Sport Medicine Studies **Volume 12, No 28, 2021, Page 37-54**

Research Paper

Comparison of Electromyography Activity of the Medial and Lateral Gastrocnemius Muscles in Athletes with and without a History of Anterior Cruciate Ligament Rupture

K. Dashti Rostami[1], M. H. Alizadeh[2], H. Minoonejad[3], H. R. Yazdi[4]

1. Assistant Professor, Faculty of Sports Sciences, Department of Motor Behavior and Biomechanics. (Corresponding Author)
2. Professor, University of Tehran, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Department of Sports medicine and health
3. Associate Professor, University of Tehran, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Department of Sports medicine and health
4. Associate Professor, Neuromusculoskeletal Research Center, Iran University of Medical Sciences.

Received Date: 2020/09/22 **Accepted Date: 2021/03/07**

Abstract

The gastrocnemius muscle is one of the main muscles of the knee joint but its neuromuscular adaptations after anterior cruciate ligament (ACL) injury are poorly understood. The purpose of this study was to compare medial and lateral gastrocnemius preparatory and reactive activity patterns in athletes with and without a history of ACL rupture. Totally, 15 ACL deficient, 15 ACL reconstructed and 15 control subjects participated in this cross-sectional study. The ACL injured groups (ACLD and ACLR) had significantly lower lateral gastrocnemius muscle activity in the reactive phase compared to the control group. The gastrocnemius muscle is an antagonist of ACL, and it seems that lower lateral gastrocnemius activity in ACL injured groups is a compensatory mechanism to decrease strain on ACL.

Keywords: Anterior Cruciate Ligament, Knee Joint, Gastrocnemius Muscle, Reactive Activity

1. Email: kdr_140@yahoo.com
2. Email: mhalizadeh47@yahoo.com
3. Email: h.minoonejad@gmail.com
4. Email: dryazdi88@yahoo.com

Extended Abstract

Objectives

The medial and lateral gastrocnemius muscles are the main muscles of the lower extremities (1). Neuromuscular adaptations following anterior cruciate ligament (ACL) injury including the atrophy of quadriceps (2), reduction in voluntary activation (3) and change in the muscle tightening time of the quadriceps and hamstrings (4, 5) have been documented in previous studies. However, there is limited information on the effects of ACL injury on gastrocnemius muscle activity patterns. It has been demonstrated that the gastrocnemius muscle is an ACL antagonist and its contraction could strain the ACL (6). However, it has been stated that gastrocnemius muscle could increase knee joint stiffness and help to joint stability(7). Klyne et al. have shown that patients with knee instability rely more on active control of the gastrocnemius muscle(8). The gastrocnemius muscle strategies, whether being compensatory or not, during challenging tasks such as drop-landing, remain unknown. The aim of this study was to compare medial and lateral gastrocnemius muscle activity between ACL injured and healthy individuals.

Methods

Forty-five males participated in this study. Fifteen were 18 to 36 months post-ACLR, 15 were 18 to 36 months after ACL rupture (ACL deficient, ACLD), and 15 were healthy, matched control subjects. A surface EMG system (ME6000, Megawin; MEGA Electronics Ltd, Finland) with a 20-mm interelectrode distance was used to measure the activation levels of the medial and lateral gastrocnemius muscles during landing. Maximal voluntary isometric contractions (MVICs) were recorded prior to landing. The landing task required subjects to perform a single-leg vertical drop landing from a 30-cm box and land on a single leg on a force plate (AMTI, Watertown, MA). Only the injured limb of ACLR and ACLD individuals and the dominant limb of controls were tested. The dominant limb was defined as the limb with which the participant would kick a ball. Three good trials, defined as the proper limb landing completely on the force platform, were analyzed. Dynamic EMG data recorded during the landing task were normalized to the peak muscle activity recorded during the MVIC. Preparatory muscle activity was extracted as the mean values in a 100-millisecond window prior to initial ground contact (defined as the instant when vertical ground reaction forced exceeded 10 N). Reactive muscle activity was extracted from a 250-millisecond window following initial ground contact. In order to compare the activity levels between the groups (ACLR, ACLD, and controls), a 1-way analysis of variance with Tukey post hoc test was used. Standard Cohen's d effect sizes were calculated to assess group differences in

significant dependent variables. The strength of the effect sizes was interpreted using the guidelines described by Cohen with values less than 0.5 interpreted as weak, values ranging from 0.5 to 0.79 interpreted as moderate, and values greater than 0.8 interpreted as strong. The statistical analyses were performed using SPSS.

Results

There were no significant differences (P > .05) in the preparatory activity of the medial and lateral gastrocnemius activity between groups. During the reactive activity, ACL-injured (ACLR and ACLD) participants demonstrated significantly lower lateral gastrocnemius activity compared with controls (P = .001) (Table 1). There was no significant difference in reactive activity of medial gastrocnemius muscle between groups (P<0.05). Effect sizes for ACLR compared with control as well as ACLD compared with control were strong with 95% confidence intervals (Table 1).

Table 1- Average EMG Values in Preparatory and Reactive Phases

Muscle	Phase of activity	ACLD	ACLR	Controls	P-value	Effect size
MG	preparatory	31.76±18.03	38.38±9.25	31.20±14.01	0.27	
	reactive	28.59±11.82	25.45±9.9.49	29.90±3.83	0.37	
LG	preparatory	28.83±14.62	24.00±10.34	28.92±15.81	0.48	
	reactive	23.95±13.25	26.49±8.60	37.06±7.96	0.001*	1.28 1.29

Abbreviations: ACLD, anterior cruciate ligament deficient; ACLR, anterior cruciate ligament reconstructed. MG, medial gastrocnemius; LG, lateral gastrocnemius.
*Analysis of variance significant difference. **Between-group significant difference for ACLD versus controls and ***ACLR versus controls. Data are expressed as percent maximum voluntary isometric contraction.

