مقاله پژوهشی

بررسی اثر اغتشاش درمانی بر نیروی عکس العمل زمین و عملکرد در ورزشکاران با بازسازی لیگامان صلیبی قدامی

کسری کاظمی[۱]، دکترعلی امیری[۲]، دکترنسترن قطبی[۳]، دکترعلی اشرف جمشیدی[۲]، دکترمحمد رازی[۴]

۱- کارشناس ارشد فیزیوتراپی ورزشی دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی تهران

۲- استادیار گروه فیزیوتراپی دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی ایران

۳- دانشیار گروه فیزیوتراپی دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی تهران

۴- استاد گروه ارتوپدی دانشگاه علوم پزشکی ایران

چکیده

زمینه و هدف: آسیب لیگامان صلیبی قدامی در رقابت ها و تمرینات ورزشی شایع است. عملکرد سیستم عصبی عضلانی بدنبال پارگی این لیگامان برهم می خورد. تمرینات اغتشاشی می تواند برای بهبود عملکرد بیماران با جراحی بازسازی لیگامان صلیبی قدامی مفید باشد. هدف از انجام این مطالعه بررسی اثر تمرینات اغتشاشی بر نیروی عکس العمل زمین و وضعیت عملکردی این بیماران بود.

روش بررسی: ۲۰ بیمار با بازسازی لیگامان صلیبی قدامی بطور تصادفی به دو گروه مداخله (میانگین سنی ۳/۴ ± ۲۴/۲ سال) و کنترل (میانگین سنی۲/۵ ± ۲۷/۱ سال) تقسیم شدند . گروه مداخله ده جلسه تمرینات اغتشاشی (Perturbation training) را روی تخته تعادل یک جهته، تخته تعادل چند جهته و Bosu انجام دادند . حداکثر نیروی عمودی عکس العمل زمین و زمان رسیدن به این حداکثر حین فرود آمدن روی یک پا از روی پله به ارتفاع ۳۰ سانتیمتر بر روی صفحه نیروی KISTLER ثبت شد . همچنین پرش لی ضربدری (Cross hop) به عنوان یک آزمون عملکردی مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته ها: قبل از اغتشاش درمانی ؛ مقدار نیروی عکس العمل زمین و زمان رسیدن به حداکثر نیروی عمودی عکس العمل زمین در زانوی جراحی شده دو گروه مداخله و کنترل اختلاف معنی داری نداشت (P> ۰/۰۵). همچنین نمرات عملکردی زانوی جراحی شده بین دو گروه مداخله و کنترل از لحاظ آماری اختلاف معنی داری نداشت (P=۰/۶۲). بعد از اغتشاش درمانی ؛ مقدار نیروی عکس العمل زمین در پای جراحی شده گروه مداخله بیشتر از گروه کنترل شد (P=۰/۰۰۳). هر چند میانگین زمان رسیدن به حداکثر نیروی عمودی عکس العمل زمین در پای جراحی شده گروه مداخله نسبت به پای جراحی شده گروه کنترل افزایش یافت ولی این اختلاف از لحاظ آماری معنا دار نشد(P=۰/۵۰) . همچنین نمرات آزمون عملکردی در گروه مداخله به طور معنی داری بیشتر از گروه کنترل شد (P=۰/۰۳)

نتیجه گیری : نتایج به دست آمده نشان داد تمرینات اغتشاشی می تواند در بیماران با بازسازی لیگامان صلیبی قدامی، عملکرد حرکتی بهتری ایجاد کند. این بهبودی با یافته های کمی دستگاه صفحه نیرو که نشان داد بیماران مقدار نیروی بیشتری را در زمان طولانی تری هنگام فرود آمدن روی یک پا تحمل می کنند، همراه بود.

کلید واژه ها: اغتشاش درمانی، نیروی عکس العمل زمین، بازسازی لیگامان صلیبی قدامی، عملکرد

(ارسال مقاله ۱۳۹۲/۴/۲، پذیرش مقاله ۱۳۹۳/۷/۱۶)

نویسنده مسئول: تهران، خ انقلاب ، پیچ شمیران ، دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی تهران

Email: nghotbi@tums.ac.ir

مقدمه

در مفصل زانو ثبات و تحرک با هم طراحی شده‌اند (۱). جهت اعمال نیروها باید به گونه‌ای باشد که ثبات زانو هنگام فعالیت‌های دینامیکی حفظ شود (۲،۱). آسیب لیگامان صلیبی قدامی (Anterior cruciate ligament: ACL) زانو حین فعالیتهای ورزشی شیوع بالایی دارد (۳). آسیب این لیگامان منجر به ناتوانی عملکردی و مکانیکی می‌شود به گونه‌ای که بازگشت کامل عملکرد ورزشکاران را با مشکل مواجه می کند. بعلت وجود گیرنده‌های مکانیکی، آسیب لیگامان صلیبی قدامی میتواند باعث اختلال حس عمقی، اختلال ثبات مفصلی و عدم توانایی انجام فعالیتهای مفید روزمره گردد (۴). در واقع پارگی ACL؛ سبب بروز تغییرات حسی پیکری، کاهش قدرت عضلانی، نقص در تعادل و عملکرد و تغییرات بیومکانیکی در هر دو سمت درگیر و سالم می‌شود که لزوما شدت این تغییرات در دو سمت یکسان نیست (۵).

