۴ تا ۲۸ در سطح عالی رتبه‌بندی شد.

در انتها نیز باید اشاره شود که دو مقاله هوشینو و همکاران [۳۲] و گا او بو و همکاران [۴۶] نیز به تأثیر یک دوره برنامه شش‌ماهه توان‌بخشی روی حرکات آرتروکینماتیک رباط متقاطع قدامی بعد از بازسازی پرداخته بودند. در جدول شماره ۲ خلاصه یافته‌های تحقیقات ذکر شده است.

## بحث

بعد از پارگی رباط متقاطع قدامی مهم‌ترین و بارزترین تغییر آرتروکینماتیکی که ممکن است در خیلی از افراد در بعضی از آزمون‌ها مانند تست لاجمن دیده شود، افزایش حرکت قدامی استخوان درشت‌نی نسبت به استخوان ران است [۴۸]. با توجه به جدول شماره ۲ بررسی‌های تحقیق حاضر نیز نشان می‌دهد که پانزده تحقیق از بیست تحقیق یافت‌شده گزارش کرده‌اند که گلاید قدامی در زانوی آسیب‌دیده نسبت به زانوی سالم به شکل معنی‌داری افزایش یافته است. در پنج تحقیق باقی‌مانده سه تحقیق در گلاید قدامی بین دو گروه آسیب‌دیده و سالم اختلاف معنی‌داری مشاهده نکردند [۳۳، ۳۶، ۳۷] و یک تحقیق دیگر نیز گلاید زانو را بررسی نکرده بود [۴۶]. تنها تحقیقی که برخلاف تحقیقات دیگر به شکل معنی‌دار در افراد آسیب‌دیده به نسبت افراد سالم گلاید قدامی کمتری مشاهده کرده بود، تحقیق توماس آندریاچی و همکاران بود [۳۰]. شاید بتوان تفاوت نتیجه مقاله آندریاچی و همکاران با سایر مقالات را در این دید که آن‌ها بررسی روی افراد آسیب‌دیده را بر خلاف سایر مقالات خیلی دیرتر، یعنی با میانگین ۱۲۷ ماه بعد از آسیب، آغاز کردند. چون هدف آن‌ها بررسی تغییرات الگوی فراخوانی عضلات، در



## جدول ۲. تحقیقات مربوط به بررسی تغییرات آرتروکینماتیکی حاصل از پارگی رباط متقاطع قدامی

نویسنده و همکاران	حجم نمونه	دامنه سنی	ابزار و حالت اندازه‌گیری	متغیرهای اصلی	نتایج
کی استفتانی و همکاران (۲۰۲۰) [۵۸]	سی خوک از ۱/۵ تا ۱۸ ماه		robotic system (KR۳۰۰ R۳۵۰۰, KUKA) operated by a separate controller (KRC۴, KUKA) along with a ۶-DOF force sensor (Omega ۱۶۰ IP۶۵, ATI). حالت اندازه‌گیری: در هنگام فلکشن ۴۰، ۶۰ و ۹۰ درجه زانو در سراسر دوره رشد مطالعه روی خوک	بررسی تغییرات کینماتیکی زانو بعد از پارگی جزئی و کامل رباط ACL و تأثیر آن بر بارهای وارده روی بافت‌های نرم simvitro زمان ارزیابی: اشاره نشده است مداخله: بدون مداخله، فقط مقایسه	نتایج این تحقیق نشان داد که گلاید قدامی تیبیای زانوی خوک‌هایی که دچار آسیب جزئی رباط ACL بودند فقط در اواخر دوره نوجوانی به شکل معنی‌داری بیشتر بود، ولی خوک‌هایی که دارای پارگی کامل رباط ACL بودند در تمام سنین به مقدار قابل توجهی دارای گلاید و چرخش بیشتری به نسبت زانوی سالم بودند.
جرج چالا و همکاران (۲۰۱۹) [۵۹]	سی نفر ۴۴-۶۷		Optical imaging system, infrared motion tracking diodes to record relative motion حالت اندازه‌گیری: قرار دادن زانو بر روی یک نگهدارنده و حرکت زانو تا فلکشن ۹۰ درجه	آنالیز کینماتیک زانوی سالم با زانوی ترمیم‌یافته (anterior cruciate ligament repair) و بازسازی شده در اجساد در حالت بدون تحمل وزن در فلکشن ۰، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰ و ۹۰ درجه In vitro	بیشترین اختلاف بین دو زانوی سالم و زانوی آسیب‌دیده ترمیم‌یافته در گلاید قدامی در زوایای صفر، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ درجه فلکشن مشاهده شد ولی هیچ اختلافی در رول و چرخش دو گروه مشاهده نشد. در زانوی سالم بیشترین گلاید قدامی در زاویه ۱۵ درجه فلکشن با $۵/۴ \pm ۲/۶$ میلی متر جابه جایی مشاهده شد. و در افراد آسیب‌دیده هم در همین زاویه $۶/۳ \pm ۲/۵$ جابه‌جایی قدامی دیده شد.
یانگ چن و همکاران (۲۰۱۸) [۶۰]	چهار زن چهار مرد $۴۵ \pm ۱۶$		CT bone models to dynamic biplane radiographs حالت اندازه‌گیری: در حالت راه رفتن با سرعت ۱/۵ متر بر ثانیه و دویدن با سرعت ۲/۵ متر بر ثانیه در سراسریبی	آنالیز آرتروکینماتیک رباط ACL مزمن ناکارا (Chronic ACL-Deficient Knee) زمان ارزیابی: با میانگین ۶۷ ماه بعد از آسیب. مداخله: فقط مقایسه، تمرین خاصی تجویز نشد	در هر دو حالت راه رفتن و دویدن در سراسریبی گلاید قدامی زانوی آسیب‌دیده نسبت به زانو سالم به شکل معنی‌داری در هنگام ضربه پاشنه (هیل استرایک) تا ۵ درصد اولیه مرحله استنس (Stance) بیشتر بود.
برخیزان [کینتار و همکاران (۲۰۱۷) [۶۱]	۴۹	۱۵-۴۶	dynamic stereo radiography system with superimposed high-resolution computed tomography scans حالت اندازه‌گیری: دویدن روی تریدمیل شیب‌دار با سرعت ۲/۵ متر بر ثانیه و شیب ۱۰ درجه	زمان ارزیابی: دو ماه و نیم بعد از عمل جراحی مداخله: فقط مقایسه، تمرین خاصی تجویز نشد	نتایج تحقیق نشان داد که بعد از بازسازی رباط ACL بیشترین اختلاف بین زانوی آسیب‌دیده و زانوی سالم در حرکت گلاید قدامی بود که در ۱۰ درصد اول سیکل گیت در هنگام دویدن روی تریدمیل شیب‌دار اتفاق افتاد.