Conclusion

The purpose of this study was to compare medial and lateral gastrocnemius activity patterns between ACL injured (ACLR and ACLD) and healthy control group during the single-leg landing. There was no significant difference between groups in the preparatory phase; however, in the reactive phase, the results of the ongoing study demonstrate that the ACL-injured (ACLR and ACLD) individuals had significantly less lateral gastrocnemius activity compared with controls following contact with the floor. It seems that lower reactive activity of the lateral gastrocnemius in patients with ACL injuries is a protective strategy to reduce ACL strain during landing (9). According to the present results, the activity patterns of the gastrocnemius muscle should be considered in ACL rehabilitation programs. Future studies can investigate the relationship between

gastrocnemius muscle activity and kinematic data of patients with ACL injuries during more demanding landing tasks (cutting and jump landings).

References

1. Fleming BC, Oksendahl H, Beynnon BD. Open-or closed-kinetic chain exercises after anterior cruciate ligament reconstruction? Exercise and sport sciences reviews. 2005;33(3):134-40.
2. Ward SH, Perraton L, Bennell K, Pietrosimone B, Bryant AL. Deficits in quadriceps force control after anterior cruciate ligament injury: potential central mechanisms. Journal of athletic training. 2019;54(5):505-12.
3. He X, Leong HT, Lau OY, Ong MT-Y, Yung PS-H. Altered neuromuscular activity of the lower-extremities during landing tasks in patients with anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review of electromyographic studies. Journal of sport rehabilitation. 2020;29(8):1194-203.
4. Rush JL, Norte GE, Lepley AS. Limb differences in hamstring muscle function and morphology after anterior cruciate ligament reconstruction. Physical Therapy in Sport. 2020;45:168-75.
5. Swanik CB, Lephart SM, Swanik KA, Stone DA, Fu FH. Neuromuscular dynamic restraint in women with anterior cruciate ligament injuries. Clinical Orthopaedics and Related Research®. 2004;425:189-99.
6. Fleming BC, Renstrom PA, Ohlen G, Johnson RJ, Peura GD, Beynnon BD, et al. The gastrocnemius muscle is an antagonist of the anterior cruciate ligament. Journal of orthopaedic research. 2001;19(6):1178-84.
7. Chmielewski TL, Rudolph KS, Snyder-Mackler L. Development of dynamic knee stability after acute ACL injury. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2002;12(4):267-74.
8. Klyne DM, Keays SL, Bullock-Saxton JE, Newcombe PA. The effect of anterior cruciate ligament rupture on the timing and amplitude of gastrocnemius muscle activation: a study of alterations in EMG measures and their relationship to knee joint stability. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2012;22(3):446-55.
9. Limbird TJ, Shiavi R, Frazer M, Borra H. EMG profiles of knee joint musculature during walking: changes induced by anterior cruciate ligament deficiency. Journal of orthopaedic research. 1988;6(5):630-8.

مطالعات طب ورزشی دوره ۱۲، شماره ۲۸، پاییز و زمستان ۱۳۹۹. صص ۵۴-۳۷

مقالهٔ پژوهشی

مقایسهٔ فعالیت الکترومایوگرافی عضلات دوقلوی داخلی و خارجی در ورزشکاران با و بدون سابقهٔ پارگی رباط صلیبی قدامی

کمیل دشتی رستمی[۱]، محمدحسین علیزاده[۲]، هومن مینونژاد[۳]، حمیدرضا یزدی[۴]

۱. استادیار دانشگاه مازندران- دانشکدهٔ علوم ورزشی- گروه رفتار حرکتی و بیومکانیک (نویسندهٔ مسئول)
۲. استاد دانشگاه تهران- دانشکدهٔ تربیت‌بدنی و علوم ورزشی- گروه بهداشت و طب ورزشی
۳. دانشیار دانشگاه تهران- دانشکدهٔ تربیت‌بدنی و علوم ورزشی- گروه بهداشت و طب ورزشی
۴. دانشیار دانشگاه علوم پزشکی ایران- مرکز پژوهشی عصبی-عضلانی-اسکلتی

تاریخ ارسال ۱۳۹۹/۰۷/۰۱ تاریخ پذیرش ۱۳۹۹/۱۲/۱۷

چکیده

عضلهٔ دوقلو یکی از عضلات اصلی مفصل زانوست، اما به تغییرات آن بعد از آسیب ACL توجه چندانی نشده است. هدف از پژوهش حاضر مقایسهٔ فعالیت عضلات دوقلوی داخلی و خارجی در ورزشکاران با و بدون سابقهٔ پارگی رباط صلیبی قدامی حین حرکت افت-فرود بوده است. نمونهٔ پژوهش شامل ۱۵ نفر با عمل بازسازی ACL، ۱۵ نفر با پارگی ACL بدون عمل بازسازی و ۱۵ نفر به‌عنوان گروه کنترل بود. فعالیت واکنشی عضلهٔ دوقلو خارجی در آزمودنی‌های گروه آسیب‌دیده به‌طور معناداری کمتر از گروه کنترل بود. با توجه به اینکه عضلهٔ دوقلو آنتاگونیست ACL است و فعالیت آن می‌تواند باعث افزایش استرین به ACL شود، به نظر می‌رسد کمتر بودن فعالیت عضلهٔ دوقلوی خارجی در افراد آسیب‌دیده در مقایسه با افراد سالم، سازوکاری جبرانی است تا از طریق آن استرین وارد بر ACL را کاهش دهند.

واژگان کلیدی: رباط صلیبی قدامی، مفصل زانو، عضلهٔ دوقلو، فعالیت واکنشی

1. Email: kdr_140@yahoo.com
2. Email: mhalizadeh47@yahoo.com
3. Email: h.minoonejad@gmail.com
4. Email: dryazdi88@yahoo.com

مقدمه

عضلات دوقلوی داخلی[1] و خارجی[2] جزو عضلات اصلی پا محسوب می‌شوند که نقشی مهم در مفاصل مچ پا و زانو ایفا می‌کنند. این عضلات به همراه عضلات چهارسر ران و همسترینگ در برابر گشتاورهای خارجی مقاومت و حرکات را کنترل می‌کنند و باعث ایجاد ثبات در مفصل زانو می‌شوند (۱، ۲).