یکی از راههای درمانی پارگی ACL، انجام عمل جراحی بازسازی ACL (ACL reconstruction: ACLR) است (۶). مطالعات تحقیقاتی نشان داده که ACLR با اتوگرافت، نقائص قدرت و استقامت عضله ناشی از برداشت پیوند را افزایش میدهد (۸،۷). نقص حس عمقی لیگامان صلیبی قدامی پس از جراحی همچنان باقی می‌ماند و این امر میزان اهمیت تمرینات عصبی عضلانی (نوروماسکولار) را در توانبخشی بعد از جراحی آشکار می‌سازد. در مقالات روشهای مختلفی برای تمرینات

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-25]

نوروماسکولار عنوان شده است که شامل انجام تمرینات روی تخته تعادل چند جهته (Wobble board)، تمرینات عملکردی (Functional)، اغتشاش درمانی (Perturbation therapy) و چابکی(Agility) می‌باشد. تمام این روش‌های تمرینی می‌توانند سبب بهبود ثبات و افزایش کنترل دینامیک و استاتیک مفصل زانو بعلت بهبود کنترل نوروماسکولار شوند (۹). یکی از اهداف اصلی توانبخشی بعد از بازسازی ACL؛ بهبود تعادل دینامیک، بهبود عملکرد و افزایش کنترل نوروماسکولار میباشد. هدف از تمرینات نوروماسکولار در بیماران بازسازیACL افزایش فعالیت عضلانی، افزایش ثبات دینامیک مفصل، آموزش مجدد الگوی حرکتی و مهارتی در فعالیت‌های ورزشی و روزمره زندگی می-باشد که با افزایش قدرت عضلانی، هماهنگی (coordination) و حس عمقی به دست می آید(۱۱،۱۰).

فرود آمدن که یک فعالیت رایج ورزشی است و اکثر پارگی‌های غیر تماسی بعلت آن ایجاد می‌شود، بعد از جراحی ACL با الگوی غیر طبیعی انجام می شود. بنابراین بررسی ثبات زانو هنگام فرودآمدن کمک زیادی به فهم نقائص ثبات دینامیک حتی بعد از بازسازی ACL و توانبخشی موفق آن می‌کند (۱۲). طبق قانون سوم نیوتن (قانون عمل و عکس العمل) نیروی عکس العمل زمین در هنگام تماس پا با زمین از طرف زمین بر اندام تحتانی وارد می شود و مقدار آن برابر با نیرویی است که از طرف اندام تحتانی بر زمین وارد میشود (۱۳).

مطالعاتی در خصوص اندازه گیری مولفه عمودی مقدار نیروی عکس العمل زمین (Vertical Ground Reaction Force: VGRF) حین فرود آمدن در بیماران جراحی بازسازی لیگامان صلیبی قدامی (ACLR) (۱۴) و همچنین در مورد اثر تمرینات اغتشاشی در بیماران با آسیب ACL انجام شده است که نشاندهنده اثرات مفید این تمرینات در این بیماران بوده است (۹). در زانوی بدون دامنه حرکتی کامل (Stiff) هنگام فرود آمدن نیروی عکس‌العمل زمین جهت رسیدن به ثبات بیشتر افزایش می یابد که ممکن است موجب آسیب دیدگی گردد. در صورتیکه زمان رسیدن به ثبات افزایش یابد مقدار شتاب منفی نیز کم شده در نتیجه نیروی عمودی عکس العمل زمین در زمان طولانی‌تری به مقدار حداکثر خود رسیده و خطر آسیب دیدگی کاهش می‌یابد (۱۵).

گزارش شده که در ورزشکاران با جراحی بازسازی پیوند سمی تندینوسوس_گراسیلیس (Ipsilateral semitendinosus gracilis autograft: ISGA) ، حین فرود آمدن مقدار حداکثر VGRF در پای جراحی شده نسبت به پای سالم کمتر است. در واقع تطابق بیومکانیکی و عصبی عضلانی برای ایجاد ثبات زانو جهت جلوگیری از آسیب ACL و ایمنی بیشتر آن صورت می‌گیرد (۱۴). از سویی برخی مطالعات نشان داده‌اند که بدنبال تمرینات پلایومتریک حداکثر VGRF در حین فرود آمدن کاهش می‌یابد و این امر را عامل پیشگیری از آسیب‌ها معرفی کرده‌اند (۱۶). داشتن دامنه حرکتی کامل، قدرت عضلانی طبیعی، هماهنگی و چابکی، حس عمقی حداکثر و ثبات زانو، موجب بازگشت ورزشکار به سطح اولیه قبل از آسیب ACL میشود که با انجام برنامه‌های توانبخشی مناسب امکانپذیر است (۱۸-۱۷). روشهای درمانی مختلفی بمنظور بهبود عملکرد عصبی عضلانی بیماران با جراحی بازسازی ACL به کار می‌رود (۱۹). از این میان یکی از روشهایی که در دهه اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است، تمرینات اغتشاشی(Perturbation training) است (۲۰). مطالعه حاضر با هدف تعیین تاثیر تمرینات اغتشاشی بر حداکثر نیروی عمودی عکس العمل زمین و زمان رسیدن به این حداکثر و عملکرد ورزشکاران با بازسازی ACL حین فرود آمدن صورت گرفت.

روش بررسی

این تحقیق یک مطالعه مداخله‌ای بود که در آن ۲۰ ورزشکار (۵ نفر زن و ۱۵ نفر مرد) با ACLR در دو گروه مداخله و کنترل (هر کدام ۱۰ نفر) قرار گرفتند . محدوده سنی این افراد ۱۸ تا ۳۵ سال بود (میانگین سنی گروه مداخله ۳/۴ ± ۲۴/۲ سال و میانگین سنی گروه کنترل ۲/۵ ± ۲۷/۱ سال) که پس از معاینات بالینی آزمونگر و با داشتن شرایط ورود به تحقیق انتخاب شدند. شرایط ورود به مطالعه عبارت بودند از : جراحی بازسازی یکطرفه لیگامان صلیبی قدامی از نوع اتو گرافت سمی تندینوسوس- گراسیلیس بدون آسیب وترمیم منیسک و لیگامان های طرفی زانو، گذشتن حداقل ۶ ماه از زمان جراحی بازسازی لیگامان صلیبی قدامی ؛ داشتن دامنه حرکتی کامل در اندام جراحی شده (با استفاده از گونیامتر)؛ گذراندن دوره توانبخشی شامل تمرینات قدرتی، حس عمقی، چابکی و بازگشت به ورزش؛ توانایی حفظ تعادل روی یک اندام با انجام تست رومبرگ (ورزشکار به مدت ۳۰ ثانیه با چشمان بسته و دستان کشیده رو به جلو تعادل خود را حفظ کند)؛ توانایی پریدن روی اندام درگیر؛ نداشتن درد، تورم و خالی کردن زانوی درگیر (Giving way) ؛ نداشتن سابقه بیماری‌های متابولیکی، روماتیسمی، نورولوژیکی و مشکلات قلبی عروقی؛ نداشتن سابقه آسیب یا جراحی دو طرفه در زانو و یا منیسکتومی و نیز اختلالات آناتومیکی بارز نظیر

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-25]

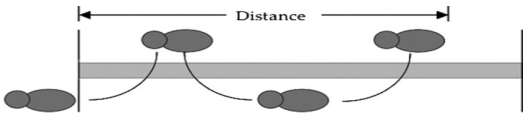
ژنوواروم و ژنووالگوم که با چشم قابل تشخیص باشد و نداشتن سابقه هرگونه جراحی در مفصل ران و یا مچ پا. بیماران در صورت ناتوانی در تکمیل ارزیابی ها، عدم همکاری یا انصراف در طول جلسات درمانی و وجود درد و تورم پایدار بدنبال تمرینات از مطالعه خارج می شدند.

در ابتدا از ۲۰ ورزشکار حرفه‌ای (ورزشکاری که در هفته حداقل ۶ جلسه ۲ ساعته به تمرین ورزش اختصاصی خود می‌پرداخت) که همگی تحت عمل جراحی ISGA ACLR قرار گرفته بودند، رضایت نامه کتبی دریافت شد. همچنین این مطالعه با موافقت کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی تهران صورت گرفت. اطلاعات زمینه‌ای بیماران از قبیل سن، وزن، قد، تاریخ جراحی و نحوه آسیب، اندام جراحی شده و سابقه ورزشی با استفاده از پرسشنامه گرد آوری گردید (جدول ۱).

جدول ۱ – مقادیر شاخص توده بدنی و مدت زمان پس از جراحی در دو گروه

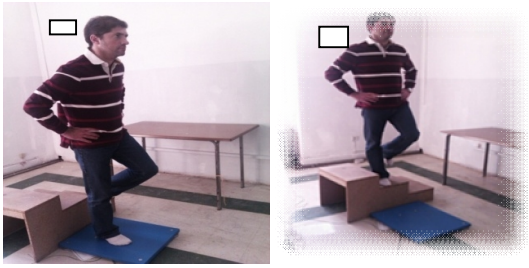
نام متغیر	میانگین	انحراف معیار	کمترین مقدار	بیشترین مقدار
شاخص توده بدنی گروه مداخله	۲۳/۹	۴/۵	۲۰/۷	۲۸/۶
شاخص توده بدنی گروه کنترل	۲۲/۸	۱/۲	۱۹/۴	۲۷/۱
مدت زمان پس از جراحی گروه مداخله (ماه)	۹/۵	۲/۱۷	۶	۱۳
مدت زمان پس از جراحی گروه کنترل (ماه)	۱۰/۶	۲/۵	۶	۱۴

برای ارزیابی عملکرد بصورت عینی از آزمون پرش لی ضربدری تک پا (Single Leg Cross Hop Test) استفاده شد (شکل ۱) . به منظور آشنا ساختن بیمار، وی با پای غیر جراحی حد اکثر سه بار پرش کرد و پس از کمی استراحت ابتدا سه بار با پای جراحی شده سپس سه بار با پای غیرجراحی آزمون را انجام داده و پس از هر پرش یک دقیقه استراحت کرد. بیمار آزمون عملکردی Cross hop تک پا را روی نواری به عرض ۱۵ سانتیمتر و طول شش متر انجام داد. پس از انجام سه پرش متوالی، حد اکثر مقدار پرش با متر نواری اندازه گیری شد و به عنوان نمره آزمون ثبت گردید. نمره آزمون فوق قبل و بعد از مداخله و در گروه کنترل ارزیابی گردید.



شکل ۱- آزمون پرش لی متقاطع

پس از انجام آزمون عملکردی، آزمون فرود آمدن عمودی روی یک پا (Single-leg vertical drop landing (VDL: بر روی صفحه نیروی KISTLER (Force Plate) مدل 9290BD و با فرکانس ۱۰۰ هرتز انجام شد. به این منظور بیمار بصورت تک پا از پله‌ای به ارتفاع ۳۰ سانتیمتر بر روی صفحه نیرو فرود می‌آمد (شکل ۳). هنگام فرود آمدن، دستها در دو طرف کمر روی کرست ایلیاک قرار گرفته و پای طرف مقابل در وضعیت ۹۰ درجه فلکشن زانو قرار می‌گرفت (۱۴). قبل از شروع تست جهت آشنایی بیمار با نحوه انجام آزمون و مشخص شدن مشکلات احتمالی از بیماران خواسته شد که سه بار عمل فرود آمدن را با فرمان آزمونگر انجام بدهند. در نهایت جهت ثبت داده‌های GRF توسط نرم افزار دستگاه از هر اندام سه تکرار گرفته شد.



شکل ۳- فرود آمدن روی صفحه نیرو

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-25]

بعد از ارزیابی‌ها، آزمودنی ها بطور تصادفی به دو گروه مداخله و کنترل (هر کدام ۱۰ نفر) تقسیم شدند . گروه مداخله ده جلسه، در هر هفته سه تا چهار جلسه بر روی تخته تعادل بر اساس پروتکل فیتز جرالد اصلاح شده (Modified Fitzgelald) اغتشاش درمانی شده و برنامه معمول ورزشی خود را نیز پی می‌گرفتند. تمرینات اغتشاشی بر روی تخته تعادل یک جهته (Rocker board)، تخته تعادل چند جهته (Wobble board) و تخته تعادل گنبدی (Bosu) انجام شد (شکل ۴) . در ابتدای هر جلسه و قبل از انجام تمرینات اغتشاشی، بیمار ۵ دقیقه روی دوچرخه ثابت رکاب زده ویک سری تمرینات کششی برای عضلات همسترینگ، کوادری سپس و عضلات کاف را انجام می‌داد. بدینصورت که برای هرعضله ۵ کشش ۵ ثانیه‌ای داده شد. گروه کنترل بدون انجام هیچ گونه مداخله‌ای، فقط برنامه معمول ورزشی خود را انجام می‌دادند. پس از ده جلسه، ارزیابی مجددا به همان صورت پیش از تمرینات انجام شد. داده‌های آماری ، قبل و بعد از ده جلسه تحلیل و نتیجه گیری شد.

شکل ۴ – وسایل اغتشاش دهنده : از راست به چپ : Bosu ، تخته تعادل چند جهته و تخته تعادل یک جهته

روش تجزیه و تحلیل اطلاعات :

برای تحلیل اطلاعات مربوط به صفحه نیرو ، داده ها از قالب اصلی ذخیره شده توسط نرم افزار Bioware به قالب عمومی text با استاندارد ASCII (American Standard Code for Information Interchange) تبدیل و استخراج شد. سپس با کمک نرم افزار دیگری ؛ شاخص های GRF در جهت عمودی محاسبه شدند. برای تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزارSPSS نسخه ۱۷ استفاده شد.

یافته ها

قبل از هرگونه آزمون آماری به منظور ارزیابی نرمال بودن توزیع متغیرهای تحقیق از آزمون K-S (Kolmogorov-Smirnov) استفاده شد. با توجه به نرمال بودن توزیع داده‌ها، برای مقایسه متغیرها بین اندام‌های جراحی شده و غیر جراحی گروه مداخله و نیز مقایسه متغیرها بین ارزیابی اول و دوم از آزمون تی زوجی (Paired t-test) و برای مقایسه متغیرها بین دو گروه مداخله و کنترل از آزمون تی مستقل (Independent t-test) استفاده گردید.

آزمون عملکردی پرش لی ضربدری

الف) مقایسه درون گروهی :

در گروه مداخله ؛ اختلاف میانگین نمره آزمون عملکردی بین اندام جراحی شده و غیر جراحی در ارزیابی اول ۳۵ سانتیمتر بود که نشان دهنده بیشتر بودن نمره عملکرد در اندام غیر جراحی بود (P <۰/۰۰۰۱). در ارزیابی دوم، نمره عملکرد اندام جراحی شده بیشتر شد به گونه‌ای که اختلاف میانگین نمرات دو اندام به ۱۴/۸ سانتیمتر رسید و این اختلاف از لحاظ آماری معنی دار نبود (P=۰/۰۶) .

در مقایسه نمرات بین ارزیابی اول و دوم (جدول ۲) ، در گروه مداخله در هر دو اندام اختلاف میانگین ها از لحاظ آماری معنادار بود (P<۰/۰۰۰۱ و P=۰/۰۰۴ به ترتیب برای اندام جراحی شده و غیرجراحی) اما در اندام جراحی شده گروه کنترل اختلاف معناداری دیده نشد (P =۰/۷۴) .

جدول ۲– مقایسه نمرات آزمون پرش لی ضربدری اندام درگیر بین ارزیابی های اول و دوم

نام متغیر	اختلاف میانگین	سطح معنا داری
نمره آزمون در اندام جراحی شده گروه مداخله	۳۲/۹	P<۰/۰۰۱
نمره آزمون در اندام غیر جراحی گروه مداخله	۱۲/۷	P = ۰/۰۰۴
نمره آزمون در اندام جراحی شده گروه کنترل	۰/۶	P =۰/۷۴

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-25]

ب) مقایسه بین گروهی: قبل از مداخله (ارزیابی اول) نمرات عملکردی اندام جراحی شده بین دو گروه مداخله و کنترل از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشت (P=۰/۶۲) اما بعد از مداخله (ارزیابی دوم) نمرات آزمون در گروه مداخله به طور معنی داری بیشتر از گروه کنترل شد (P=۰/۰۳) .همچنین در هر دو ارزیابی اول و دوم نمرات عملکردی اندام غیرجراحی گروه مداخله بطور معنی داری بیشتر از اندام جراحی شده گروه کنترل بود (به ترتیب P = ۰/۰۴ و P =۰/۰۱۶).

حداکثر نیروی عمودی عکس العمل زمین (Peak VGRF: PVGRF) و زمان رسیدن به این حداکثر (Time to PVGRF: TPVGRF)

نتایج این متغیر پس از استخراج نسبت به وزن بدن هر ورزشکار نرمالایز شده و توسط آزمون های آماری بررسی گردیدند.

الف) مقایسه درون گروهی

۱- مقایسه ارزیابی اول با دوم :

در گروه مداخله؛ مقدار حداکثر نیروی عمودی عکس العمل زمین اندام جراحی شده، در ارزیابی دوم به طور معنی‌داری بیشتر از ارزیابی اول بود (P <۰/۰۰۰۱) اما در اندام جراحی نشده این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار نشد (P> ۰/۰۵) .

مقدار PVGRF اندام جراحی شده گروه کنترل در ارزیابی اول و دوم با یکدیگر اختلاف آماری معنا داری نداشتند (P> ۰/۰۵).

در *گروه مداخله* ؛ زمان رسیدن به PVGRF (TPGRF) هر دو اندام جراحی شده و غیرجراحی در ارزیابی دوم به طور معنی‌داری بیشتر از ارزیابی اول بود (به ترتیب P=۰/۰۰۳ و P = ۰/۰۳۷). اما این زمان در اندام جراحی گروه کنترل بین دو ارزیابی تغییر معنی دار نشان نداد (P> ۰/۰۵).

۲- مقایسه اندام جراحی شده و غیرجراحی گروه مداخله:

مقدار حداکثر نیروی عمودی عکس العمل زمین اندام جراحی شده در هر دو ارزیابی اول و دوم، به طور معنی‌داری کمتر از اندام غیرجراحی بود (به ترتیب P <۰/۰۰۰۱ و P =۰/۰۱۸) .

TPGRF اندام جراحی شده در هر دو ارزیابی اول و دوم ، به طور معنی داری بیشتر از اندام غیرجراحی بود (به ترتیب P = ۰/۰۹ و P = ۰/۰۴).

ب) مقایسه بین گروهی اندام‌های جراحی شده و غیرجراحی گروه مداخله با اندام جراحی شده گروه کنترل

PVGRF : در ارزیابی اول ؛ مقدار نیروی پای جراحی شده بین دو گروه مداخله و کنترل اختلاف معنی‌داری نداشت (P> ۰/۰۵) اما مقدار نیروی پای غیرجراحی گروه مداخله بیشتر از پای جراحی شده گروه کنترل بود (P <۰/۰۰۰۱) .

در ارزیابی دوم ؛ مقدار نیروی پای جراحی شده درگروه مداخله بیشتر از گروه کنترل شد (P=۰/۰۰۳) . همچنین مقدار این نیرو در پای غیرجراحی گروه مداخله افزایش معنی‌داری نسبت به پای جراحی شده گروه کنترل داشت (P <۰/۰۰۰۱) .

TPGRF : در ارزیابی اول ؛ اختلاف معنی‌داری در زمان رسیدن به حداکثر نیروی عمودی عکس العمل زمین بین اندام‌های جراحی شده گروه کنترل و مداخله دیده نشد (P=۰/۷۸۹). در ارزیابی دوم؛ هر چند میانگین زمان رسیدن به حداکثر نیروی عمودی عکس العمل زمین در پای جراحی شده گروه مداخله نسبت به پای جراحی شده گروه کنترل افزایش یافت ولی این اختلاف از لحاظ آماری معنا دار نشد (P=۰/۵۰۹)

نرخ بارگذاری (loading rate)

در این مطالعه همچنین نرخ بارگذاری به عنوان یک متغیر فرعی از تقسیم مقادیر PVGRF نرمالایز شده بر مقادیر TPGRF بدست آمد. این متغیر در هر دو ارزیابی اول و دوم تنها در گروه مداخله از لحاظ آماری در اندام غیرجراحی بیشتر از اندام جراحی بود (به ترتیب P <۰/۰۰۰۱ و P =۰/۰۲۳) و در سایر موارد اختلاف آماری معنی‌دار نبود .

بحث

یافته‌های این مطالعه به تفکیک نتایج مربوط به آزمون عملکردی و نتایج مربوط به مقادیر استخراج شده از صفحه نیرو مورد بررسی قرار می‌گیرند.

آزمون عملکردی پرش متقاطع :

آزمونهای عملکردی جهت اندازه گیری قدرت و هماهنگی دستگاه عصبی عضلانی طراحی شده اند و قابلیت ارزیابی توانایی اندام تحتانی را در انجام اعمالی که ثبات زانو را به چالش می‌کشند، دارند. این آزمون‌ها به عنوان ابزاری جهت سنجش سطح عملکرد حرکتی بیماران دارای آسیب یا بازسازی ACL بکار می‌روند. مزیت آزمون سه پرش متقاطع نسبت به دیگر آزمون‌های عملکردی اندام تحتانی در این است که هماهنگی عصبی عضلانی بیشتری را می‌طلبد و اعتبار و تکرارپذیری بالایی درآسیب ACL دارد (۲۱،۱۶).

یافته‌های این مطالعه نشان داد که نمره آزمون پرش متقاطع اندام جراحی شده دو گروه در ارزیابی اول تفاوت معناداری با یکدیگر ندارد. به بیانی می‌توان گفت افراد شرکت کننده در دو گروه از لحاظ هماهنگی عصبی عضلانی و عملکرد

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-25]

حرکتی در یک سطح قرار داشته‌اند. از سویی بیشتر بودن نمره این آزمون در پای غیرجراحی گروه مداخله نسبت به پای جراحی شده هر دو گروه، نشاندهنده اثرات ناشی از آسیب لیگامان ACL است که با وجود جراحی و فیزیوتراپی رایج هنوز به مقادیر مورد انتظار نرسیده است. در گروه مداخله، نمره آزمون پرش متقاطع در اندام جراحی شده بعد از اغتشاش درمانی به میزان ۳۲/۹ سانتی‌متر افزایش یافت. با توجه به عدم تغییر در نمره آزمون عملکردی اندام جراحی شده گروه کنترل پس از ده جلسه، می توان تمرینات اغتشاشی را روش موثری جهت بهبود عملکرد حرکتی اندام تحتانی دانست. افزایش معنادار نمره آزمون عملکردی زانوی جراحی شده پس از تمرینات اغتشاشی و عدم وجود اختلاف معنی‌دار آماری این نمره بین دو اندام جراحی شده و غیرجراحی گروه مداخله در ارزیابی دوم، می‌تواند بیانگر موثر بودن تمرینات مذکور بر بهبود عملکرد بیماران با بازسازی لیگامان صلیبی قدامی باشد. این نتایج در راستای مطالعات قبلی است که به بررسی تاثیر اغتشاش درمانی بر متغیرهای مختلف در بیماران با آسیب ACL (ACL Deficiency: ACLD) پرداخته بودند و نتیجه گرفتند که این تمرینات سبب افزایش نمره آزمون عملکردی می‌شود (۹، ۱۵، ۲۲).

حداکثر نیروی عمودی عکس العمل زمین:

در گروه مداخله؛ مقدار حداکثر نیروی عمودی عکس العمل زمین اندام جراحی شده، در ارزیابی دوم به طور معنی‌داری بیشتر از ارزیابی اول شد اما در اندام جراحی نشده گروه مداخله و نیز اندام جراحی شده گروه کنترل، اختلاف آماری معنی داری بین دو ارزیابی دیده نشد.

همچنین مقدار PVGRF اندام جراحی شده در هر دو ارزیابی اول و دوم، به طور معنی‌داری کمتر از اندام غیرجراحی است. به بیانی علیرغم افزایش این نیرو در اثر اغتشاش درمانی، هنوز به مقادیر مورد انتظار در پای غیرجراحی نرسیده است. شاید بتوان گفت این تمرینات به تنهایی کفایت لازم برای به نرمال رساندن مقادیر نیروی عکس‌العمل زمین بعد از ده جلسه را نداشته‌اند. در مقایسه بین گروهی نیز در ارزیابی اول؛ مقدار نیروی پای جراحی شده دو گروه مداخله و کنترل اختلاف معنی داری نداشتند اما مقدار نیروی پای غیرجراحی گروه مداخله بیشتر از پای جراحی شده گروه کنترل بود. در ارزیابی دوم؛ مقدار نیروی پای جراحی شده در گروه مداخله بیشتر از گروه کنترل شد. همچنین مقدار این نیرو در پای غیرجراحی گروه مداخله افزایش معنی‌داری نسبت به پای جراحی شده گروه کنترل داشت. به عبارتی هر چند در ابتدا دو گروه مقادیر مشابهی از نیروی عکس‌العمل زمین را داشتند اما تمرینات اغتشاشی توانست با تاثیر بر نحوه فرود آمدن ورزشکار، این نیرو را به میزان قابل توجهی در هر دو اندام جراحی شده و غیرجراحی گروه مداخله افزایش دهد. این یافته‌ها با مطالعه دیگری در مورد اثر تمرینات اغتشاشی بر نیروی عکس‌العمل زمین حین بالا رفتن و پایین آمدن از پله در بیماران ACLD، همراستاست(۲۲). به نظر میرسد بیماران با جراحی ACL نیز در ابتدا مشابه با بیماران ACLD (۲۳)، بعلت کاهش هماهنگی عصبی عضلانی بصورت تدافعی میزان بار وارد بر اندام جراحی شده خود را کاهش می‌دهند. این امر به کاهش خطر بروز آسیب‌های عضلانی اسکلتی که بدنبال برهم خوردن کنترل عصبی عضلانی و الگوهای صحیح حرکتی ایجاد می‌شود (۲۴) کمک می‌کند. بعد از ده جلسه، تمرینات اغتشاشی توانست با اثر بر سیستم عصبی عضلانی، موجب افزایش حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین در پای جراحی شده گروه مداخله هم در مقایسه دو زمان ارزیابی و هم در مقایسه با ارزیابی دوم پای جراحی شده گروه کنترل شود.

زمان رسیدن به حداکثر نیروی عمودی عکس العمل زمین:

در گروه مداخله؛ TPGRF هر دو اندام جراحی شده و غیرجراحی در ارزیابی دوم به طور معنی‌داری بیشتر از ارزیابی اول بود. اما این زمان در اندام جراحی گروه کنترل بین دو ارزیابی تغییر معنی دار نشان نداد. همچنین TPGRF اندام جراحی شده در هر دو ارزیابی اول و دوم، به طور معنی‌داری بیشتر از اندام غیرجراحی بود. در مقایسه بین گروهی TPGRF اندام‌های جراحی شده و غیرجراحی گروه مداخله با اندام جراحی شده گروه کنترل؛ در ارزیابی اول اختلاف معنی‌داری در زمان رسیدن به حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین بین اندام‌های جراحی شده گروه کنترل و مداخله دیده نشد. در ارزیابی دوم نیز با وجود بیشتر شدن میانگین زمان رسیدن به حداکثر نیروی عمودی عکس العمل زمین در پای جراحی شده گروه مداخله نسبت به پای جراحی شده گروه کنترل ولی این اختلاف از لحاظ آماری معنادار نشد. این یافته برخلاف نتایج مطالعه Lin و همکاران بود که در آن زمان رسیدن نیرو به مقدار حداکثر کاهش یافته بود. تفاوت در نوع عملکرد مورد ارزیابی (بالا و پایین رفتن از پله به جای فرود آمدن روی پا) و نیز جمعیت مورد بررسی (بیماران ACLD) می‌تواند علت این تفاوت باشد. افزایش حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین و کاهش زمان رسیدن به این نیرو هر چند موجب بهتر شدن مهارت ورزشکار می‌شود اما می‌تواند به علت تحمل نیرو در مدت زمان کوتاه تر موجب افزایش میزان آسیب دیدگی شود (۲۵). افزایش زمان رسیدن به حداکثر نیروی

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-25]

عمودی عکس‌العمل زمین اندام جراحی شده و غیرجراحی گروه مداخله که در مطالعه حاضر دیده شد؛ نشان می‌دهد نیرو در زمان بیشتر و با شتاب کمتری به میزان حداکثر خود میرسد. به بیان دیگر به نظر میرسد هر چند هنگام فرود آمدن نیرو بیشتر می‌شود اما بعلت افزایش زمان رسیدن این نیرو به حداکثر، خطرات احتمالی آسیب مجدد کم شود. با توجه به این که مطالعات مشابه نیز از ده جلسه تمرینات اغتشاشی استفاده کرده‌اند (۲۷،۲۶،۲۲،۹) عدم وجود اختلاف آماری معنادار بین اندام‌های جراحی شده دو گروه مداخله و کنترل می‌تواند ناشی از عدم کفایت این تمرینات نسبت به تمرینات معمول ورزشکار در ایجاد تغییرات بارز در موارد جراحی بازسازی ACL در این حجم جمعیتی باشد. این نتایج با وجودی است که در مطالعه حاضر Bosu که در بعضی از مطالعات نیز از آن استفاده شده است (۲۹،۲۸) و اغتشاش متفاوتی نسبت به تخته‌های Rocker و Wobble ایجاد می‌کند، مورد استفاده قرار گرفته است در این مطالعه همچنین نرخ بارگذاری (loading rate) در هر دو ارزیابی اول و دوم تنها در گروه مداخله از لحاظ آماری در اندام غیرجراحی بیشتر از اندام جراحی بود و در سایر موارد اختلاف آماری معنی‌دار نبود. در این زمینه مطالعه مشابهی یافت نشد.

بطور کلی یافته‌های این تحقیق نیاز به دوره‌های درمانی که بر پایه بهبود کنترل عصبی عضلانی در بیماران با بازسازی لیگامان صلیبی قدامی هستند را مورد تاکید قرار می‌دهد.

قدردانی

این مطالعه با بودجه معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی تهران صورت گرفته است. نویسندگان مراتب قدردانی خود را از این بابت اعلام می‌دارند.

REFERENCES

1. Darlene H, Randolph M, Kessler RM. Management of Common Musculoskeletal Disorders. 4thed.Pensilvania: Lippincott, 2006, 487-558
2. Carol A. Mechanics and Pathomechanics of Human Movements. 3rded.Newyork: Lippincott, 2003,710-771
3. Bonfim TR, Paccola CA, Barela JA. Proprioceptive and behavior impairment in individuals with anterior cruciate ligament reconstructed knee. Arch Phys Med Rehabil 2003, 84: 1217-1223
4. Johansson H, Sjölander P, Sojka P. A sensory role for the cruciate ligaments. Clin Orthop Relat Res 1991, 268: 161-178.
5. Christopher D, Terry L, Brain G, Joseph M. Neuromuscular consequences of ACL injury. Clin Sports Med 2008, 27: 383-403
6. Shelburne KB, Pandy MG. Determinants of cruciate-ligament loading during rehabilitation exercise. Clinical Biomechanics 1998 , 13: 403-413
7. Winiarsk S, Kucharska A. Estimated ground reaction force in normal and pathological gait. Acta of Bioengineering and Biomechanics 2009,11 (1):53-60
8. MCgavern AL. Ground reaction force profiles in ACL reconstructed female athletes. Presented for the Degree of Master of Science in Physiology of Exercise. University of Texas at Arlington ,May 2008
9. Naserpour M, Jamshidi AA, Amiry A, Kihany MR. The effect of a modified perturbation training on muscle activation pattern and function in ACL deficient patients. Jundishapur Scientific Medical Journal 2012: 10(6): 605-613
10. Zouita ben moussa A, Zouita S, Dziri C, Ben Salah FZ . Single leg assessment of postural stability and knee functional outcome 2 years after anterior cruciate ligament reconstruction. Ann Phys Rehabil Med 2009, 52: 475-484.
11. Risberg MA, Mork M, Jenssen HK, Holm I. Design and implementation of a neuromuscular training program following anterior cruciate ligament reconstruction. J Orthop Sports Phys Ther 2001; 31; 620-631.
12. Shelburne KB, Pandy MG. Determinants of cruciate-ligament loading during rehabilitation exercise. Clinical Biomechanics.1998; 13; 403-413
13. Winter DA. Biomechanics and Motor Control of Human Movements. 3rd ed. Newjersey: John Wiley & Sons; 2005.
14. 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 Surg Sports Traumatol Arthrosc 2008; 16(1); 2-14
15. Watkins J. An Introduction to Biomechanics of Sport and Exercise, London: Elsevier Health Sciences, 2007
16. Hewett TE, Stroupe AL, Nance TA, Noyes FR. Plyometric training in female athletes decreased impact forces and increased hamstring torques. Am J Sports Med 1996; 24:765–773
17. McLean SG, Huang X, Su A, van den Bogert AJ. Sagittal plane biomechanics cannot injure the ACL during sidestep cutting. Clinical Biomechanics 2004; 19; 828–838
18. Lin HC, Hsu HC, LU TW. Bilateral changes in ground reaction forces in patients with unilateral anterior cruciate ligament deficiency during stair locomotion. Journal of Mechanics 2011; 27(3):437-445

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-25]

19. Shirashi M, Mizuta H, Kubota K, Otsuka Y, Nagamoto N, Takagi K . Stabilometric assessment in the anterior cruciate ligament-reconstructed knee.Clin J Sport Med 1996; 6:32
20. Howells BE, Ardern CL, Webster KE. Is postural control restored following anterior cruciate ligament reconstruction? A systematic review. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2011 ;19(7):1168-77
21. Brink M. The effects of backward locomotion as part of a rehabilitation program on the functional ability of patients following knee injury. Thesis presented in partial fulfillment of the requirements for the degree Master of Sport Science at Stellenbosch University. December 2010
22. Feizabadi N, Jamshidi AA.[Effect of modified perturbation training on ground reaction force and function in ACL deficient patients during step up and down].Master of Science Thesis, Iran University of Medical Sciences , 2010
23. AshvinT, Palaniappan T, James G. Knee joint moments during stair climbing of patients with ACL deficiency. Clinical Biomechanics 2004; 19:489-96
24. Donatelli R. Sports-Specific Rehabilitation. St. Louis: Churchill Livingstone, 2007
25. Cowley HR, Ford KR, Myer GD, Kernozek TW, Timothy E. Hewett TE. Differences in neuromuscular strategies between landing and cutting tasks in female basketball and soccer athletes. Journal of Athletic Training 2006; 41(1): 67–73
26. Chmielewski T, Hurd W, Rudolph K, Axe M, Snyder-Mackler L. Perturbation training improves knee kinematics and reduces muscle co-contraction after complete unilatral anterior cruciate ligament rupture. PhysTher. 2005; 85:740-754
27. Fitzgerald GK, Axe M, Snyder-Mackler L. A decision-making scheme for returning patients to high-level activity with non operative treatment after anterior cruciate ligament rupture. Knee Surg Sport Arthrosc 2000; 8(2): 76-82
28. Myer GD, Ford KR, Brent JL, Hewett TE. The effects of plyometric vs. dynamic stabilization and balance training on power, balance and landing force in female athletes. J Strength and Conditioning Research 2006; 20(2): 345-353
29. Myer GD, Paterno MV, Ford KR, Hewett TE. Neuromuscular training techniques to target deficits before return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction. Journal of Strength and Conditioning Research 2008, 22(3):987-1014

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-25]

Research Article

Effects of perturbation training on ground reaction force and function in athletes with anterior cruciate ligament reconstruction

Kazemi K[1], Amiri A[2], Ghotbi N [3]*, Jamshidi AA[2], Razi M [4]

1- MSc of Sport Physiotherapy , Tehran University of Medical Sciences
2- Assistant Professor at Rehabilitation Faculty , Iran University of Medical Sciences
3- Associate Professor at Rehabilitation Faculty ,Tehran University of Medical Sciences
4- Associate Professor, Iran University of Medical Sciences

Abstract

Background and Aim: Anterior cruciate ligament (ACL) injury is common in sports competition and training. Following ACL rupture, neuromuscular system performance is disrupted. Perturbation training can improve the function of patients with ACL reconstruction. The aim of the present study was to assess the effects of perturbation training on ground reaction force and functional status of these patients.

Materials and Methods: Twenty patients with ACL reconstruction were randomly assigned into intervention (mean age: 24/2 ±3/4 years) and control (mean age: 27/1± 2/5 years) groups. The intervention group performed ten sessions perturbation training with rocker board, wobble board and Bosu. Peak vertical ground reaction force (GRF) and time to peak vertical GRF were recorded by KISTLER force plate during single leg landing from a 30cm height step. In addition, cross hop test also was evaluated as a functional test.

Results: Before perturbation training, both GRF and time to peak vertical GRF in reconstructed knee had not significant difference between two groups (P>0/05). In addition, functional test score had not significant difference between the groups (P=0/62). Following perturbation training, peak vertical GRF in reconstructed knee was greater than that in control groups (P<0/003).Although time to peak vertical GRF in reconstructed knee increased, there was not statistically significant difference between two groups (P=0/50). Furthermore, functional test score was statistically greater in intervention group (P=0/03).

Conclusion: This s tudy showed that perturbation training can improve functional status in patients with ACL reconstruction. In addition, force plate findings indicated that the patients tolerated more forces at longer time in single leg landing.

Key words: Perturbation training, Ground reaction force, ACL reconstruction, Function

***Corresponding author:** Dr. Nastaran Ghotbi, Rehabilitation Faculty, Tehran University of Medical Sciences

Email :nghotbi@tums.ac.ir

This research was supported by Tehran University of Medical Sciences (TUMS)

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-25]