نویسنده و همکاران	حجم نمونه	دامنه سنی	ابزار و حالت اندازه‌گیری	متغیرهای اصلی	نتایج
یوزلیک (۲۰۱۸) [۴۸]	سی مرد زن ۲۶	۲۰-۳۰	optical tracking system during treadmill gait. Three-dimensional (۳D) trajectories of the rigid bodies during activities were tracked by an integrated ۲-head stereo-infrared camera (NDI Polaris Spectra; Northern Digital Inc) حالت اندازه‌گیری: راه رفتن	ارزیابی تغییرات کینماتیکی زانو بعد از پارگی ACL در هنگام راه رفتن زمان ارزیابی: سه ماه بعد از پارگی مداخله: فقط مقایسه، تمرین خاصی تجویز نشد	در هنگام راه رفتن بر روی تردمیل بیشترین اختلاف بین دو گروه در چرخش خارجی و در مرحله سوینگ رخ داد. زانوی پای آسیب‌دیده حداکثر دارای ۲ درجه چرخش خارجی بود در حالی که در پای سالم چرخش خارجی بیشتر از ۰/۶ درجه اتفاق نیفتاد و این اختلاف بین دو گروه معنی‌دار بود. همچنین داده‌های این تحقیق نشان داد که حرکت گلاید قدامی خلفی و داخلی خارجی بین دو گروه دارای اختلاف معنی‌داری نیستند.
یوچانیشانی و همکاران (۲۰۱۵) [۴۹]	سی نفر	۲۹±۸	۳D kinematic (KneeKTM) حالت اندازه‌گیری: راه رفتن بر روی تردمیل	ارزیابی سه‌بعدی تغییرات گیت در رباط ACL ناکارآمد زمان ارزیابی: با میانگین پنج ماه بعد از پارگی مداخله: فقط مقایسه، تمرین خاصی تجویز نشد	در هنگام راه رفتن روی تردمیل بین دو گروه سالم و گروه دارای آسیب رباط متقاطع قدامی در سرتاسر سیکل راه رفتن اختلاف معنی‌داری در حرکات انتقالی به قدام و خلف وجود نداشت.
سانگوم کو و همکاران (۲۰۱۵) [۷۸]	ده مرد	۲۳-۵۲	biplane fluoroscopic images and threedimensional (۳D) model. حالت اندازه‌گیری: پروتکل تست لاچمن در زاویه ۳۰ درجه	ارزیابی و مقایسه کینماتیک زانوی دارای آسیب رباط ACL با زانوی سالم به روش داینامیک سه بعدی زمان ارزیابی: حدود سه ماه بعد از پارگی مداخله: فقط مقایسه، تمرین خاصی تجویز نشد.	میانگین گلاید قدامی خلفی اپی‌کندیل داخلی ران زانوی آسیب‌دیده به شکل معنی‌داری بیشتر از زانوی سالم بود. ولی این اختلاف در اپی‌کندیل خارجی معنی‌دار نبود. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که چرخش خارجی قسمت تحتانی فمور به نسبت پروگزیمال تیبیا در حالت آزمون لاچمن (فلکشن ۳۰ درجه) در زانوی آسیب‌دیده به شکل معنی‌داری بیشتر بود.
جی هیون و همکاران (۲۰۱۵) [۵۱]	۲۲ سیزده زن	۲۷±۱۰	three-dimensional (۳D) high-speed motion-capturing system (eight Eagle® cameras; Motion Analysis, Santa Rosa, CA, USA). حالت اندازه‌گیری: راه رفتن طبیعی و راه رفتن سریع	بررسی آرتروکینماتیک زانوی دارای آسیب رباط ACL در هنگام راه رفتن در سرعت‌ها و مسیرهای متفاوت زمان ارزیابی: ۱ تا ۳ ماه از پارگی مداخله: فقط مقایسه، تمرین خاصی تجویز نشد.	این تحقیق نشان داد که گلاید قدامی در افراد آسیب‌دیده در تمام مراحل استنس در هر دو حالت راه رفتن طبیعی و سریع (البته این اختلاف تا رسیدن به سرعت ۱/۱۲ متر بر ثانیه بین دو گروه معنی‌دار بود و در سرعت بالاتر از آن این اختلاف معنی‌دار نبود) به شکل معنی‌داری بیشتر از پای سالم بود. در دیگر متغیرهای آرتروکینماتیکی بین دو گروه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.

نویسنده و همکاران	حجم نمونه	دامنه سنی	ابزار و حالت اندازه‌گیری	متغیرهای اصلی	نتایج
چن کینین و همکاران (۲۰۱۳) [۷۸]	هشت مرد دو زن	۱۹-۴۰	biplane radiography two X-ray machines حالت اندازه‌گیری: در حالت ایستنا یک پا جلو یک پا عقب از حالت اکستشن تا فلکشن ۱۲۰ درجه	بررسی سه‌بعدی کینماتیک تیبیوفمورال و حرکت کندیل‌های ران در زانوهای دارای رباط ACL ناکارآمد در هنگام فلکشن فعال به هنگام تحمل وزن در زاویه‌های ۱۵، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درجه زمان ارزیابی: تقریباً چهار ماه بعد از پارگی مداخله: فقط مقایسه، تمرین خاصی تجویز نشد.	استخوان تیبیای زانوی آسیب‌دیده به نسبت زانوی سالم در اکستشن کامل و فلکشن ۱۵ درجه به شکل معنی‌داری، دارای گلاید رباط ACL ناکارآمد در هنگام فلکشن فعال به قدامی بیشتری بود. گلاید رخ داده در کندیل خارجی به نسبت کندیل داخلی به شکل معنی‌داری بیشتر بود. همچنین نتایج تحقیق نشان داد که در اکستشن کامل، زانوی آسیب‌دیده به شکل معنی‌داری دارای چرخش داخلی کمتری بود و در فلکشن ۱۵ درجه نیز زانوی آسیب‌دیده به طور معنی‌دار دارای چرخش خارجی بیشتری بود.

هندیپوت و همکاران (۲۰۱۳) [۷۹]	نه مرد چهار زن	۳۲±۸	motion capture, together with combinations of advanced techniques for assessing skeletal kinematics (including the symmetrical axis of rotation approach [SARA], symmetrical center of rotation estimation [SCoRE], and optimal common shape technique [OCST], حالت اندازه‌گیری: هنگام راه رفتن و بررسی زانو در حالت حرکت پاسیو آن	بررسی تأثیر لقی پاسیو زانو بر آرتروکینماتیک تیبیوفمورال در هنگام حرکات اکتیو در افراد دارای پارگی ACL به نسبت افراد سالم زمان ارزیابی: هشت ماه بعد از پارگی مداخله: فقط مقایسه، تمرین خاصی تجویز نشد.	در بررسی‌های این تحقیق مشخص شد که استخوان تیبیای پای آسیب‌دیده در حرکات پاسیو به نسبت پای سالم به شکل معنی‌داری، به طور متوسط دارای گلاید قدامی بیشتری بود، ولی در هنگام راه رفتن نتایج این تحقیق به شکل شگفت‌انگیزی نشان داد که پای آسیب‌دیده به نسبت پای سالم به شکل معنی‌داری به طور متوسط دارای گلاید قدامی کمتری است. به شکل دقیق‌تر بیشترین اختلاف بین دو گروه در حدود ۷۰ درصدی سیکل گیت اتفاق افتاد.
-------------------------------	-------------------	------	---	---	--

پوتچی هوشینو و همکاران (۲۰۱۳) [۸۰]	نوزده مرد ده زن	۳۳±۱۰	dynamic stereo X-ray (DSX) combined with three- dimensional CT bone models حالت اندازه‌گیری: دوییدن در سراسیمی با سرعت ۲/۵ متر بر ثانیه	بررسی آرتروکینماتیک رباط ACL بازسازی شده در هنگام فعالیت‌های عملکردی زمان ارزیابی: بین ۵ تا ۹ ماه بعد از بازسازی مداخله: بعد از عمل جراحی افراد تمرینات توان‌بخشی خود را که شامل تمرینات دامنه حرکتی و تمرینات قدرتی بود بین ۵ تا ۹ ماه انجام دادند.	در هنگام دوییدن در سراسیمی، حرکت رول و گلاید فمور روی صفحه تیبیا بعد از هیل استرایک در پای دارای رباط ترمیم‌یافته علی رغم شرکت در یک دوره توان‌بخشی نسبت به پای سالم به شکل معنی‌داری بیشتر بود (البته در هنگام حرکت رول و گلاید کندیل داخلی فمور به نسبت کندیل خارجی آن به شکل معنی‌داری سطح تماس بیشتری با سطوح تیبیا داشت.
------------------------------------	--------------------	-------	---	--	---