آسیب هر مفصلی به تغییراتی در عملکرد عضلات اطراف آن مفصل منجر می‌شود. در مورد پارگی رباط صلیبی قدامی (ACL)، عضلات چهارسر ران، همسترینگ و دوقلو که ارتباطی نزدیک با مفصل زانو دارند، تحت تأثیر قرار می‌گیرند. برخی از این تغییرات عضلانی در واکنش مستقیم به آسیب رخ می‌دهد، با این حال، برخی دیگر از تغییرات ممکن است استراتژی‌های جبرانی حاصل از بی‌ثباتی مفصل باشد. اثر آسیب ACL بر عملکرد عضلات چهارسر ران و همسترینگ شامل آتروفی و ضعف عضلات چهارسر ران (۵-۳)، کاهش فعال‌سازی ارادی عضله (۵، ۶)، افزایش فعالیت عضلات همسترینگ (۷،۸) و تغییر در زمان آغاز انقباض عضلات چهارسر و همسترینگ (۱۱-۹) به‌خوبی مطالعه شده است. با وجود این، در مورد اثر آسیب ACL روی فعالیت عضلهٔ دوقلو اطلاعات اندکی وجود دارد.

با توجه به اینکه ACL یکی از محدودکننده‌های اصلی جابه‌جایی قدامی درشت نئی است (۱۲)، افرادی که سابقهٔ پارگی ACL دارند، باید برای ایجاد ثبات در مفصل بیشتر به عملکرد عضلات تکیه کنند. پیشنهاد شده است تغییرات در زمان و میزان فعالیت عضلات، در واقع سازوکارهای جبرانی در افراد مبتلا به آسیب ACL است (۱۳،۱۴). اگرچه پژوهش‌های زیادی نشان داده‌اند عضلهٔ همسترینگ به‌صورت عضلهٔ موافق[3] ACL در فراهم کردن ثبات قدامی مفصل زانو عمل می‌کند (۱۵،۱۶)، در مورد الگوهای به‌کارگیری مطلوب عضلات برای بازگرداندن ثبات در افراد با آسیب ACL توافقی وجود ندارد (۱۷،۱۸). به‌علاوه نشان داده شده است عضلات چهارسر ران، که زمانی تصور می‌شد کاملاً مخالف[4] ACL اند، با هم‌انقباضی با عضلات همسترینگ باعث «سفت»[5] شدن یا «ثبات» زانوی افراد آسیب‌دیده می‌شوند (۱۹،۲۰) .

عضلهٔ دوقلو یکی از سه عضلهٔ اصلی اطراف زانوست، با این حال فعالیت و نقش این عضله در افرادی که سابقهٔ پارگی ACL دارند کمتر بررسی شده است. پژوهش‌های اولیه در افراد دچار پارگی ACL

1. Medial Gastrocnemius
2. Lateral Gastrocnemius
3. Agonist
4. Antagonist
5. Stiffen

حین راه رفتن، نشان می‌دهد فعالیت عضلهٔ دوقلو در آن‌ها در مقایسه با گروه کنترل کاهش یافته است (۲۱،۲۲). چون نشان داده شده است انقباض مجزای عضلهٔ دوقلو ACL را دچار استرین می‌کند (۲۳)، بعضی از محققان این تغییرات را سازوکاری جبرانی در برابر جابه‌جایی قدامی درشت نئی در نظر می‌گیرند (۲۴). با وجود این، بسیاری از محققان اعتقاد دارند عضلهٔ دوقلو می‌تواند با افزایش سفتی مفصل به ثبات زانو کمک کند (۲۵،۲۶). در حمایت از این موضوع، رید و والیس (۲۷) مشاهده کردند در افرادی با سابقهٔ پارگی ACL فعالیت عضلهٔ دوقلو در حین راه رفتن در سرازیری افزایش می‌یابد که آن را به تلاشی برای جبران افزایش شلی مفصلی و بهبود ثبات زانو نسبت دادند. همچنین در پژوهش کلین و همکاران ارتباطی قوی بین فعالیت طولانی عضلهٔ دوقلوی داخلی و شلی زانو در اندام آسیب‌دیده‌ی افراد با پارگی ACL حین حرکت لی به جلو[1] وجود داشت که نشان می‌دهد افرادی دچار بی‌ثباتی زانو بیشتر به کنترل فعال عضلهٔ دوقلو متکی‌اند (۲۸). افزایش سطوح فعالیت مقدماتی[2] عضلهٔ دوقلو داخلی در آزمودنی‌های سالم با متوسط شلی لیگامانی بیش از ۷ میلی‌متر ثبت شده است (۲۹). به نظر می‌رسد افرادی که سابقهٔ پارگی ACL دارند، بیشتر به کنترل فعال عضلانی متکی‌اند و یافته‌های موجود نقش عضلهٔ دوقلو را در ایجاد ثبات زانو برجسته می‌کند. اگرچه مستندات اثر آسیب ACL را بر عملکرد عضلهٔ دوقلو نشان می‌دهد، اما استراتژی‌های عضلانی و جبرانی بودن یا نبودن این استراتژی‌ها حین فعالیت‌های چالشی نظیر پرش-فرود ناشناخته باقی مانده است.

با توجه به مطالب بیان‌شده هدف از پژوهش حاضر، مقایسهٔ فعالیت عضلات دوقلوی داخلی و خارجی در ورزشکاران با و بدون سابقهٔ پارگی ACL حین حرکت افت فرود تک‌پاست.

روش پژوهش

طرح پژوهش حاضر از نوع مقطعی[3] است. جامعهٔ آماری پژوهش حاضر مردان ورزشکار در دامنهٔ سنی ۱۸ تا ۳۰ سال بودند که طی ۳ سال گذشته دچار پارگی ACL شده و از روش جراحی و غیرجراحی برای درمان استفاده کرده‌اند. از جامعهٔ آماری فوق ۴۵ ورزشکار، ۱۵ ورزشکار با عمل بازسازی رباط صلیبی قدامی[4] (ACLR)، ۱۵ ورزشکار با پارگی رباط صلیبی قدامی بدون عمل بازسازی[5] (ACLD) و ۱۵ ورزشکار سالم به‌عنوان نمونهٔ پژوهش حاضر انتخاب شدند. اندازهٔ حجم

1. Forward Hop
2. Preparatory
3. Cross-Sectional
4. Anterior Cruciate Ligament Reconstructed
5. Anterior Cruciate Ligament Deficient

نمونه با استفاده از نرم‌افزار جی پاور[1] با توان آماری ۰/۸۰، آلفای ۰/۰۵ و با در نظر گرفتن میانگین و انحراف استاندارد جامعه و نمونه در متغیرهای اصلی پژوهش (فعالیت عضلهٔ دوقلوی داخلی) به‌دست آمد (۲۵, ۲۸). معیارهای ورود به پژوهش برای دو گروه آسیب ACL (با و بدون عمل بازسازی) شامل سپری شدن ۱۸ تا ۳۶ ماه از عمل بازسازی ACL یا درمان محافظه‌کارانه[2]، دامنهٔ سنی ۱۸ تا ۳۰ سال، ورزشکاران تفریحی با هفته‌ای ۳ جلسه فعالیت ورزشی منظم، پایان دورهٔ توان‌بخشی و بازگشت به فعالیت ورزشی سطح یک و دو (جدول شمارهٔ ۱) (۳۰) بود (۱۴). همچنین تمام آزمودنی‌های گروه ACLD جزو افراد کوپر[3] (بازگشت به ورزش بدون احساس بی‌ثباتی یا خالی کردن زانو) بودند. معیارهای خروج از پژوهش برای دو گروه آسیب ACL (با و بدون عمل بازسازی) شامل سابقهٔ عمل جراحی اندام تحتانی به‌غیر از بازسازی ACL، آسیب اندام تحتانی بعد از عمل بازسازی ACL، وجود آسیب دوطرفه، آسیب رباط‌های دیگر زانو شامل رباط جانبی داخلی، خارجی و صلیبی خلفی و وجود آسیب‌های دیگر در اندام تحتانی (سندرم درد کشککی-رانی، آسپرین مچ پا و.....) بود. آزمودنی‌های گروه کنترل نیز سابقهٔ آسیب در مفصل زانو نداشتند و از لحاظ دامنهٔ سنی و سطح فعالیت بدنی با آزمودنی‌های دو گروه آسیب‌دیده همگن بودند (۱۴،۲۸) تمام آزمودنی‌ها قبل از انجام آزمون‌ها فرم رضایت آگاهانهٔ شرکت در پژوهش را تکمیل کردند.

جدول ۱- طبقه‌بندی سطح فعالیت بدنی بعد از آسیب ACL (هفتی و همکاران، ۱۹۹۳)

سطح	فعالیت بدنی
سطح یک	رشته‌های همراه با حرکات پرش، برش، چرخش (فوتبال، هندبال، بسکتبال)
سطح دو	رشته‌های همراه با حرکات جانبی با چرخش کمتر نسبت به سطح یک (رشته‌های راکتی، رزمی، کشتی، ژیمناستیک)
سطح سه	فعالیت‌های همراه با حرکات مستقیم رو به جلو بدون پرش و چرخش (دویدن، کوهنوردی)
سطح چهار	بدون تحرک

1. G-Power
2. Conservative
3. Copers

ثبت داده‌های الکترومایوگرافی

فعالیت الکتریکی عضلات دوقلوی داخلی و خارجی با استفاده از دستگاه الکترومایوگرافی مگاوین[1] ساخت کشور فنلاند ثبت شد. داده‌های الکترومایوگرافی به‌وسیلهٔ سیستم تحلیل حرکت (نرم‌افزار کرتکس)[2] استخراج شده و از نرم‌افزار اکسل[3] (نسخهٔ ۲۰۱۳) برای تحلیل داده‌ها استفاده شد. سیگنال‌های الکترومایوگرافی ابتدا به میزان ۱۰ برابر پیش‌تقویت شدند و در محدودهٔ گذردهی بین ۱۰ تا ۵۰۰ هرتز فیلتر شدند (بر اساس پروتکل سنیام[4]). برای بررسی فعالیت الکتریکی عضلهٔ دوقلو الکترودها روی برجسته‌ترین قسمت بطن عضلهٔ دوقلوی داخلی و خارجی (در یک‌سوم فوقانی فاصلهٔ بین سر نازک نئی و پاشنه) قرار گرفتند. الکترودها مطابق پروتکل اروپایی سنیام نصب شدند. قبل از محاسبهٔ میزان فعالیت، حداکثر انقباض ایزومتریک عضلهٔ دوقلو ثبت شد. برای ثبت حداکثر انقباض ارادی عضلهٔ دوقلو آزمودنی حرکت پلانتارفلکشن مچ پا را با اعمال مقاومت توسط آزمونگر انجام می‌داد. آزمون حداکثر انقباض ارادی ایزومتریک عضله در هر آزمودنی سه بار و هر بار به مدت ۵ ثانیه با فاصله‌ی یک دقیقه استراحت بین هر تکرار انجام شد. در پژوهش حاضر میزان فعالیت مقدماتی عضلات در بازهٔ زمانی ۱۰۰ میلی‌ثانیه قبل از برخورد و فعالیت واکنشی[5] عضلات در فاصلهٔ زمانی ۲۵۰ میلی‌ثانیه بعد از برخورد پا با زمین محاسبه شد (۲۱). هرگاه نیروی عمودی عکس‌العمل زمین به بیش از ۱۰ نیوتن می‌رسید، آن نقطه، نقطهٔ تماس اولیهٔ پا با زمین در نظر گرفته می‌شد. برای امکان مقایسه بین آزمودنی‌ها و نرمال کردن داده‌ها، مقادیر به‌دست‌آمده از محاسبهٔ ریشهٔ دوم میانگین[6]، به مقادیر به‌دست‌آمده از حداکثر انقباض ارادی هر عضله تقسیم شد و میزان فعالیت عضلات به‌صورت درصدی از حداکثر انقباض ارادی در نظر گرفته شد. داده‌های EMG عضلات دوقلوی داخلی و دوقلوی خارجی پای آسیب‌دیده‌ی آزمودنی‌های گروه با و بدون عمل بازسازی ACL و پای برتر آزمودنی‌های گروه کنترل حین حرکت افت-فرود ثبت شد.

تکلیف افت-فرود

از پروتکل افت-فرود[7] استفاده‌شد که در پژوهش‌های قبلی به‌کار گرفته شده بود (۳۱،۳۲). از آزمودنی خواسته شد تا بالای جعبه‌ای به ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر قرار گیرد و به‌صورت تک‌پا حرکت افت-فرود عمودی را روی دستگاه صفحه نیرو[1] (AMTA) انجام دهد.