نویسنده و همکاران	حجم نمونه	دامنه سنی	ابزار و حالت اندازه‌گیری	متغیرهای اصلی	نتایج
کاوازاکی و همکاران (۲۰۱۰) [۴۹]	سی مرد شش زن	۳۴	۳D optical video motion capture system+ two force plate حالت اندازه‌گیری: بالا و پایین رفتن از پله ۱۸ سانتی متری	ارزیابی سه‌بعدی کینماتیک مفصل دارای رباط ACL آسیب‌دیده و رباط ACL بازسازی شده با زانوی سالم در هنگام بالا و پایین رفتن از پله زمان ارزیابی: در افرادی که عمل بازسازی را انجام نداده بودند به طور میانگین سه ماه بعد از پارگی و در افراد دارای رباط بازسازی شده نیز سه ماه بعد از عمل مداخله: افرادی که رباط آن‌ها مورد بازسازی قرار گرفت در یک برنامه توان‌بخشی شش مرحله‌ای، شرکت کردند که شامل مرحله حمایتی (یک تا هفت روز بعد از عمل)، تحرک اولیه (۸ تا ۲۰ روز)، حرکات کنترل شده (سه تا شش هفته)، حرکات و حس عمقی پیشرفته (هفت تا ده هفته)، تمرینات پلایومتریک و دویدن (یازده تا دوازده هفته)، تمرینات چابکی (سیزده هفته تا شش ماه)	هرچند در این تحقیق حرکات گلاید زانوها مورد ارزیابی قرار نگرفتند، ولی بررسی‌های این تحقیق نشان داد که زانوهای دارای پارگی رباط ACL به نسبت زانوهای سالم هم در بالا رفتن از پله و هم در پایین آمدن از پله به شکل معنی‌داری، دارای چرخش داخلی بیشتری بودند. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد متغیرهای کینماتیکی زانوی بازسازی شده از آسیب ACL علی‌رغم شرکت در یک برنامه توان‌بخشی شباهت بیشتری به زانوی آسیب‌دیده بازسازی نشده دارد تا زانوی سالم.
لوتیز دوزیت و همکاران (۲۰۰۶) [۴۰]	هفت مرد یک زن	۲۵	dual orthogonal fluoroscopic imaging system An In Vivo Imaging Analysis حالت اندازه‌گیری: ایستا روی یک پا از حالت فلکشن به اکستنشن کامل	بررسی تغییرات کینماتیکی زانو بعد از پارگی رباط متقاطع قدامی در حالت Quasi-static lunge. زمان ارزیابی: هفت ماه بعد از آسیب مداخله: فقط مقایسه، تمرین خاصی تجویز نشد.	تغییرات کینماتیکی حاصل از پارگی متقاطع قدامی در این تحقیق در حالت ایستا روی یک پا در حالی که همان پا از حالت اکستنشن کامل تا ۹۰ درجه فلکشن خم می‌شد، مورد اندازه‌گیری قرار گرفته، نتیجه تحقیق نشان داد که زانوی آسیب‌دیده (که هفت ماه از پارگی آن می‌گذشت) به نسبت زانوی سالم در ۱۵ درجه اول فلکشن از نظر آماری به شکل معنی‌داری، دارای گلاید قدامی (تقریباً ۳ میلی‌متر) و چرخش داخلی (تقریباً ۲ درجه) بیشتری بود. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که پای آسیب‌دیده تقریباً ۱ میلی‌متر نسبت به پای سالم در فلکشن ۱۵ تا ۹۰ درجه دارای گلاید داخلی تیبیا شده بود.
کویست چوآنا (۲۰۰۶) [۸۹]	هشت مرد چهار زن	۱۸-۳۸	A computerized goniometer With ۴ potentiometers (CA-۴۰۰۰; OSI Inc, Hayward, CA) حالت اندازه‌گیری: شیفت دادن بدن به سمت جلو در حالت ایستا روی زمین و ترامپولین	مقایسه حرکت انتقالی تیبیا در فعالیت‌های مختلف بین افراد سالم و افراد دارای آسیب رباط ACL زمان ارزیابی: هفده تا ۳۵ ماه بعد از آسیب‌دیدگی مداخله: فقط مقایسه، تمرین خاصی تجویز نشد	در این تحقیق اشاره شده است که افراد دارای آسیب رباط متقاطع قدامی در هنگام شیفت دادن وزن بدن خود به یک طرف در حالت ایستا به نسبت گروه کنترل روی ترامپولین دارای گلاید قدامی بیشتری بودند.

نویسنده و همکاران	حجم نمونه	دامنه سنی	ابزار و حالت اندازه‌گیری	متغیرهای اصلی	نتایج
نویسنده و همکاران (۲۰۰۵) [۳۰] توماس اندراچی و همکاران	هجده نفر ۳۳-۴۱		Opto-electronic system for ۲D motion analysis حالت اندازه‌گیری: در هنگام راه رفتن	بررسی فعل و انفعالات تغییر یافته کینماتیکی و بار وارده بین افراد سالم و افراد دارای آسیب رباط ACL در هنگام راه رفتن زمان ارزیابی: با میانگین ۱۲۷ ماه (بین سه تا چهار صد ماه) بعد از آسیب دیدگی مداخله: فقط مقایسه، تمرین خاصی تجویز نشد	با آسیب رباط متقاطع قدامی و کاهش کارایی آن بیشترین تغییرات کینماتیکی در این در مرحله ترمینال سوینگ و قبل از هیل شدن است رخ داد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در این مرحله گلاید قدامی و چرخش خارجی تیبیا در افراد آسیب دیده به نسبت افراد سالم کاهش یافته است.
دیس داگلاس (۲۰۰۵) [۳۱]	پانزده نفر (ده نفر سالم پنج نفر آسیب دیده)	۲۲-۴۷	X-ray fluoroscopy, computed tomography (CT), (۳D), حالت اندازه‌گیری: ایستا روی یک پا از اکستنشن به فلکشن	ارزیابی کینماتیک زانوی سالم با زانوی دارای آسیب رباط متقاطع قدامی زمان ارزیابی: چهار تا شش هفته بعد از پارگی مداخله: فقط مقایسه، تمرین خاصی تجویز نشد	بررسی‌های این تحقیق نشان داد که در هنگام فلکشن در حالت تحمل وزن در زانوی افراد سالم، گلاید خلفی فمور (گلاید قدامی تیبیا) بیشتر در کندیل خارجی (به طور میانگین در فلکشن صفر تا ۱۲۰ درجه ۲۱/۰۷ میلی‌متر) رخ داد و در کندیل داخلی نیز حداقل تغییرات مشاهده شد (۱/۹۴ میلی‌متر). همچنین مقدار متوسط محور چرخشی در این افراد برابر با ۲۲/۶۷ درجه بود که بیشترین میزان چرخش در ۳۰ درجه اول فلکشن اتفاق افتاد. اما در افراد دارای پارگی متقاطع قدامی در مقایسه با افراد سالم گلاید خلفی فمور (گلاید قدامی تیبیا) در اپی کندیل خارجی کمتر بود (۱۷ میلی‌متر) ولی این گلاید خلفی در اپی کندیل داخلی به شکل مشهودی بیشتر از افراد سالم بود (۴/۶۵). در محور چرخشی نیز تا ۳۰ درجه اول حرکت در زانوی دو گروه شبیه هم بود، اما بعد از ۳۰ درجه رفتار الگوی حرکتی در محور چرخشی افراد دارای پارگی ACL متفاوت شد، مقدار متوسط حرکت در محور چرخشی در افراد آسیب دیده ۹/۸۷ درجه بود.
اسوین بین برانسون و همکاران (۲۰۰۲) [۳۵]	پنج مرد چهار زن ۱۷-۴۱		radiostereometric analysis. radiographic laboratory equipped with two ceiling-mounted radiographic tubes and two film exchangers designed. حالت اندازه‌گیری: بالا رفتن از پله ۸ سانتی متری	بررسی بی‌ثباتی زانو قبل و بعد بازسازی، در هنگام بالا رفتن از پله هشت سانتی متری برای رسیدن به فلکشن ۵۵ درجه و اکستنشن کامل. زمان ارزیابی: چهار تا شش هفته قبل از بازسازی بازسازی و اندازه‌گیری بعدی یک سال بعد از بازسازی مداخله: فقط مقایسه، تمرین خاصی تجویز نشد	ارزیابی‌ها نشان داد که زانوی ترمیم یافته به نسبت زانوی سالم حدود ۱ میلی‌متر دارای گلاید قدامی بیشتری بود. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که هرچند بعد از بازسازی رباط بعضی از عوامل آرتروکینماتیکی به خصوص گلاید کندیل داخلی فمور کاهش یافت، ولی این اختلاف قبل و بعد از بازسازی معنی‌دار نبود.