---

1. Megawin
2. Motion Analysis (Cortex version 2.1)
3. Excel
4. Surface Electromyography for Non-Invasive Assessment of Muscles
5. Reactive Activity
6. Root Mean Square
7. Drop Landing

تجزیه‌وتحلیل آماری

برای تجزیه‌وتحلیل اطلاعات جمع‌آوری‌شده از روش‌های آماری توصیفی و استنباطی و برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون شاپیروویلک استفاده شد. به‌منظور مقایسهٔ فعالیت عضلات دوقلوی داخلی و خارجی بین گروه‌ها (ACLR، ACLD و کنترل) از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه همراه با آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. شاخص اندازهٔ اثر کوهن d نیز برای ارزیابی تفاوت‌های بین گروهی در متغیرهای وابسته معنادار محاسبه شد. تمام تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار اس پی اس اس[2] نسخهٔ ۲۰ انجام شد.

یافته‌ها

میانگین و انحراف استاندارد مشخصات جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها در جدول شمارهٔ دو ارائه شده است.

جدول ۲ ـ میانگین و انحراف استاندارد مشخصات جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها

گروه‌ها متغیر	گروه ACLD (۱۵ نفر) (میانگین و انحراف استاندارد)	گروه ACLR (۱۵ نفر) (میانگین و انحراف استاندارد)	گروه کنترل (۱۵ نفر) (میانگین و انحراف استاندارد)	معناداری
سن (سال)	۲۶/۲±۵/۳۱	۲۴/۵±۷۴/۴۹	۲۵/۲±۷۵/۹۶	۰/۷۸
قد (سانتی‌متر)	۱۷۶/۴±۲/۵۴	۱۷۵/۴±۳۸/۸۴	۱۷۳/۵±۴۵/۱۲	۰/۷۷
وزن (کیلوگرم)	۷۶/۷±۳۳/۱۳	۷۵/۵±۷۴/۹۳	۷۴/۷±۸۱/۱۵	۰/۶۵
زمان سپری‌شده از جراحی یا آسیب اولیه (ماه)	۲۴/۶±۲۸/۹۵	۲۵/۶±۴۵/۰۰	–	

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1. Force Plate
2. SPSS

جدول ۳- میانگین فعالیت عضلات دوقلوی داخلی و خارجی در فاز مقدماتی و واکنشی (بر اساس درصدی از حداکثر انقباض ارادی)

گروه عضلات	گروه ACLD	گروه ACLR	گروه کنترل	P
دوقلو داخلی				
فاز مقدماتی	۳۱/۱۸±۷۶/۰۳	۳۸/۹±۳۸/۲۵	۳۱/۱۴±۲۰/۰۱	۰/۲۷
فاز واکنشی	۲۸/۱۱±۵۹/۸۲	۲۵/۹±۴۸/۴۹	۲۹/۳±۹۰/۸۳	۰/۳۷
دوقلوی خارجی				
فاز مقدماتی	۲۸/۱۴±۸۳/۶۲	۲۴/۱۰±۰۰/۳۴	۲۸/۱۵±۹۲/۸۱	۰/۴۸
فاز واکنشی	۲۳/۱۳±۹۵/۲۵	۲۶/۸±۴۹/۶۰	۳۷/۷±۰۶/۹۶	۰/۰۰۱* a(۲۹/۱، ۲۸/۱)

***تفاوت معنادار بین گروه‌های آسیب‌دیده (ACLD و ACLR) و کنترل (P< ۰/۰۰۱)**

[a] شاخص اندازهٔ اثر

همان‌طور که در جدول شمارهٔ ۳ مشاهده می‌شود، در فاز مقدماتی فعالیت عضلات دوقلوی داخلی و خارجی تفاوت معناداری (P >۰/۰۵) بین گروه‌ها وجود نداشت. در طول فاز واکنشی، آزمودنی‌های گروه‌های آسیب‌دیده (ACLD و ACLR)، در مقایسه با گروه کنترل، به‌طور معناداری (P< ۰/۰۰۱) فعالیت کمتری در عضلهٔ دوقلوی خارجی داشتند. شاخص‌های اندازهٔ اثر برای تفاوت بین گروه‌های آسیب‌دیده و کنترل (۱/۲۹ و ۱/۲۸) نیز طبق مقیاس کوهن، اثر بزرگی بود.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از پژوهش حاضر مقایسهٔ فعالیت عضلات دوقلوی داخلی و خارجی بین ورزشکاران دارای سابقهٔ‌پارگی ACL (با و بدون عمل بازسازی) و آزمودنی‌های سالم بود. در فاز مقدماتی بین فعالیت عضلات دوقلوی داخلی و خارجی تفاوت معناداری بین گروه‌های آسیب‌دیده و کنترل وجود نداشت، اما در فاز واکنشی فعالیت آزمودنی‌های گروه ACLR و ACLD به‌طور معناداری کمتر از گروه کنترل بود.

در مورد عضلهٔ دوقلوی داخلی، چه در فاز مقدماتی و چه در فاز واکنشی، تفاوت معناداری بین گروه‌های آسیب‌دیده و کنترل وجود نداشت. اگرچه پژوهش‌های اندکی به بررسی تخصصی فعالیت عضلهٔ دوقلو در افراد دارای سابقهٔ آسیب ACL پرداخته‌اند، پژوهش کلین و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد حین انجام آزمون لی به جلو[1] مدت‌زمان فعالیت در مرحلهٔ قبل از برخورد پا با زمین و همچنین