نویسنده و همکاران	حجم نمونه	دامنه سنی	ابزار و حالت اندازه‌گیری	متغیرهای اصلی	نتایج
هولمن و همکاران (۲۰۰۱) [۱۶]	نه زن نه مرد	۱۸-۳۶	Mixed-model analyses and EMG حالت اندازه‌گیری: در حالت بدون تحمل وزن با قرار گرفتن روی صندلی و همچنین در حالت تحمل وزن هنگام بلند شدن از حالت نشسته روی صندلی	حرکات رول و گلاید مفصل زانو و فعالیت الکترومایوگرافیک عضلات مرتبط زمان ارزیابی: با میانگین حدود پنج ماه بعد از آسیب. مداخله: فقط مقایسه، تمرین خاصی تجویز نشد	در حالت بدون تحمل وزن، زانوی دارای رباط ACL آسیب‌دیده در اکستنشن کامل دارای حرکت گلاید قدامی بیشتری نسبت به زانوی سالم بود. ولی در هنگام تحمل وزن در سرتاسر حرکت اکستنشن افراد دارای رباط متقاطع قدامی آسیب‌دیده دارای گلاید بیشتری نسبت به زانوی سالم بودند.
اسون، بیرون براندسون و همکاران (۲۰۰۱) [۱۸]	هشت مرد سه زن	۱۷-۴۱	Radiostereometry (Dynamic bilateral radiostereometric) حالت اندازه‌گیری: از ۵۵ تا ۶۵ درجه فلکشن تا اکستنشن کامل	ارزیابی کینماتیک زانو بعد از پارگی متقاطع قدامی زمان ارزیابی: چهار تا پنج ماه بعد از پارگی مداخله: فقط مقایسه، تمرین خاصی تجویز نشد	در این تحقیق تغییرات آرتروکینماتیک زانوی آسیب‌دیده در حالت تحمل وزن روی یک پا و از حالت ۵۵-۶۵ درجه فلکشن تا اکستنشن کامل مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که در زانوی سالم حرکت از ۵۰ درجه فلکشن به ۱۰ درجه فلکشن با ۶/۴ درجه چرخش داخلی و ۱/۷ درجه چرخش خارجی همراه بوده است. ولی در زانوی دارای پارگی ACL چرخش داخلی برابر با ۲/۵ و چرخش خارجی برابر با ۲/۶ درجه بوده است، که نشان‌دهنده این موضوع است که زانوی آسیب‌دیده سعی در حفظ وضعیت چرخش خارجی را داشته است. در این مقیاس‌ها اختلاف بین دو گروه معنی‌دار بود.
هاگان، جانسون و همکاران (۱۹۸۹) [۱۷]	یازده مرد دو زن	۱۶-۳۵	Roentgen stereophotogrammetric حالت اندازه‌گیری: بدون تحمل وزن در حالی که پای فرد از تخت خارج است با بستن وزنه ۳ کیلوگرمی پای فرد تا ۳۰ درجه خم می‌شد.	بررسی سه‌بعدی کینماتیک زانو در حالت اکستنشن یافتن فعال زمان ارزیابی: هشت ماه بعد از پارگی مداخله: فقط مقایسه، تمرین خاصی تجویز نشد	چرخش داخلی در هر دو زانوی سالم و زانوی آسیب‌دیده به نسبت افراد دارای هر دو پای سالم کاهش یافت همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که در زانوی آسیب‌دیده گلاید قدامی به نسبت زانوی سالم افزایش یافت البته این تغییرات در قبل از ۳۰ درجه فلکشن پیدا کردن زانو اتفاق افتاد، ولی بعد از فلکشن ۳۰ درجه و نزدیک شدن به اکستنشن زانو حرکت استخوان تیبیا در پای آسیب‌دیده حالت طبیعی پیدا کرد.

در نزدیکی خار داخلی تیبیا می‌شود. در ادامه آن‌ها اشاره می‌کنند که این یافته‌ها با مشاهدات فیر کلاف و همکاران [۵۱] ارتباط دارد؛ آن‌ها در مشاهدات خود استئوآرتریت را در این ناحیه میان افرادی که دچار پارگی مزمن رباط متقاطع قدامی شده بودند، مشاهده کردند. در انتها دفریت و همکاران پیشنهاد کرده‌اند که در برنامه توان‌بخشی افراد دچار پارگی ACL، همچنین در تکنیک‌های بازسازی این رباط علاوه بر ثبات قدامی خلفی به ثبات داخلی خارجی نیز توجه کافی شود. همچنین باید اشاره شود که هوشینو و همکاران، هیون و همکاران، یو ژانگ و همکاران و براندسون همکاران [۳۲، ۳۵، ۳۶، ۴۵] نیز در افرادی که دچار پارگی رباط ACL شده بودند نیز این گلاید داخلی را مشاهده کردند.

در انتها به این نکته باید اشاره کنیم که از بیست تحقیق بررسی شده دو تحقیق تأثیر تمرینات توان‌بخشی را روی تغییرات آرتروکینماتیک زانوی دارای رباط متقاطع بازسازی شده، بررسی کردند. هوشینو و همکاران تأثیر یک دوره تمرینات دامنه حرکتی و تمرینات قدرتی که به مدت حداکثر نه ماه ادامه پیدا کرد را روی آرتروکینماتیک زانوی بازسازی شده، هنگام دویدن در سراسیبی ارزیابی کردند؛ نتیجه تحقیقات آن‌ها حاکی از این بود که حتی بعد از دوره توان‌بخشی نیز این افراد در مرحله ضربه پاشنه (هیل استرایک) در هنگام دویدن در سراسیبی به نسبت افراد سالم در مفصل زانو حرکات رول و گلاید بیشتری داشتند [۳۲].

گا اوبو و همکاران نیز برای افرادی که رباط متقاطع قدامی خود را بازسازی کرده بودند یک دوره تمرینات توان‌بخشی شش مرحله‌ای شامل تمرینات حمایتی (یک تا هفت روز بعد از عمل)، تمرینات مربوط به تحرک اولیه (هشت تا بیست روز)، حرکات کنترل شده (سه تا شش هفته)، حرکات قدرتی و حس عمقی پیشرفته (هفت تا ده هفته)، تمرینات پلایومتریک و دویدن (یازده تا دوازده هفته) و تمرینات چابکی (سیزده هفته تا شش ماه) را به مدت شش ماه تجویز کردند. نتایج این تحقیق نشان داد متغیرهای کینماتیک زانوی بازسازی شده علی‌رغم شرکت در یک برنامه توان‌بخشی شباهت بیشتری به زانوی آسیب‌دیده بازسازی نشده دارد تا زانوی سالم [۴۶]. در همین راستا هرمان فورماین و همکارانش نیز در تحقیق خود به این نتیجه رسیده‌اند، در افرادی که رباط متقاطع خود را بازسازی کرده‌اند علی‌رغم شرکت در پروتکل توان‌بخشی بروز آسیب مجدد در رباط متقاطع قدامی به طور توجه‌برانگیزی افزایش یافته است [۵۲]. این‌که چرا بازسازی رباط و متعاقب آن برنامه‌های توان‌بخشی نتوانسته‌اند نتایج مورد انتظار را ایجاد کنند سؤال مهمی است که در مقاله مروری کریستوفر ناجلی و همکارش به آن پرداخته شده است. مقاله مروری آن‌ها با این سؤال شروع می‌شود که بر اساس ملاحظات زیست‌شناختی و عملکردی آیا بعد از بازسازی رباط متقاطع قدامی بازگشت به فعالیت ورزشی را باید دو سال به تأخیر انداخت؟ آن‌ها بیان داشته‌اند بعد از پارگی رباط و بازسازی آن، چند نکته را باید مورد توجه قرار داد: ۱. بعد از بروز آسیب

قدامی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشده است و زانوی دارای رباط بازسازی شده به نسبت زانوی سالم به شکل معنی‌داری دارای گلاید قدامی بیشتری است. البته باید به این نکته نیز اشاره شود که براندسون و همکاران گزارش کرده‌اند با بازسازی رباط، گلاید قدامی و بعضی از متغیرهای آرتروکینماتیک به خصوص گلاید داخلی، ممکن است به مقدار خیلی اندکی نسبت به قبل از عمل بازسازی کاهش یابد، ولی با وجود این، هنوز نسبت به پای سالم این اختلاف معنی‌دار است.

اینکه تحقیقات بررسی شده تغییرات آرتروکینماتیک زانو را با چه فاصله زمانی بعد از آسیب یا بعد از بازسازی بررسی کنند، مهم است. همان‌طور که در قسمت نتایج اشاره شد، از بیست تحقیق بررسی شده فقط سه تحقیق چن یانگ و همکاران [۳۴]، کوپست و همکاران [۴۷] و آندریاچی و همکاران [۳۰] تغییرات آرتروکینماتیک زانو را به ترتیب ۶۷، ۲۶ و ۱۲۷ ماه بعد از آسیب بررسی کردند. چون یکی از اهداف این سه تحقیق، بررسی تأثیر درازمدت یک رباط متقاطع آسیب‌دیده و ناکارآمد، بدون اینکه بازسازی شود، روی آرتروکینماتیک مفصل زانو بوده است. البته هدف اصلی این سه تحقیق که خواسته‌اند بعد از گذشت این مدت طولانی تغییرات آرتروکینماتیک را بررسی کنند، این بوده است که تأثیر این تغییرات را در درازمدت روی عضلات و الگوی فراخوانی آن‌ها بررسی کنند. هر سه تحقیق به این نتیجه رسیده‌اند که به دلیل تغییر حرکات آرتروکینماتیک مفصل زانو در این افراد به خصوص تغییر در گلاید قدامی و همچنین تغییر در چرخش مفصل تیبیوفمورال در هنگام راه رفتن، دویدن و شیفت دادن بدن به جلو و عقب، علاوه بر تغییر در الگوی فراخوانی عضلات، مسیر تماس تیبیا و فمور روی همدیگر تغییر یافته و این امر می‌تواند منجر به انواع تغییرات تخریبی (دژنراتیو) گزارش شده در منیسک و غضروف مفصلی باشد [۳۰، ۳۴، ۴۷]. البته باید اشاره کرد که در تحقیق یانگ چن و همکاران میانگین سن افراد بررسی شده ۴۵ سال، در تحقیق کوپست و همکاران ۲۸ سال و در تحقیق آندریاچی و همکاران ۳۷ سال بود.

به علاوه باید اشاره شود که پانزده تحقیق دیگر که هدف اصلی آن‌ها نه بررسی تغییرات تخریبی مفصل، بلکه تنها بررسی تغییرات آرتروکینماتیک حاصل از پارگی رباط متقاطع قدامی بوده است، این ارزیابی‌ها را حداکثر نه ماه بعد از آسیب یا بازسازی رباط انجام داده‌اند (دو تحقیق باقی‌مانده روی جسد و روی خوک انجام شده بود).

آخرین و شاید یکی از مهم‌ترین نکاتی که در مورد افراد دارای پارگی رباط متقاطع قدامی از اهمیت زیادی برخوردار است و متأسفانه کمتر بدان توجه شده است، پیدا کردن گلاید داخلی تیبیا در این افراد است. دفریت و همکاران [۴۰] اشاره کردند که بعد از پارگی رباط متقاطع قدامی، استخوان تیبیا در فلکشن ۱۵ تا ۹۰ درجه، حدود ۱ میلی‌متر، به سمت داخل گلاید پیدا می‌کند و این جابه‌جایی باعث تغییر توزیع فشار در غضروف تیبیوفمورال

## ملاحظات اخلاقی

### پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این مقاله از نوع مروری است و مستقیماً از هیچ‌گونه نمونه انسانی یا حیوانی در آن استفاده نشده است.

### حامی مالی

این پژوهش هیچگونه کمک مالی از سازمانهای دولتی، خصوصی و غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

### مشارکت نویسندگان

روش‌شناسی و نظارت: همه نویسندگان؛ نوشتن پیش‌نویس و منابع اصلی: مصطفی پاینده، ظاهر محمد عاشور؛ بررسی و ویرایش نهایی: علی اصغر نوراسته.

### تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله هیچ‌گونه تعارض منافی ندارد.

### تشکر و قدردانی

بدین وسیله نویسندگان از مسئولین پژوهشی و آموزشی دانشگاه گیلان و دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی تشکر و قدردانی می‌کنند.

و بازسازی رباط تکثیر سلول‌های عروق خونی و عصبی با سرعت کمتری نسبت به مدت زمانی که ورزشکاران به فعالیت بازمی‌گردند که معمولاً بین شش تا دوازده ماه است رخ می‌دهد [۵۶-۵۳]؛ ۲. اغلب اوقات متعاقب آسیب رباط متقاطع قدامی، غضروف و استخوان زیرغضروف نیز به طور توجه‌برانگیزی آسیب می‌بیند [۶۰-۵۷]؛ ۳. گیرنده‌های حسی و میکانیکی سه درصد از حجم بافت رباط را تشکیل می‌دهند و بین آن‌ها و عضلات اطراف مفصل یک حلقه رفلکسی ایجاد شده که به ثبات داینامیک مفصل و حس عمقی آن کمک می‌کند. زمانی که رباط متقاطع قدامی دچار پارگی می‌شود، عملکرد حسی کاهش می‌یابد که علی‌رغم بازسازی رباط این اختلال عملکرد باقی می‌ماند [۶۴-۶۱]؛ ۴. هرچند توان بخشی می‌تواند بعد از عمل، باعث کاهش افیوژن مفصلی، بهبود دامنه حرکتی و همچنین بهبود قدرت و عملکرد عضله چهارسر شود، ولی به طور خاص ورزشکارانی که رباط خود را بازسازی کرده‌اند، در کنترل عصبی-عضلانی و قدرت اکستنشن زانو دارای ویژگی‌های مشخصی هستند که تا دو سال بعد از بازسازی به سطح پایه نمی‌رسند [۷۰-۶۵].