1. Forward Hop Test

زمان کل فعالیت عضلهٔ دوقلوی داخلی در مرحلهٔ بعد از برخورد در افراد ACLD، در مقایسه با گروه کنترل افزایش یافته است. در پژوهش آن‌ها در میزان فعالیت عضلهٔ دوقلوی داخلی بین گروه ACLD و کنترل تفاوت معناداری وجود نداشت. در واقع نتیجهٔ پژوهش آن‌ها نشان داد در افراد ACLD سازگاری در زمان‌بندی فعالیت عضله برای ایجاد ثبات در فعالیت‌های دینامیک مهم‌تر از میزان یا بزرگی فعالیت عضله است (۲۸). نتایج پژوهش حاضر نیز تفاوتی در میزان فعالیت عضلهٔ دوقلوی داخلی (هم در فاز مقدماتی و هم در فاز واکنشی) بین گروه‌های آسیب‌دیده و سالم نشان نداد و از این نظر با پژوهش کلین و همکاران هم‌خوانی دارد. در پژوهش رادولف و همکاران (۲۰۰۱) زمان آغاز فعالیت عضلهٔ دوقلوی داخلی تا رسیدن به نقطهٔ اوج فعالیت حین راه رفتن در افراد ACLD به‌طور معناداری طولانی‌تر از گروه کنترل بود، ولی در میزان فعالیت عضلهٔ دوقلوی داخلی بین گروه آسیب‌دیده و سالم تفاوت معناداری وجود نداشت (۱۴). از طرف دیگر، نتایج پژوهش وایرو و همکاران (۲۰۰۸) نشان داد فعالیت عضله دوقلو داخلی افراد ACLR در طول انجام فعالیت افت-فرود، هم در مرحلهٔ مقدماتی و هم در مرحلهٔ واکنشی، به‌طور معناداری کمتر از گروه کنترل است. نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش وایرو و همکاران همخوانی ندارد. این ناهمخوانی می‌تواند به-دلیل جنسیت آزمودنی‌ها باشد. در پژوهش وایرو و همکاران آزمودنی‌های زن و مرد حضور داشتند، در حالی که در پژوهش حاضر فقط آزمودنی‌های مرد حضور داشتند. نتایج پژوهش شولتز و همکاران (۲۰۰۴) افزایش فعالیت مقدماتی و واکنشی را در عضلات دوقلوی داخلی و خارجی در آزمودنی‌های سالم با شلی لیگامانی بیش از ۷ میلی‌متر نشان داد. تفاوت در آزمودنی‌ها (سالم در برابر آسیب‌دیده) و نوع تکلیف انجام‌شده (اغتشاش بیرونی در برابر افت-فرود) می‌تواند از دلایل احتمالی ناهمخوانی نتایج پژوهش حاضر با پژوهش شولتز و همکاران باشد.

یکی دیگر از یافته‌های پژوهش حاضر تفاوت معنادار در فعالیت واکنشی عضلهٔ دوقلوی خارجی بین گروه‌های آسیب‌دیده (ACLR و ACLD) و کنترل بود. در واقع فعالیت عضلهٔ دوقلوی خارجی در گروه کنترل به‌طور معناداری بیشتر از گروه‌های آسیب‌دیده بود. نتیجهٔ این بخش از پژوهش با نتایج پژوهش شیاوی و همکاران (۱۹۹۱) و دمونت و همکاران (۱۹۹۹) همخوان است، ولی با نتایج پژوهش لاس و همکاران (۱۹۹۱) و لیندسترم و همکاران (۲۰۱۰) همخوانی ندارد. نتیجهٔ پژوهش شیاوی و همکاران نشان داد در فعالیت‌های چرخیدن[1]، فعالیت عضلهٔ دوقلوی خارجی در گروه ACLD به‌طور معناداری کمتر از گروه سالم است (۳۳). عضله‌ی دوقلو آنتاگونیست ACL است و فعالیت آن می‌تواند باعث افزایش استرین به ACL شود (۲۳). بنابراین به نظر می‌رسد کمتر بودن فعالیت عضلهٔ دوقلوی خارجی در افراد آسیب‌دیده (ACLR و ACLD) در مقایسه با افراد سالم،

1. Pivoting

نوعی سازوکار جبرانی است تا از طریق آن استرین وارد بر ACL کاهش یابد (۲۲). در پژوهش دمونت و همکاران (۱۹۹۹)، افراد ACLD در حرکات راه رفتن در سرازیری و فرود و افراد ACLR در حرکت لی به‌طور معناداری فعالیت کمتری در عضلهٔ دوقلوی خارجی داشتند. این محققان اعتقاد دارند این استراتژی حرکتی می‌تواند با فعالیت‌های مختلف تغییر کند. در واقع تفاوت‌ها در فعالیت عضلهٔ دوقلوی خارجی به نوع فعالیت (راه رفتن سرازیری، فرود و لی که در عضلهٔ دوقلوی داخلی تشخیص داده نشد) بستگی دارد. همان‌طور که الگوهای حرکتی تغییر می‌کند، نیروهای عضلانی نیز تغییر می‌کنند (۲۱)؛ بنابراین به نظر می‌رسد تغییرات عضلهٔ دوقلوی خارجی نسبت به دوقلوی داخلی در پژوهش حاضر نیز به‌دلیل نوع فعالیت انجام‌شده (افت فرود) باشد و اگر فعالیت‌های دیگری مانند راه رفتن، دویدن یا لی لی را بررسی کنیم، شاهد تغییرات دیگری باشیم. در حمایت از این موضوع، نتایج پژوهش‌های لاس و لیندسرم نشان داد در فعالیتی مانند راه رفتن، فعال شدن عضلهٔ دوقلوی خارجی نیروی برشی خلفی را در مفصل زانو به‌وجود می‌آورد؛ بنابراین عضلهٔ دوقلو با مقاومت در برابر گشتاور ابداکشن می‌تواند در ایجاد ثبات عملکردی مفصل زانو در افراد دارای سابقهٔ آسیب ACL نقشی مهم ایفا کند (۱۱،۳۴،۳۵). علت ناهمخوانی نتیجهٔ پژوهش حاضر با نتایج پژوهش‌های لاس و لیندرسرم می‌تواند تفاوت در نوع فعالیت انجام‌شده (راه رفتن در برابر افت-فرود) باشد.

پژوهش حاضر محدودیت‌هایی نیز دارد. با توجه به اینکه آزمودنی‌های پژوهش از رشته‌های ورزشی مختلف بودند، استعداد و مهارت آزمودنی‌ها در اجرای حرکت افت-فرود می‌تواند نتایج را تحت تأثیر قرار دهد. در پژوهش حاضر متغیرهای کینتیکی و کینماتیکی که می‌توانند فعالیت عضلهٔ دوقلو را تحت تأثیر قرار دهند، بررسی نشده‌اند. علیرغم تلاش آزمونگر برای انجام درست آزمون حداکثر انقباض ارادی عضلهٔ دوقلو، ممکن است آزمودنی‌های پژوهش حداکثر نیروی خود را در برابر انقباض مقاومتی عضلهٔ دوقلو به‌کار نبرده باشند. نحوهٔ قرارگیری پا حین تماس با زمین می‌تواند نتایج را تحت تأثیر قرار داده باشد؛ زیرا مایکل و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند وضعیت قرارگیری پا روی زمین (به داخل یا خارج[1]) می‌تواند بر میزان افزایش یا کاهش فعالیت عضلات دوقلوی داخلی و خارجی اثرگذار باشد (۳۶). تمام آزمودنی‌های پژوهش حاضر مرد بودند؛ بنابراین نمی‌توان نتایج پژوهش حاضر را به زنان تعمیم داد.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد فعالیت در عضلهٔ دوقلوی خارجی در افراد دارای سابقهٔ آسیب ACL در مقایسه با گروه کنترل کمتر است. با توجه به اینکه عضلهٔ دوقلو آنتاگونیست ACL است و فعالیت آن می‌تواند باعث افزایش استرین به ACL شود، به نظر می‌رسد کمتر بودن فعالیت عضلهٔ

1. In-Toe and Out-Toe

دوقلوی خارجی در افراد آسیب‌دیده (ACLR و ACLD) در مقایسه با افراد سالم، سازوکاری جبرانی است تا از طریق آن استرین وارد بر ACL کاهش یابد. در پژوهش‌های آینده باید پتانسیل عضلهٔ دوقلو برای ایجاد ثبات در زانو و کمک به پیشگیری از آسیب‌های ACL بررسی شود. پژوهش‌های آینده باید مشخص کنند که آیا استراتژی‌های فعال‌سازی عضلهٔ دوقلو شاخصی مهم در بازگشت موفقیت‌آمیز افراد دارای سابقهٔ آسیب ACL به سطح قبلی فعالیت است یا خیر.

آنچه تاکنون دربارهٔ موضوع پژوهش می‌دانستیم: عضلهٔ دوقلوی داخلی در فعالیت‌هایی مانند راه رفتن و لی در افراد ACLD با سازگاری‌هایی چون کاهش فعالیت و افزایش مدت‌زمان فعالیت همراه می‌شود.

مقالهٔ حاضر چه اطلاعات جدیدی به حیطه و موضوع مورد مطالعه اضافه کرده است: فعالیت واکنشی عضلهٔ دوقلوی خارجی حین حرکت افت فرود تک‌پا در ورزشکاران دارای سابقهٔ پارگی ACL که از روش جراحی و غیرجراحی برای درمان استفاده کرده‌اند به‌طور معناداری کمتر از گروه کنترل بود. این کاهش فعالیت می‌تواند نوعی استراتژی جبرانی به‌منظور کاهش استرین وارد بر ACL باشد.

تشکر و قدردانی

مقالهٔ حاضر در راستای ارائه‌ی رسالهٔ دکتری در گرایش آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی است که داده‌های آن در آزمایشگاه پژوهشگاه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی جمع‌آوری‌شده است. نویسندگان مقاله مراتب قدردانی خود را از مسئولان محترم پژوهشگاه اعلام می‌دارند.

منابع

1. Markolf KL, O'Neill G, Jackson SR, McAllister DR. Effects of applied quadriceps and hamstrings muscle loads on forces in the anterior and posterior cruciate ligaments. The American journal of sports medicine. 2004;32(5):1144-9.
2. Fleming BC, Oksendahl H, Beynnon BD. Open-or closed-kinetic chain exercises after anterior cruciate ligament reconstruction? Exercise and sport sciences reviews. 2005;33(3):134-40.
3. Keays SL, Bullock-Saxton J, Newcombe P, Keays A. The relationship between knee strength and functional stability before and after anterior cruciate ligament reconstruction. Journal of Orthopaedic Research. 2003;21(2):231-7.
4. Tsepis E, Vagenas G, Ristanis S, Georgoulis AD. Thigh muscle weakness in ACL-deficient knees persists without structured rehabilitation. Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007). 2006;450:211-8.
5. He X, Leong HT, Lau OY, Ong MT-Y, Yung PS-H. Altered neuromuscular activity of the lower-extremities during landing tasks in patients with anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review of electromyographic studies. Journal of sport rehabilitation. 2020;29(8):1194-203.

6. Ward SH, Perraton L, Bennell K, Pietrosimone B, Bryant AL. Deficits in quadriceps force control after anterior cruciate ligament injury: potential central mechanisms. Journal of athletic training. 2019;54(5):505-12.
7. Swanik CB, Lephart SM, Giraldo JL, DeMont RG, Fu FH. Reactive muscle firing of anterior cruciate ligament-injured females during functional activities. Journal of athletic training. 1999;34(2):121.
8. Rush JL, Norte GE, Lepley AS. Limb differences in hamstring muscle function and morphology after anterior cruciate ligament reconstruction. Physical Therapy in Sport. 2020;45:168-75.
9. Kaneko F, Onari K, Kawaguchi K, Tsukisaka K, Roy SH. Electromechanical delay after ACL reconstruction: an innovative method for investigating central and peripheral contributions. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. 2002;32(4):158-65.
10. Swanik CB, Lephart SM, Swanik KA, Stone DA, Fu FH. Neuromuscular dynamic restraint in women with anterior cruciate ligament injuries. Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007). 2004;425:189-99.
11. Lass P, Kaalund S, Iefevre S, Arendt-Nielsen L, Sinkjæ T, Simonsen O. Muscle coordination following rupture of the anterior cruciate ligament: electromyographic studies of 14 patients. Acta orthopaedica scandinavica. 1991;62(1):9-14.
12. Butler D, Noyes F, Grood E. Ligamentous restraints to anterior-posterior drawer in the human knee. J Bone Joint Surg Am. 1980;62(2):259-70.
13. Chmielewski TL, Hurd WJ, Rudolph KS, Axe MJ, Snyder-Mackler L. Perturbation training improves knee kinematics and reduces muscle co-contraction after complete unilateral anterior cruciate ligament rupture. Physical therapy. 2005;85(8):740-9.
14. Rudolph K, Axe M, Snyder-Mackler L. Dynamic stability after ACL injury: who can hop? Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2000;8(5):262-9.
15. Yanagawa T, Shelburne K, Serpas F, Pandy M. Effect of hamstrings muscle action on stability of the ACL-deficient knee in isokinetic extension exercise. Clinical biomechanics. 2002;17(9-10):705-12.
16. Palmieri-Smith RM, Strickland M, Lepley LK. Hamstring muscle activity after primary anterior cruciate ligament reconstruction—a protective mechanism in those who do not sustain a secondary injury? A preliminary study. Sports health. 2019;11(4):316-23.
17. Rudolph KS, Axe MJ, Buchanan TS, Scholz JP, Snyder-Mackler L. Dynamic stability in the anterior cruciate ligament deficient knee. Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy. 2001;9(2):62-71.
18. Shiavi R, Zhang LQ, Limbird T, Edmondstone MA. Pattern analysis of electromyographic linear envelopes exhibited by subjects with uninjured and injured knees during free and fast speed walking. Journal of orthopaedic research. 1992;10(2):226-36.
19. Hurd WJ, Snyder-Mackler L. Knee instability after acute ACL rupture affects movement patterns during the mid-stance phase of gait. Journal of Orthopaedic Research. 2007;25(10):1.۳۶۹-۷۷