ناجلی و همکارش در انتها به این نتیجه رسیده‌اند که شواهد موجود در ادبیات پیشینه نشان می‌دهد برای رسیدن به سلامت پایه مفصل بعد از بازسازی رباط و انجام یک دوره توان بخشی در ورزشکاران به حدود دو سال وقت نیاز است و پیشنهاد داده‌اند بهتر است، ورزشکارانی که رباط متقاطع قدامی خود را بازسازی کرده‌اند به‌خصوص ورزشکاران جوان‌تر تا دو سال به فعالیت اصلی خود بازنگردند؛ زیرا بررسی آن‌ها نشان داد تأخیر در بازگشت به فعالیت اصلی تقریباً برای دو سال به طور توجه‌برانگیزی بروز آسیب بعدی در این رباط را کاهش می‌دهد [۷۱].

## نتیجه‌گیری نهایی

به نظر می‌رسد بیشترین تغییرات آرتروکینماتیکی حاصل از پارگی رباط متقاطع قدامی به ترتیب مربوط به گلاید قدامی در اپی‌کندیل داخلی بیشتر از اپی‌کندیل خارجی، گلاید داخلی تیبیا، بیشتر شدن چرخش خارجی یا محدود شدن چرخش داخلی باشد. همچنین مشخص شد بیشترین تغییرات بین دو گروه آسیب‌دیده و گروه سالم در ۱۵ درجه فلکشن و همچنین نزدیک به اکستنشن کامل رخ می‌دهد. در انتها نتایج تحقیقات بیانگر این موضوع بود که آرتروکینماتیک زانو بعد از بازسازی، با قبل آن مشابهت بیشتری داشت تا با زانوی سالم. همچنین حرکات آرتروکینماتیکی رباط بازسازی شده حتی بعد از یک دوره توان بخشی نیز با زانوی بازسازی نشده شباهت بیشتری داشت تا با زانوی سالم. البته باید اضافه کرد که مجموع یافته‌ها نشان می‌دهد، برای رسیدن به یک نتیجه‌گیری دقیق‌تر به مطالعات با تعداد نمونه بیشتر و روش‌های با دقت بالاتر نیاز است.



## References

- [1] Kakarlapudi T, Bickerstaff D. Knee instability: Isolated and complex. *Br J Sports Med.* 2000; 34(5):395-400. [DOI:10.1136/bjism.34.5.395-a] [PMID] [PMCID]
- [2] Nasser A, Khataee H, Bryant AL, Lloyd DG, Saxby DJ. Modelling the loading mechanics of anterior cruciate ligament. *Comput Methods Programs Biomed.* 184:105098. [DOI:10.1016/j.cmpb.2019.105098] [PMID]
- [3] Kiapour AM, Murray MM. Basic science of anterior cruciate ligament injury and repair. *Bone Joint Res.* 2014; 3(2):20-31. [DOI:10.1302/2046-3758.32.2000241] [PMID] [PMCID]
- [4] Collins SL, Layde P, Guse CE, Schlotthauer AE, Van Valin SE. The incidence and etiology of anterior cruciate ligament injuries in patients under the age of 18 in the State of Wisconsin. *Pediatr Therapeut.* 2014; 4:196. [DOI:10.4172/2161-0665.1000196]
- [5] Ajuied A, Wong F, Smith C, Norris M, Earnshaw P, Back D, et al. Anterior cruciate ligament injury and radiologic progression of knee osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. *Am J Sports Med.* 2014; 42(9):2242-52. [DOI:10.1177/0363546513508376] [PMID]
- [6] Kapandi IA. *The Physiology of the joints.* Edinburgh: Churchill Livingstone; 1985. <https://books.google.com/books?id=k5wTAQAAMAAJ&q>
- [7] Frankel VH, Burstein AH, Brooks DB. Biomechanics of internal derangement of the knee: Pathomechanics as determined by analysis of the instant centers of rotation. *J Bone Joint Surg Am.* 1971; 53:945-962. [DOI:10.2106/00004623-197153050-00010]
- [8] Gerber C, Matter P. Biomechanical analysis of the knee after rupture of the anterior cruciate ligament and its primary repair: An instant-centre analysis of function. *J Bone Joint Surg Br.* 1983; 65:391-9. [DOI:10.1302/0301-620X.65B4.6874709] [PMID]
- [9] Mitton GR, Ireland WP, Runyon CL. Evaluation of the instantaneous centers of rotation of the stifle before and after repair of torn cruciate ligament by use of the over-the-top technique in dogs. *Am J Vet Res.* 1991; 52(10):1731-7. [PMID]
- [10] Zatsiorsky VM. *Kinematics of human motion.* Champaign, Ill: Human Kinetic; 1998. <https://books.google.com/books?id=mf4i7G5nXvkC&printsec=frontcover&dq=>
- [11] Fu FH, Harner CD, Johnson DL, Miller MD, Woo SL. Biomechanics of knee ligaments: Basic concepts and clinical application. *Instr Course Lect.* 1994; 43:137-48. [PMID]
- [12] Khasian M, LaCour MT, Coomer SC, Bolognesi MP, Komistek RD. In vivo knee kinematics for a cruciate sacrificing total knee arthroplasty having both a symmetrical femoral and tibial component. *J Arthroplasty.* 2020; 35(6):1712-9. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0883540320301273>
- [13] Marx RG, Jones EC, Angel M, Wickiewicz TL, Warren RF. Beliefs and attitudes of members of the American Academy of Orthopaedic Surgeons regarding the treatment of anterior cruciate ligament injury. *Arthroscopy.* 2003; 19(7):762-770. [DOI:10.1016/S0749-8063(03)00398-0]
- [14] Sim JA, Gadikota HR, Li JS, Li G, Gill TJ. Biomechanical evaluation of knee joint laxities and graft forces after anterior cruciate ligament reconstruction by anteromedial portal, outside-in, and transtibial techniques. *Am J Sports Med.* 2011; 39:2604-10. [DOI:10.1177/0363546511420810] [PMID] [PMCID]
- [15] Herrington L, Alarifi S, Jones R. Patellofemoral joint loads during running at the time of return to sport in elite athletes with ACL reconstruction. *Am J Sports Med.* 2017; 45(12):2812-6. [DOI:10.1177/0363546517716632] [PMID]
- [16] Karanikas K, Arampatzis A, Bruggemann GP. Motor task and muscle strength followed different adaptation patterns after anterior cruciate ligament reconstruction. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2009; 45(1):37-45. [https://www.researchgate.net/profile/Adamantios\\_Arampatzis/publication/23454781\\_](https://www.researchgate.net/profile/Adamantios_Arampatzis/publication/23454781_)
- [17] Kvist J. Rehabilitation following anterior cruciate ligament injury. *Sport Med.* 2004; 34(4):269-80. [DOI:10.2165/00007256-200434040-00006] [PMID]
- [18] Noehren B, Abraham A, Curry M, Johnson D, Ireland ML. Evaluation of proximal joint kinematics and muscle strength following ACL reconstruction surgery in female athletes. *J Orthop Res.* 2014; 32(10):1305-10. [DOI:10.1002/jor.22678] [PMID] [PMCID]
- [19] Pairet-de-Fontenay B, Willy RW, Elias AR, Mizner RL, Dube MO, Roy JS. Running biomechanics in individuals with anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review. *Sport Med.* 2019; 49(9):1411-24. [DOI:10.1007/s40279-019-01120-x] [PMID]
- [20] Pratt KA, Sigward SM. Knee loading deficits during dynamic tasks in individuals following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2017; 47(6):411-9. [DOI:10.2519/jospt.2017.6912] [PMID]
- [21] Tashman S, Kolowich P, Collon D, Anderson K, Anderst W. Dynamic function of the ACL-reconstructed knee during running. *Clin Orthop Relat Res.* 2007; 454:66-73. [DOI:10.1097/BLO.0b013e31802bab3e] [PMID]
- [22] Andersen HN, Dyhre-Poulsen P. The anterior cruciate ligament does play a role in controlling axial rotation in the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1997; 5(3):145-9. [DOI:10.1007/s001670050042] [PMID]
- [23] Ingersoll CD, Grindstaff TL, Pietrosimone BG, Hart JM. Neuromuscular consequences of anterior cruciate ligament injury. *Clin Sports Med.* 2008; 27(3):383-vii. [DOI:10.1016/j.csm.2008.03.004] [PMID]
- [24] Andriacchi TP, Briant PL, Beville SL, Koo S. Rotational changes at the knee after ACL injury cause cartilage thinning. *Clin Orthop Relat Res.* 2006; 442:39-44. [DOI:10.1097/01.blo.0000197079.26600.09] [PMID]
- [25] Chaudhari AMW, Briant PL, Beville SL, Koo S, Andriacchi TP. Knee kinematics, cartilage morphology, and osteoarthritis after ACL injury. *Med Sci Sports Exerc.* 2008; 40(2):215-22. [DOI:10.1249/mss.0b013e31815cbb0e] [PMID]
- [26] Barenus B, Ponzer S, Shalabi A, Bujak R, Norlén L, Eriksson K. Increased risk of osteoarthritis after anterior cruciate ligament reconstruction: A 14-year follow-up study of a randomized controlled trial. *Am J Sports Med.* 2014; 42(5):1049-57. [DOI:10.1177/0363546514526139] [PMID]
- [27] Downs SH, Black N. The feasibility of creating a checklist for the assessment of the methodological quality both of randomised and non-randomised studies of health care interventions. *J Epidemiol Community Health.* 1998; 52(6):377-84. [DOI:10.1136/jech.52.6.377] [PMID] [PMCID]
- [28] O'Connor SR, Tully MA, Ryan B, Bradley JM, Baxter GD, McDonough SM. Failure of a numerical quality assessment scale to identify potential risk of bias in a systematic review: A comparison study. *BMC Res Notes.* 2015; 8(1):1-7. <https://bmcrsnotes.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13104-015-1181-1>

- [29] Akpınar B, Thorhauer E, Irrgang JJ, Tashman S, Fu FH, Anderst WJ. Alteration of Knee kinematics after anatomic anterior cruciate ligament reconstruction is dependent on associated meniscal injury. *Am J Sports Med.* 2018; 46(5):1158-65. [DOI:10.1177/0363546517753386] [PMID]
- [30] Andriacchi TP, Dyrby CO. Interactions between kinematics and loading during walking for the normal and ACL deficient knee. *J Biomech.* 2005; 38(2):293-8. [DOI:10.1016/j.jbiomech.2004.02.010] [PMID]
- [31] Boeth H, Duda GN, Heller MO, Ehrig RM, Doyscher R, Jung T, et al. Anterior cruciate ligament-deficient patients with passive knee joint laxity have a decreased range of anterior-posterior motion during active movements. *Am J Sports Med.* 2013; 41(5):1051-7. [DOI:10.1177/0363546513480465] [PMID]
- [32] Hoshino Y, Tashman S. Internal tibial rotation during in vivo, dynamic activity induces greater sliding of tibio-femoral joint contact on the medial compartment. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012; 20(7):1268-75. [DOI:10.1007/s00167-011-1731-6] [PMID]
- [33] Shabani B, Bytyqi D, Lustig S, Cheze L, Bytyqi C, Neyret P. Gait knee kinematics after ACL reconstruction: 3D assessment. *Int Orthop.* 2015; 39(6):1187-93. [DOI:10.1007/s00264-014-2643-0] [PMID]
- [34] Yang C, Tashiro Y, Lynch A, Fu F, Anderst W. Kinematics and arthrokinematics in the chronic ACL-deficient knee are altered even in the absence of instability symptoms. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018; 26(5):1406-13. [DOI:10.1007/s00167-017-4780-7] [PMID] [PMCID]
- [35] Yim JH, Seon JK, Kim YK, Jung ST, Shin CS, Yang DH, et al. Anterior translation and rotational stability of anterior cruciate ligament-deficient knees during walking: speed and turning direction. *J Orthop Sci.* 2015; 20(1):155-62. [DOI:10.1007/s00776-014-0672-6] [PMID]
- [36] Zhang Y, Huang W, Yao Z, Ma L, Lin Z, Wang S, et al. Anterior cruciate ligament injuries alter the kinematics of knees with or without meniscal deficiency. *Am J Sports Med.* 2016; 44(12):3132-9. [DOI:10.1177/0363546516658026] [PMID]
- [37] Brandsson I S, Karlsson J, Eriksson BI, Kärrholm J. Kinematics after tear in the anterior cruciate ligament: Dynamic bilateral radiostereometric studies in 11 patients. *Acta Orthop Scand.* 2001; 72(4):372-8. [DOI:10.1080/000164701753542032] [PMID]
- [38] Chen K, Yin L, Cheng L, Li C, Chen C, Yang L. In vivo motion of femoral condyles during weight-bearing flexion after anterior cruciate ligament rupture using biplane radiography. *J Sports Sci Med.* 2013; 12(3):579. [PMCID] [PMID]
- [39] Cone SG, Lambeth EP, Piedrahita JA, Spang JT, Fisher MB. Joint laxity varies in response to partial and complete anterior cruciate ligament injuries throughout skeletal growth. *J Biomech.* 2020; 101:109636. [DOI:10.1016/j.jbiomech.2020.109636] [PMID]
- [40] DeFrate LE, Papannagari R, Gill TJ, Moses JM, Pathare NP, Li G. The 6 Degrees of Freedom Kinematics of the Knee after Anterior Cruciate Ligament Deficiency: An in Vivo Imaging Analysis. *Am J Sports Med.* 2006; 34(8):1240-6. [DOI:10.1177/0363546506287299] [PMID]
- [41] Dennis DA, Mahfouz MR, Komistek RD, Hoff W. In vivo determination of normal and anterior cruciate ligament-deficient knee kinematics. *J Biomech.* 2005; 38(2):241-53. [DOI:10.1016/j.jbiomech.2004.02.042] [PMID]
- [42] Hollman JH, Deusinger RH, Van Dillen LR, Matava MJ. Knee joint movements in subjects without knee pathology and subjects with injured anterior cruciate ligaments. *Phys Ther.* 2002; 82:960-972. [DOI:10.1093/ptj/82.10.960] [PMID]
- [43] Jonsson H, Kärrholm J, Elmqvist LG. Kinematics of active knee extension after tear of the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med.* 1989; 17(6):796-802. [DOI:10.1177/036354658901700613] [PMID]
- [44] Abebe ES, Utturkar GM, Taylor DC, Spritzer CE, Kim JP, Moorman CT, et al. The effects of femoral graft placement on in vivo knee kinematics after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Biomech.* 2011; 44(5):924-9. [DOI:10.1016/j.jbiomech.2010.11.028] [PMID] [PMCID]
- [45] Brandsson I S, Karlsson J, Svärd L, Kartus J, Eriksson BI, Kärrholm J. Kinematics and laxity of the knee joint after anterior cruciate ligament reconstruction: pre- and postoperative radiostereometric studies. *Am J Sports Med.* 2002; 30(3):361-7. [DOI:10.1177/036354650203000310] [PMID]
- [46] Gao B, Zheng N. Alterations in three-dimensional joint kinematics of anterior cruciate ligament-deficient and -reconstructed knees during walking. *Clinical Biomechanics.* 2010; 25(3):222-9. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2009.11.006] [PMID]
- [47] Kvist J. Sagittal plane knee motion in the ACL-deficient knee during body weight shift exercises on different support surfaces. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2006; 36(12):954-62. [DOI:10.2519/jospt.2006.2290] [PMID]
- [48] Koo S, Kyung BS, Jeong JS, Suh DW, Ahn JH, Wang JH. Dynamic three-dimensional analysis of lachman test for anterior cruciate ligament insufficiency: analysis of anteroposterior motion of the medial and lateral femoral epicondyles. *Knee Surg Relat Res.* 2015; 27(3):187-93. [DOI:10.5792/ksrr.2015.27.3.187] [PMID] [PMCID]
- [49] Chahla J, Nelson T, Dallo I, Yalamanchili D, Eberlein S, Limpisvasti O, et al. Anterior cruciate ligament repair versus reconstruction: A kinematic analysis. *Knee.* 2020; 27(2):334-340. [DOI:10.1016/j.knee.2019.10.020] [PMID]
- [50] Andriacchi TP, Mundermann A, Smith RL, Alexander EJ, Dyrby CO, Koo S. A framework for the in vivo pathomechanics of osteoarthritis at the knee. *Ann Biomed Eng.* 2004; 32:447-457. [DOI:10.1023/B:ABME.0000017541.82498.37] [PMID]
- [51] Fairclough JA, Graham GP, Dent CM. Radiological sign of chronic anterior cruciate ligament deficiency. *Injury.* 1990; 21(6):401-2. [DOI:10.1016/0020-1383(90)90130-M]
- [52] Vermeijden HD, Yang XA, van der List JP, DiFelice GS. Large variation in indications, preferred surgical technique and rehabilitation protocol for primary anterior cruciate ligament repair: A survey among ESSKA members. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2020; 28(11):3613-21. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00167-020-06011-7>
- [53] Amiel D, Kleiner JB, Roux RD, Harwood FL, Akeson WH. The phenomenon of "Ligamentization": Anterior cruciate ligament reconstruction with autogenous patellar tendon. *J Orthop Res.* 1986; 4(2):162-72. [DOI:10.1002/jor.1100040204] [PMID]
- [54] Arnoczky SP, Tarvin GB, Marshall JL. Anterior cruciate ligament replacement using patellar tendon. An evaluation of graft revascularization in the dog. *J Bone Joint Surg Am.* 1982; 64(2):217-24. [DOI:10.2106/00004623-198264020-00011]
- [55] Grindem H, Snyder-Mackler L, Moksnes H, Engebretsen L, Risberg MA. Simple decision rules can reduce reinjury risk by 84% after ACL reconstruction: The Delaware-Oslo ACL cohort study. *British J Sports Med.* 2016; 50(13):804-8. [DOI:10.1136/bjsports-2016-096031] [PMID] [PMCID]
- [56] Scheffler SU, Unterhauser FN, Weiler A. Graft remodeling and ligamentization after cruciate ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy.* 2008; 16(9):834-42. [DOI:10.1007/s00167-008-0560-8] [PMID]

- [57] Abe S, Kurosaka M, Iguchi T, Yoshiya S, Hirohata K. Light and electron microscopic study of remodeling and maturation process in autogenous graft for anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 1993; 9(4):394-405. [DOI:10.1016/S0749-8063(05)80313-5]
- [58] Claes S, Verdonk P, Forsyth R, Bellemans J. The "Ligamentization" Process in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: What Happens to the Human Graft? A Systematic Review of the Literature. *Am J Sports Med*. 2011; 39(11):2476-83. [DOI:10.1177/0363546511402662] [PMID]
- [59] Pauzenberger L, Syré S, Schurz M. "Ligamentization" in hamstring tendon grafts after anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review of the literature and a glimpse into the future. *Arthroscopy*. 2013; 29(10):1712-21. [DOI:10.1016/j.arthro.2013.05.009] [PMID]
- [60] Rougraff B, Shelbourne KD, Gerth PK, Warner J. Arthroscopic and histologic analysis of human patellar tendon autografts used for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 1993; 21(2):277-84. [DOI:10.1177/036354659302100219] [PMID]
- [61] Dyhre-Poulsen P, Krogsgaard MR. Muscular reflexes elicited by electrical stimulation of the anterior cruciate ligament in humans. *J Appl Physiol*. 2000; 89(6):2191-5. [DOI:10.1152/jappl.2000.89.6.2191] [PMID]
- [62] Krogsgaard MR, Fischer-Rasmussen T, Dyhre-Poulsen P. Absence of sensory function in the reconstructed anterior cruciate ligament. *J Electromyogr Kinesiol*. 2011; 21(1):82-6. [DOI:10.1016/j.jelekin.2010.09.012] [PMID]
- [63] Ochi M, Iwasa J, Uchio Y, Adachi N, Kawasaki K. Induction of somatosensory evoked potentials by mechanical stimulation in reconstructed anterior cruciate ligaments. *J Bone Joint Surg Am*. 2002; 84(5):761-6. [DOI:10.1302/0301-620X.84B5.0840761]
- [64] Nyland J, Brosky T, Currier D, Nitz A, Caborn D. Review of the afferent neural system of the knee and its contribution to motor learning. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1994; 19(1):2-11. [DOI:10.2519/jospt.1994.19.1.2] [PMID]
- [65] Di Stasi SL, Logerstedt D, Gardinier ES, Snyder-Mackler L. Gait patterns differ between acl-reconstructed athletes who pass return-to-sport criteria and those who fail. *Am J Sports Med*. 2013; 41(6):1310-8. [DOI:10.1177/0363546513482718] [PMID] [PMCID]
- [66] Gokeler A, Benjaminse A, van Eck CF, Webster KE, Schot L, Otten E. Return of normal gait as an outcome measurement in acl reconstructed patients. A systematic review. *Int J Sports Phys Ther*. 2013; 8(4):441-51. [PMCID] [PMID]
- [67] Hart HF, Culvenor AG, Collins NJ, Ackland DC, Cowan SM, Machotka Z, et al. Knee kinematics and joint moments during gait following anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2016; 50(10):597-612. [DOI:10.1136/bjsports-2015-094797] [PMID]
- [68] Roewer BD, Di Stasi SL, Snyder-Mackler L. Quadriceps strength and weight acceptance strategies continue to improve two years after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Biomech*. 2011; 44(10):1948-53. [DOI:10.1016/j.jbiomech.2011.04.037] [PMID] [PMCID]
- [69] Stasi SD, Hartigan EH, Snyder-Mackler L. Sex-Specific Gait Adaptations Prior to and up to 6 Months After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *J Orthop Sports Phys*. 2015; 45(3):207-14. [DOI:10.2519/jospt.2015.5062] [PMID] [PMCID]
- [70] Xergia SA, Pappas E, Zampeli F, Georgiou S, Georgoulis AD. Asymmetries in Functional Hop Tests, Lower Extremity Kinematics, and Isokinetic Strength Persist 6 to 9 Months Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *J Orthop Sports Phys*. 2013; 43(3):154-62. [DOI:10.2519/jospt.2013.3967] [PMID]
- [71] Nagelli CV, Hewett TE. Should Return to Sport be Delayed Until 2 Years After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction? Biological and Functional Considerations. *Sports Med (Auckland, NZ)*. 2017; 47(2):221-32. [DOI:10.1007/s40279-016-0584-z] [PMID] [PMCID]

---

This Page Intentionally Left Blank

---