20. Pamukoff DN, Pietrosimone BG, Ryan ED, Lee DR, Blackburn JT. Quadriceps function and hamstrings co-activation after anterior cruciate ligament reconstruction. Journal of athletic training. 2017;52(5):422-8.
21. DeMont RG, Lephart SM, Giraldo JL, Swanik CB, Fu FH. Muscle preactivity of anterior cruciate ligament-deficient and-reconstructed females during functional activities. Journal of athletic training. 1999;34(2):115.
22. Limbird TJ, Shiavi R, Frazer M, Borra H. EMG profiles of knee joint musculature during walking: changes induced by anterior cruciate ligament deficiency. Journal of orthopaedic research. 1988;6(5):630-8.
23. Fleming BC, Renstrom PA, Ohlen G, Johnson RJ, Peura GD, Beynnon BD, et al. The gastrocnemius muscle is an antagonist of the anterior cruciate ligament. Journal of orthopaedic research. 2001;19(6):1178-84.
24. Papadonikolakis A, Cooper L, Stergiou N, Georgoulis AD, Soucacos PN. Compensatory mechanisms in anterior cruciate ligament deficiency. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2003;11(4):235-43.
25. Chmielewski TL, Rudolph KS, Snyder-Mackler L. Development of dynamic knee stability after acute ACL injury. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2002;12(4):267-74.
26. Kvist J, Gillquist J. Anterior positioning of tibia during motion after anterior cruciate ligament injury. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2001;33(7):1063-72.
27. Reed-Jones RJ, Vallis LA. Kinematics and muscular responses to a ramp descent in the ACL deficient knee. The Knee. 200.۱۱۷-۲۴:(۲)۱۵;۸
28. Klyne DM, Keays SL, Bullock-Saxton JE, Newcombe PA. The effect of anterior cruciate ligament rupture on the timing and amplitude of gastrocnemius muscle activation: a study of alterations in EMG measures and their relationship to knee joint stability. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2012;22(3):446-55.
29. Shultz SJ, Carcia CR, Perrin DH. Knee joint laxity affects muscle activation patterns in the healthy knee. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2004;14(4):475-83.
30. Hefti E, Müller W, Jakob R, Stäubli H-U. Evaluation of knee ligament injuries with the IKDC form. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 1993;1(3-4):226-34.
31. Vairo GL, Myers JB, Sell TC, Fu FH, Harner CD, Lephart SM. Neuromuscular and biomechanical landing performance subsequent to ipsilateral semitendinosus and gracilis autograft anterior cruciate ligament reconstruction. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2008;16(1):2-14.
32. Webster K, Santamaria L, MCCLELLAND J, Feller J .Effect of fatigue on landing biomechanics after anterior cruciate ligament reconstruction surgery. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2012;44(5):910-6.
33. Shiavi R, Limbird T, Borra H, Edmondstone MA. Electromyography profiles of knee joint musculature during pivoting: changes induced by anterior cruciate ligament deficiency. Journal of Electromyography and Kinesiology. 1991;1(1):49-57.

34. Lindström M, Felländer-Tsai L, Wredmark T, Henriksson M. Adaptations of gait and muscle activation in chronic ACL deficiency. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2010;18(1):106-14.
35. Flaxman TE, Alkjær T, Smale KB, Simonsen EB, Krogsgaard MR, Benoit DL. Differences in EMG–moment relationships between ACL-injured and uninjured adults during a weight-bearing multidirectional force control task. Journal of Orthopaedic Research®. 2019;37(1):113-23.
36. Cibulka M, Wenthe A, Boyle Z, Callier D, Schwerdt A, Jarman D, et al. Variation in medial and lateral gastrocnemius muscle activity with foot position .International journal of sports physical therapy. 2017;12(2):233.

ارجاع‌دهی

دشتی‌رستمی کمیل، علیزاده محمدحسین، مینونژاد هومن، یزدی حمیدرضا. مقایسهٔ فعالیت الکترومایوگرافی عضلات دوقلوی داخلی و خارجی در ورزشکاران با و بدون سابقهٔ پارگی رباط صلیبی قدامی. مطالعات طب ورزشی. پاییز و زمستان ۱۳۹۹؛ ۱۲(۲۸)، ۵۴-۳۷. شناسهٔ دیجیتال: 10.22089/smj.2021.9456.1441

Dashti Rostami K, Alizadeh M. H, Minoonejad H. Yazdi H. R. The Effect of Three Different Ankle Braces on Local Dynamical Stability of Individuals with Chronic Ankle Instability During Running. Sport Medicine Studies. Fall & Winter 2021; 12 (28): 37-54. (Persian). Doi: 10.22089/smj.2021.9456.1441

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی