

Research Paper

The Effect of Postural Restoration Institute Training on Selected Kinematic Variables of Lower Limbs and Pelvis During Walking in Middle-Aged Men With Nonspecific Chronic Low Back Pain: A Prospective Observational Study



Ali Salimi¹, *Heydar Sadeghi^{1,2}, Raghad Memar¹, Ebrahim Sadeghi-demneh³

1. Department of Sports Biomechanics and Injuries, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.

2. Department of Sports Biomechanics, Kinesiology Research Center, Kharazmi University, Tehran, Iran.

3. Department of Orthosis and Prosthetics, Musculoskeletal Research Center, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.



Citation Salimi A, Sadeghi H, Memar R, Sadeghi-demneh E. [The Effect of Postural Restoration Institute Training on Selected Kinematic Variables of Lower Limbs and Pelvis During Walking in Middle-Aged Men With Nonspecific Chronic Low Back Pain: A Prospective Observational Study (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2024; 13(1):162-179. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.1.11>

doi <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.1.11>

ABSTRACT

Background and Aims Concerning the effectiveness of training on people with chronic low back pain, the present study aimed to evaluate the effect of postural restoration institute (PRI) training on lower limb kinematics during walking in middle-aged subjects with discogenic low back pain.

Methods In this prospective observational quasi-experimental study, 42 people participated in three groups: people without low back pain (healthy group, n=14) and people with low back pain in two groups (intervention group, n=14; and control group, n=14). Kinematic data were recorded by 7 Qualisys cameras with a frequency of 100 Hz in the pretest and post-test. Analysis of variance with repeated measures was used in SPSS software version 23 at a significance level 0.05.

Results The results showed that people with low back pain in the intervention and control groups walk with a slower velocity, lower cadence, and shorter step length than healthy individuals for both right and left limbs. However, after the PRI training, the intervention group showed a significant increase in those three variables. Furthermore, there were significant differences between the healthy group and the two groups of intervention and control in the range of motion (ROM) for the pelvis in the sagittal and frontal planes, the right hip joint in the horizontal plane, the right ankle in the frontal plane, the left hip joint in the sagittal and horizontal planes as well as the left ankle in the sagittal plane. After applying PRI, the differences between the healthy and the intervention groups regarding the pelvis ROM on the sagittal plane, the right ankle ROM on the sagittal plane, the left hip joint ROM on the frontal plane, and the left knee ROM on the sagittal plane were minimized and became insignificant.

Conclusion The present study's findings confirmed the effectiveness of using PRI training in improving biomechanical indicators, such as the range of joint movements and increasing the velocity and step length of walking, to treat and manage the performance of people with discogenic chronic low back pain.

Keywords Chronic low back pain, Postural restoration institute (PRI), Kinematics, Walking

Received: 20 Mar 2022

Accepted: 25 Apr 2022

Available Online: 20 Mar 2024

* Corresponding Author:

Heydar Sadeghi, Professor.

Address: Department of Sports Biomechanics and Injuries, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.

Tel: +98 (912) 2453175

E-Mail: h.sadeghi@khu.ac.ir/ sadeghih@yahoo.com



Copyright © 2024 The Author(s);

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

Extended Abstract

Introduction

Low back pain (LBP) is caused by muscle tension, or local stiffness, between the lower ribs and above the serine folds that can be presented with or without referral pain to the legs. Chronic discogenic low back pain, like chronic nonspecific low back pain (CNLBP), is one of the first syndromes in the clinically organized relevant exam back tool (Alleyne et al., [3], which has mechanical pain without spreading to the legs. Clinical evidence suggests that people with CNLBP suffer from various forms of lower limb movement disorders, which may lead to the development and persistence of LBP-related problems. One of these disorders in the lower extremities is a change in the gait of people with CNLBP. So, observation and investigation of biomechanical walking variables of people suffering from CNLBP can be used as a clinical symptom.

A review of the literature shows that people with CNLBP, who are allowed to choose their walking velocity, walk consistently slower and naturally have lower stride length and walking velocity. Research has shown that slower walking indicates pain or avoidance behavior associated with pain or both. Contradictions have been found about the kinematics of the lower limb joints. For example, some believe there is no difference between the lower limbs of healthy people and CNLBP. Others have suggested that people with CNLBP have more or less range of motion in their pelvis. A lower range of motion in the thighs and knees has also been reported in people with CNLBP.

The results of previous studies reveal the effect of CNLBP on gait; however, biomechanical strategies during walking have not been understood well. Therefore, biomechanical studies of the lower extremities during walking can help understand the pathology of movement disorders following CNLBP. Thus, assuming the effect of postural restoration institute (PRI) exercises on biomechanical variables, the primary purpose of this study was to evaluate the impact of PRI training on spatiotemporal parameters and range of motion (ROM) of lower limb joints in patients with CNLBP with degenerative disks.

Materials and Methods

In this prospective observational quasi-experimental study with a pre-test-post-test design, 42 people participated in three groups: individuals with low back pain (14

as an intervention [IG] and 14 as a control group [CG]) and 14 healthy (HG) ones (without musculoskeletal injuries). The inclusion criteria for choosing LBP patients were as follows: age range 30-50 years, no surgery, no disk herniation, a score of 3 to 6 pain by visual analog scale, and a score higher than 5 in the Roland Morris disability questionnaire. The exclusion criteria in the intervention group included absence in more than one-third of training sessions, medical problems preventing the continuation of training, lower limb changes that potentially change the movement of the trunk while standing (eg, leg fracture), vestibular disorder (balance problem), and severe psychological problems.

After stating the main points of the present study, all patients entered the present research by signing an informed consent form and a personal information questionnaire, including age, weight, height, and medical history. Kinematic data were recorded in the pretest at a sampling frequency of 100 Hz. PRI-related exercises were extracted from a limited number of articles in this field. They were planned for 8 weeks, 3 sessions per week, about one hour per session, under the supervision of a physiotherapist with the help of two sports experts. Finally, a posttest was taken.

Three complete walking cycles for the right and left limbs were selected for analysis. In the data processing procedure, we used QTM software version 2.7, Mokka version 3.3, Excel 2019, and MATLAB 2016b. Statistical indicators were examined at a significance level 0.05, using SPSS software, version 23.

Results

Comparison of pelvic range of motion, within-group ($F=3.269$, $P<0.016$) and between-group ($F=3.325$, $P<0.046$) differences on the sagittal plane, and within-group ($F=13.334$, $P<0.001$) and between-group ($F=17.470$, $P<0.000$) differences on the frontal plane was obtained. Comparing the range of motion of the right hip joint, within-group ($F=4.923$, $P<0.032$) and between groups ($F=11.397$, $P<0.000$) differences were obtained on the horizontal plane. Comparing the range of motion of the right ankle joint, between-group ($F=7.076$, $P<0.002$) differences on the sagittal plane and within-groups ($F=66.033$, $P<0.000$) and between-group ($F=10.933$, $P<0.000$) differences on the frontal plane were obtained. Comparing the range of motion of the left hip joint, within-group differences ($F=8.942$, $P<0.005$) in the sagittal plane, between-group differences ($F=10.162$, $P<0.000$) in the frontal plane, and within-group differences ($F=34.093$, $P<0.000$) and between-group differences ($F=11.288$, $P<0.000$) were

found in the horizontal plane. Comparison of the range of motion of the left knee joint also showed differences between groups ($F=5.085$, $P<0.0011$) in the sagittal plane, and in the study of the left ankle, differences within group ($F=6.594$, $P<0.014$) and between the group ($F=4.486$, $P<0.018$) on the sagittal plane and differences between the group ($F=4.789$, $P<0.014$) on the frontal plane. In the study of spatiotemporal parameters, within-group and between-group differences were found in all three variables of step length, cadence, and gait velocity in the right and left legs.

Conclusion

The present study's findings confirmed the effectiveness of using the exercises of the postural restoration institute in improving the range of motion and increasing the velocity and step length of walking as biomechanical indicators of treatment and performance management of people with chronic low back pain.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

All ethical principles in this study was considered in accordance with guidelines of the ethics committee of [Kharazmi University](#) (Ethics code: IR.KHU.REC.1399.024). The participants were informed about the study objectives and methods. They were also assured of the confidentiality of their information and were free to leave the study at any time, and if desired, the research results would be available to them. The study was registered by the [Iranian registry of clinical Trials](#) (ID: IRCT20211127053189N1).

Funding

This article was extracted from the PhD thesis of Ali Salimi at the Department of Sports Biomechanics, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, [Kharazmi University](#).

Authors' contributions

All authors equally contributed to preparing this article.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

The authors would like to thank all the patients participated in this study for their cooperation.



مقاله پژوهشی

تأثیر تمرین مؤسسه بازآموزی پاسچر بر متغیرهای منتخب کینماتیکی اندام تحتانی و لگن حین راه رفتن مردان میانسال مبتلابه کمردرد مزمن غیراختصاصی: مطالعه مشاهده‌ای آینده‌نگر

علی سلیمی^۱، حیدر صادقی^{۲*}، رعد معمار^۱، ابراهیم صادقی دمنه^۲

۱. گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

۲. گروه بیومکانیک ورزشی، پژوهشکده علوم حرکتی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

۳. گروه ارتوز و پروتز، مرکز تحقیقات اختلالات اسکلتی و عضلانی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.

Use your device to scan and read the article online



Citation Salimi A, Sadeghi H, Memar R, Sadeghi-demneh E. [The Effect of Postural Restoration Institute Training on Selected Kinematic Variables of Lower Limbs and Pelvis During Walking in Middle-Aged Men With Nonspecific Chronic Low Back Pain: A Prospective Observational Study (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2024; 13(1):162-179. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.1.11>

<https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.1.11>

چکیده

مقدمه و اهداف باتوجه‌به اثر بخشی تمرین بر روی افراد دارای کمردرد مزمن، هدف از پژوهش حاضر تأثیر تمرینات مؤسسه بازآموزی پاسچر بر روی کینماتیک اندام تحتانی حین راه رفتن در افراد میانسال دارای کمردرد دیسکوزنیک بود.

مواد و روش‌ها در این پژوهش نیمه‌آزمایشی مشاهده‌ای آینده‌نگر ۴۲ نفر در سه گروه افراد بدون کمردرد (گروه سالم ۱۴ نفر)، افراد کمردردی (گروه کنترل ۱۴ نفر و گروه آزمایش ۱۴ نفر) مشارکت کردند. داده‌های کینماتیکی توسط ۷ دوربین کوالیسیس با فرکانس ۱۰۰ هرتز در پیش‌آزمون و پس‌آزمون ثبت شد. آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر در نرم‌افزار SPSS ویرایش ۲۳ در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده شد.

یافته‌ها نتایج نشان داد که افراد کمردردی در هر دو گروه آزمایش و کنترل نسبت به افراد سالم در دو اندام راست و چپ با سرعت آهسته‌تر، نرخ گام‌برداری کمتر و طول گام کوتاه‌تر راه می‌روند که بعد از اعمال برنامه تمرینی مؤسسه بازآموزی پاسچر، گروه آزمایش افزایش معناداری در هر ۳ متغیر نشان داد. تفاوت‌ها در دامنه حرکتی لگن در صفحه سهمی و عرضی، مفصل ران راست در صفحه افقی، مچ پای راست در صفحه عرضی، مفصل ران چپ در صفحه سهمی و افقی همچنین مچ پای چپ در صفحه سهمی بین گروه سالم و دو گروه کنترل و آزمایش معنی‌دار بود. پس از اعمال تمرینات این تفاوت‌ها بین گروه سالم و آزمایش به حداقل رسید و در دامنه حرکتی لگن در صفحه سهمی، مچ پای راست در صفحه سهمی، مفصل ران چپ در صفحه عرضی و زانوی چپ در صفحه سهمی معنی‌دار نبودند.

نتیجه‌گیری یافته‌های پژوهش حاضر مؤید اثرگذاری در بهره‌گیری از انجام تمرینات مؤسسه بازآموزی پاسچر در بهبود شاخص‌های بیومکانیکی مانند دامنه حرکتی مفاصل و افزایش سرعت و طول گام راه رفتن، درمان و مدیریت عملکرد افراد مبتلا به کمردرد دیسکوزنیک بود.

کلیدواژه‌ها کمردرد مزمن، مؤسسه بازآموزی پاسچر، کینماتیک، راه رفتن

تاریخ دریافت: ۲۹ اسفند ۱۴۰۰

تاریخ پذیرش: ۰۵ اردیبهشت ۱۴۰۱

تاریخ انتشار: ۰۱ فروردین ۱۴۰۳

* نویسنده مسئول:

دکتر حیدر صادقی

نشانی: تهران، دانشگاه خوارزمی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی.

تلفن: ۲۴۵۳۱۷۵ (۹۱۲) ۹۸+

رایانامه: h.sadeghi@khu.ac.ir / sadeghih@yahoo.com



Copyright © 2024 The Author(s);

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

مقدمه

نمی‌دهند [۱۵] یا چرخش لگن کمتری در صفحه افقی نسبت به افراد سالم دارند [۱۸، ۲۲، ۲۴]. درحالی‌که دیگران درجه بیشتری از چرخش لگن را در این صفحه گزارش کرده‌اند [۲۵]. باوجود اینکه ووگات و همکاران مدعی شدند که میزان خم شدن مفصل ران حین راه رفتن در افراد دارای CLBP کمتر از افراد سالم است [۲۶]، اما کوآی و همکاران در حرکت مفصل ران تفاوت معنی‌داری گزارش نکردند [۲۵]. درمورد حرکت زانو بیان شده است که هیچ تغییر قابل‌توجهی در کینماتیک این مفصل در مردان مبتلا به فتق دیسک کمر نسبت به افراد سالم وجود ندارد [۲۵، ۱۸] باین‌حال، مولر و همکاران مدعی شدند که افراد مبتلا به CLBP در زمان تماس اولیه پاشنه، اکستنشن بیشتری را در مفصل زانو تجربه می‌کنند [۱۸].

نتایج پژوهش‌های پیشین بر تأثیر CLBP بر راه رفتن دلالت دارد، اما استراتژی‌های بیومکانیکی در هنگام راه رفتن در این بیماران به‌خوبی درک نشده است. دلیل این ادعا را می‌توان به

۱. در یافته‌های مربوط به کینماتیک لگن و اندام تحتانی حین راه رفتن در افراد مبتلا به کمردرد تضادهای بحث‌برانگیزی وجود دارد.

۲. اکثر یافته‌های کینماتیکی انجام‌شده درمورد متغیرهای فضایی زمانی راه رفتن و کینماتیک بخش‌های ستون فقرات بحث کرده‌اند و کمتر متغیرهای کینماتیکی اندام تحتانی مورد مطالعه قرار داده‌اند.

۳. با جست‌وجو در ادبیات تحقیق مطالعه‌ای یافت نشد که متغیرهای بیومکانیکی اندام تحتانی را بعد از یک دوره تمرینی مشخص مورد بررسی قرار دهد، بنابراین مطالعات بیومکانیکی مجموعه اندام تحتانی حین راه رفتن می‌تواند برای درک آسیب‌شناسی اختلالات حرکتی به دنبال CLBP و تأثیر آن‌ها بر حرکت بیمار و روش‌های درمانی کمک‌کننده باشد. ازاین‌رو با فرض اثرگذاری تمرینات مؤسسه بازآموزی پاسچر بر روی متغیرهای بیومکانیکی، هدف اصلی این مطالعه، تأثیر این تمرینات بر ۱. پارامترهای فضایی زمانی و ۲. دامنه حرکتی مفاصل پایین تنه در بیماران کمردرد مزمن غیراختصاصی دیسکوزنیک بود.

مواد و روش‌ها

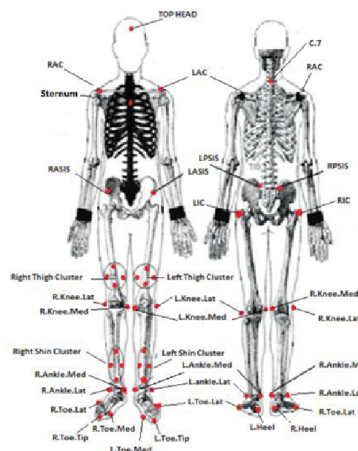
این پژوهش نیمه‌آزمایشی، با طرح پژوهش پیش‌آزمون و پس‌آزمون در سه گروه افراد بدون کمردرد (گروه سالم)، افراد دارای کمردرد (گروه کنترل) و افراد دارای کمردرد (گروه آزمایش)، مدل تأثیرسنجی (علی‌مقایسه‌ای) و از نظر نوع پژوهش مشاهده‌ای آینده‌نگر بود. جامعه افراد دارای کمردرد توسط فراخوان با همکاری مرکز تندرستی و حرکات اصلاحی بهبهود نجف‌آباد اصفهان دعوت شدند و دو گروه کنترل و آزمایش به کمک ابزار تشخیصی آلاین مشخص و باتوجه به شرایط و ویژگی‌های که مهم‌ترین آن‌ها به شرح ذیل آمده است، در پژوهش حاضر جذب شدند:

کمردرد به‌عنوان تنش عضلانی یا سفتی موضعی بین ناحیه زیر دنده‌ها و بالای چین‌های سرینی است که می‌تواند با یا بدون دردهای ارجاعی به پاها تعریف شود [۱]. زمانی تصور می‌شد که کمردرد ناشی از درد عصب سیاتیک است، اما اکنون کمردرد غیراختصاصی یک مشکل جداگانه شناخته شده است، زیرا مشکل سیاتیک با درد اصلی در اندام‌های تحتانی و نه در قسمت کمر یا باسن مشخص می‌شود [۲]. در گروه‌بندی کمردرد آلاین و همکاران در سال ۲۰۱۳ به کمک ابزار معاینه سازمان یافته بالینی^۱، افراد مبتلا به کمردرد در چهار سندروم درد قرار می‌گیرند. سندروم (پیوست ۱) اول، درد مکانیکال است که افراد دارای کمردرد دیسکوزنیک هستند که جزء بیماران دارای کمردرد مزمن غیراختصاصی می‌باشند [۳]. کمردرد دیسکوزنیک یک مشکل جدی پزشکی و اجتماعی است و ۲۶ تا ۴۲ درصد از بیماران مبتلا به کمردرد مزمن غیراختصاصی را تشکیل می‌دهد [۴-۶].

کمردرد مزمن^۲ به‌عنوان یک بیماری چندعاملی با انواع اختلالات مرتبط شناخته شده است [۷]. ازجمله این اختلالات عملکردی به‌وجودآمده در بیماران کمردردی می‌توان به کاهش دمپینگ و افزایش سفتی تنه [۸]، تغییر در زمان‌بندی فعالیت عضلات [۹]، تغییر در فعال‌سازی عضلات شکمی [۱۰]، افزایش فعالیت عضلات اکستنسوری تنه [۱۱] و کاهش آگاهی از تعادل پاسچرال [۱۲] حین حرکات مختلف اشاره کرد. همچنین شواهد بالینی نشان می‌دهد که افراد مبتلا به CLBP از اشکال مختلف اختلالات حرکتی اندام تحتانی رنج می‌برند که ممکن است به ایجاد و تداوم مشکلات مرتبط با CLBP منجر شود [۱۳]. یکی از این اختلالات در اندام تحتانی تغییر در راه رفتن افراد کمردردی است [۱۴، ۱۵]. کمردرد مزمن با اختلال در راه رفتن، مانند سرعت پایین راه رفتن، طول گام کوتاه و هماهنگی غیرقابل‌انعطاف بین بخش‌های تنه مشخص می‌شود [۱۶]. بنابراین می‌توان از مشاهده راه رفتن افراد دارای کمردرد مزمن غیراختصاصی به‌عنوان یک نشانه بهره برد [۱۵، ۱۷].

در بررسی ادبیات در حوزه راه رفتن افراد مبتلا به کمردرد مولر و همکاران، کورسبی و همکاران و لاموت و همکاران مدعی شدند که افراد مبتلا به کمردرد مزمن که مجاز به انتخاب سرعت پیاده‌روی خود هستند، به‌طور مداوم آهسته‌تر راه می‌روند و به طبع آن طول گام و سرعت گام‌برداری پایین‌تری دارند [۱۸-۲۰]. در این تحقیقات اظهار کردند که راه رفتن آهسته‌تر نشان‌دهنده وجود درد یا رفتار اجتنابی مرتبط با درد یا هر دو عامل یادشده است [۲۱-۲۳]. برخی از مطالعات گزارش کرده‌اند که افراد مبتلا به CLBP هیچ تفاوتی در حرکتی لگن حین راه رفتن نشان

1. Clinically Organized Relevant Exam (CORE)
2. Chronic Low Back Pain (CLBP)



نام نشانگر	مکان
ASIS	خار قدامی فوقانی استخوان ایلیوم
PSIS	خار خلفی فوقانی استخوان ایلیوم
IC	ایلیاک کرس
Knee. Lat	کنار خارجی زانو
Knee. Me	کنار داخلی زانو
Ankle. La	قوزک خارجی
Ankle. Med	قوزک داخلی
Toe. Lat	انگشت خارجی
Toe. Med	انگشت داخلی
Toe. Tip	نوک انگشت شصت پا
Heel	پاشنه پا

طب توانبخش

تصویر ۱. سمت چپ تصویری از نمای قدام و خلف جهت نمایش محل نصب نشانگرها، سمت راست جدول نام گذاری نشانگرها

کوالیسیس^۴ مرکز تحقیقات اختلالات اسکلتی و عضلانی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان با فرکانس نمونه برداری ۱۰۰ هرتز ثبت شد [۳۳]. نشانگرهای منعکس کننده نور مادون قرمز با قطر ۱۲ میلی متر مشخص و بر روی لندمارکهای دو سمت اندام تحتانی به روش تصویب شده در دانشگاه استرات کلاید^۵ [۳۴] نصب شدند (تصویر شماره ۱).

سه سیکل کامل راه رفتن برای اندام راست و چپ جهت پردازش انتخاب شد. باهدف کاهش خطای داده ها، با استفاده از فیلتر پایین گذر باترورث مرتبه ۴^۶ که تفاوت فاز ایجاد شده در مدل باترورث مرتبه ۲ را ندارد، با فرکانس برش ۶ هرتز، اطلاعات کینماتیکی هموار شد. جهت محاسبه زوایای مفاصل راه رفتن به کمک نرم افزار متلب مدل^۷ سیکل کامل راه رفتن به ۱۰۰ درصد فاز حرکتی نرمال و داده های مربوطه در دو مرحله پیش آزمون و پس آزمون جمع آوری و محاسبه شد. از نرم افزار کوالیسیس^۸ به منظور ثبت داده های حاصل از دوربین های کوالیسیس^۹ و نام گذاری نشانگرها و برش سیکل راه رفتن استفاده شد. از نرم افزار موکا نسخه ۳/۳ جهت تبدیل فرمت C3d به trc استفاده شد تا بتوان آن را در محیط نرم افزاری اکسل باز کرد. فرمول های محاسبه زوایای مفاصل پایین تنه به روش دینامیک معکوس از کتاب روش تحقیق در بیومکانیک^{۱۰} [۳۵] استخراج و جهت محاسبه دامنه حرکتی مفاصل در نرم افزار متلب کدنویسی شد.

تصویر شماره ۲ نشان دهنده نمودار زوایای حرکتی ران راست در سه صفحه سهمی، عرضی و افقی، مربوط به مرحله پیش آزمون سه گروه سالم، کنترل و آزمایش می باشد. در پژوهش حاضر

۱. دامنه سنی ۳۰-۵۰ سال، ۲. بدون درد انتشاری به اندام فوقانی یا تحتانی، ۳. عدم انجام عمل جراحی، ۴. عدم فتق دیسک، ۵. احتساب نمره ۳ الی ۶ درد توسط مقیاس آنالوگ بصری و ۷. احتساب نمره بالاتر از ۵ در پرسش نامه ناتوانی رولند موریس. معیارهای خروج از پروسه درمان در گروه آزمایش شامل: غیبت در بیش از یک سوم جلسات تمرینی، بروز مشکلات پزشکی مانع از تداوم تمرینات، بیمار سابقه علامت های خطرناک مربوط به کمردردهای اختصاصی را ذکر کند، هر نوع تغییرات اندام تحتانی که بالقوه در حالت ایستاده حرکت تنه را تغییر می دهد (مثلا شکستگی ساق پا)، اختلال وستیبولار (مشکل تعادل) در بیمار و مشکلات شدید روان بود.

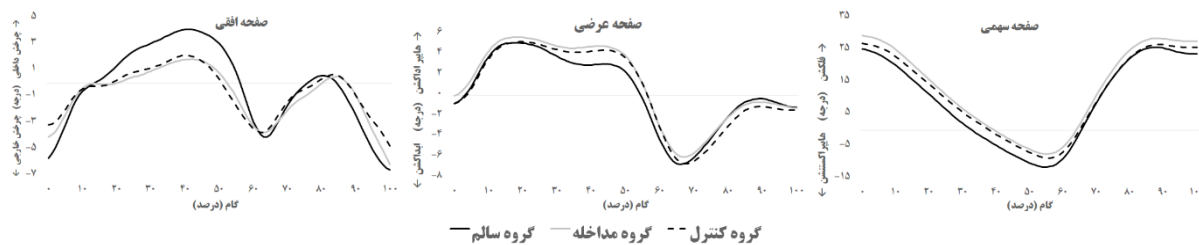
حجم نمونه با استفاده از نرم افزار آماری جی پاور^۳ نسخه ۱/۳ مبتنی بر آزمون تحلیل واریانس با اندازه های مکرر با طرح ۲×۳ در سطح معنی داری ۰/۰۵ ($\alpha=0/05$)، با توان آزمون ۸۰ درصد ($\beta=0/2$) و اندازه اثر متوسط ($d=0/25$) برابر با ۴۲ به دست آمد که برای هر گروه ۱۴ آزمودنی در نظر گرفته شد (پیوست ۲). قبل از ورود بیماران به آزمایشگاه، محقق در مورد روند پژوهش حاضر نکات اصلی را در اختیار بیماران قرار داد. پس از آنکه تمامی بیماران از روند پژوهش مطلع شدند، با امضا فرم رضایت نامه آگاهانه و پرسش نامه اطلاعات فردی شامل سن، وزن، قد و سابقه بیماری، وارد پژوهش حاضر شدند.

تمرینات مربوط به مؤسسه بازآموزی پاسچر از محدود مقالاتی که در این زمینه وجود داشت استخراج شد (پیوست ۳) [۲۷-۳۲]. این تمرینات به مدت ۸ هفته، هر هفته ۳ جلسه و هر جلسه حدود ۱ ساعت برنامه ریزی شد و زیر نظر یک فیزیوتراپ و به کمک دو متخصص ورزشی صورت گرفت.

اطلاعات کینماتیک مفاصل از ۷ دوربین سرعت بالا شرکت

3. G*Power

4. Qualysis motion capture camera, Sweden
5. Strathclyde Cluster Model
6. Fourth order Butterworth low pass filter, zero lag
7. R2016a, MathWorks, Inc, Natick, MA
8. Version number 2.7, build 771
9. Oqus
10. Research Methods in Biomechanics



طب توانبخشی

تصویر ۲. نمودار زوایای حرکتی مفصل ران سه گروه کنترل (خط چین)، آزمایش (خاکستری) و سالم (مشکی) در سه صفحه حرکتی سهمی، عرضی و افقی

یافته‌ها

مشخصات جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها در سه گروه سالم، کنترل و آزمایش در جدول شماره ۱ ارائه شده است. مطابق اطلاعات جدول، سه گروه در هیچ‌یک از این مشخصات تفاوت معنی‌داری نداشتند.

جدول شماره ۲ نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر مربوط به دامنه حرکتی لگن سه گروه سالم، آزمایش و کنترل در مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون طی یک سیکل کامل راه رفتن را نشان می‌دهد. باتوجه به معنی‌داری تفاوت‌های درون‌گروهی ($F=3/269, P<0/016$) و بین‌گروهی ($F=3/325, P<0/046$) حرکت لگن در صفحه سهمی، با مقایسه داده‌های پیش‌آزمون مشخص شد که گروه سالم با دو گروه آزمایش ($P<0/025$) و کنترل ($P<0/020$) به‌صورت معنی‌داری دارای تفاوت است و این معنی‌داری بین گروه سالم و کنترل ($P<0/037$) در پس‌آزمون نیز قابل مشاهده است. دامنه حرکتی لگن گروه آزمایش در صفحه سهمی به‌صورت معنی‌داری ($P<0/004$) با افزایش رویه‌رو شده بود. در بررسی تفاوت‌های درون‌گروهی ($F=13/334, P<0/001$) و بین‌گروهی ($F=17/470, P<0/000$) حرکت لگن در صفحه عرضی نیز تفاوت‌های معنی‌داری مشاهده شد که با مقایسه داده‌های پیش‌آزمون مشخص شد که گروه سالم با دو گروه آزمایش ($P<0/000$) و کنترل ($P<0/000$) به‌صورت معنی‌داری دارای تفاوت است و این تفاوت بین گروه سالم با دو گروه کنترل ($P<0/000$) و آزمایش ($P<0/016$) در پس‌آزمون همچنان وجود دارد.

منظور از دامنه حرکتی حداکثر اختلاف در نقاط داده‌ای روی نمودار است. برای مثال منظور از دامنه حرکتی ران در صفحه سهمی اختلاف حداکثر فلکشن با حداکثر هایپر اکستنشن است.

با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۳ شاخص‌های آماری میانگین و انحراف‌معیار برای وصف داده‌ها محاسبه شد. در نظر گرفتن سه گروه و وجود پیش‌آزمون و پس‌آزمون، از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر با سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده شد. برای استفاده درست از آمار به‌دست‌آمده اندازه‌گیری‌های مکرر آزمون باکس^{۱۱} جهت بررسی همگنی ماتریس کوواریانس انجام شد که باتوجه به معنی‌دار شدن یا نشدن آن به‌ترتیب از دو آزمون ویلکس لامبدا^{۱۲} و پیلائی تریس^{۱۳} استفاده شد. در صورت معنی‌داری بین میانگین گروه‌ها، از روش تعقیبی حداقل تفاوت معنی‌دار^{۱۴} استفاده شد. همچنین آزمون لون^{۱۵} برای تمامی متغیرها مورد بررسی قرار گرفت که در هیچ‌یک از آن‌ها معنی‌دار نشد و شرط همگنی واریانس‌های خطا برقرار بود.

11. Box's Test
12. Wilks Lambda
13. Pillai's Trace
14. Least Significant Difference (LSD)
15. Levene's test

جدول ۱. مشخصات جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها در سه گروه سالم، آزمایش و کنترل (n=14)

گروه	متغیر	میانگین ± انحراف معیار		
		سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	جرم (کیلوگرم)
سالم		38/857 ± 4/849	176/214 ± 4/806	76/428 ± 6/394
مداخله		40/071 ± 5/863	174/500 ± 7/229	75/428 ± 7/582
کنترل		39/928 ± 6/133	176/000 ± 6/563	77/428 ± 5/721
آماره F		0/194	0/309	0/320
مقدار P		0/825	0/736	0/728

جدول ۲. نتایج درون گروهی و بین گروهی آزمون اندازه گیریهای مکرر دامنه حرکتی مفصل لگن (درجه) در سه گروه سالم، مداخله و کنترل

گروه دامنه حرکتی	میانگین $\pm$ انحراف معیار									
	درون گروهی				بین گروهی					
	مداخله		کنترل		سالم		کنترل		مداخله	
	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون
صفحه سهمی	۳/۷۵ $\pm$ ۰/۵۸	۳/۸۵ $\pm$ ۰/۷۳	۳/۰۷ $\pm$ ۰/۷۳	۳/۲۱ $\pm$ ۰/۷۲	۳/۰۹ $\pm$ ۰/۷۲	۳/۶۵ $\pm$ ۰/۸۷	۳/۲۶۹	# ۰/۰۱۶	۳/۳۲۵	& ۰/۰۴۶
صفحه عرضی	۸/۳۸ $\pm$ ۱/۶۴	۸/۴۲ $\pm$ ۱/۵۲	۵/۳۲ $\pm$ ۱/۳۹	۵/۸۴ $\pm$ ۱/۲۵	۴/۹۴ $\pm$ ۱/۷۱	۶/۹۴ $\pm$ ۱/۷۵	۱۳/۳۳۴	# ۰/۰۰۱	۱۷/۴۷۰	& ۰/۰۰۰
صفحه افقی	۱۴/۸۵ $\pm$ ۲/۶۸	۱۴/۷۷ $\pm$ ۲/۷۰	۱۱/۸۱ $\pm$ ۴/۲۰	۱۲/۲۲ $\pm$ ۴/۴۷	۱۱/۸۷ $\pm$ ۴/۹۲	۱۲/۷۸ $\pm$ ۲/۵۷	۱/۰۹۹	۰/۳۰۱	۲/۶۸۹	۰/۰۸۱

طب توانبخشی

*تفاوت های درون گروهی، **تفاوت های بین گروهی

به صورت معنی داری دارای تفاوت است و این تفاوت ها در پس آزمون بین گروه سالم با دو گروه آزمایش ($P < 0.010$) و کنترل ($P < 0.000$) با مقداری تغییر همراه بود. تنها در گروه آزمایش ($P < 0.005$) دامنه حرکتی مفصل ران راست در صفحه افقی به صورت معنی داری افزایش داشت.

با وجود اینکه بررسی آمار اندازه گیری مکرر بر روی متغیر دامنه حرکتی زانو در صفحه سهمی تفاوت معنی دار بین گروهی ($F = 2/909, P < 0.066$) را نشان نداد اما با آزمون تعقیبی مشخص

در جدول شماره ۳ نتایج تحلیل واریانس با اندازه گیری های مکرر مربوط به دامنه حرکتی مفصل ران، زانو و مچ پای راست سه گروه سالم، آزمایش و کنترل در مرحله پیش آزمون و پس آزمون طی یک سیکل کامل راه رفتن گزارش شده است. با توجه به معنی داری تفاوت های درون گروهی ($F = 4/923, P < 0.032$) و بین گروهی ($F = 11/397, P < 0.000$) در ران سمت راست در صفحه افقی با مقایسه داده های پیش آزمون مشخص شد که گروه سالم با دو گروه آزمایش ($P < 0.000$) و کنترل ($P < 0.000$)

جدول ۳. نتایج درون گروهی و بین گروهی آزمون اندازه گیریهای مکرر دامنه حرکتی (درجه) مفصل پایین تنه سمت راست

دامنه حرکتی	گروه	میانگین $\pm$ انحراف معیار									
		سالم				کنترل		مداخله			
		پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون	F	P		
ران	صفحه سهمی	۳۸/۵۵ $\pm$ ۳/۳۶	۳۸/۲۲ $\pm$ ۳/۱۹	۳۷/۱۱ $\pm$ ۴/۵۹	۳۶/۱۱ $\pm$ ۳/۸۸	۳۶/۸۱ $\pm$ ۵/۳۲	۳۷/۹۴ $\pm$ ۳/۶۵	۰/۰۵۸	۰/۸۱۰	۰/۷۱۴	۰/۴۹۶
	صفحه عرضی	۱۳/۸۶ $\pm$ ۲/۷۹	۱۳/۹۴ $\pm$ ۲/۶۶	۱۳/۱۵ $\pm$ ۳/۰۸	۱۲/۶۵ $\pm$ ۳/۳۹	۱۲/۸۸ $\pm$ ۲/۴۳	۱۳/۷۷ $\pm$ ۲/۷۰	۲/۰۳۳	۰/۱۶۲	۰/۱۹۹	۰/۸۲۰
	صفحه افقی	۱۱/۷۷ $\pm$ ۲/۹۰	۱۱/۷۹ $\pm$ ۳/۱۷	۷/۱۱ $\pm$ ۲/۷۴	۷/۵۹ $\pm$ ۲/۸۱	۷/۰۳ $\pm$ ۳/۰۸	۸/۸۵ $\pm$ ۲/۶۵	۴/۹۲۳	۰/۰۳۳	۱۱/۳۹۷	۰/۰۰۰ &
	صفحه سهمی	۵۸/۸۵ $\pm$ ۲/۹۴	۵۸/۸۵ $\pm$ ۲/۸۰	۵۶/۰۱ $\pm$ ۳/۷۹	۵۵/۶۵ $\pm$ ۴/۷۹	۵۵/۶۱ $\pm$ ۴/۱۸	۵۶/۹۶ $\pm$ ۲/۹۵	۰/۳۶۴	۰/۵۵۰	۲/۹۰۹	۰/۰۶۶
زانو	صفحه عرضی	۴/۹۷ $\pm$ ۱/۶۷	۵/۰۸ $\pm$ ۱/۸۰	۴/۷۰ $\pm$ ۱/۴۵	۴/۷۶ $\pm$ ۲/۰۶	۵/۲۱ $\pm$ ۱/۹۳	۴/۶۱ $\pm$ ۱/۵۰	۰/۰۹۱	۰/۷۶۵	۰/۱۱۶	۰/۸۹۱
	صفحه افقی	۵/۲۷ $\pm$ ۱/۸۱	۵/۳۲ $\pm$ ۱/۹۸	۵/۳۰ $\pm$ ۱/۵۴	۵/۳۶ $\pm$ ۱/۶۹	۵/۳۵ $\pm$ ۱/۸۰	۵/۲۰ $\pm$ ۱/۸۰	۰/۰۰۱	۰/۹۷۲	۰/۰۰۵	۰/۹۹۵
مچ پا	صفحه سهمی	۲۵/۷۸ $\pm$ ۲/۵۹	۲۵/۳۵ $\pm$ ۲/۶۷	۲۲/۰۷ $\pm$ ۳/۰۱	۲۲/۲۱ $\pm$ ۳/۰۸	۲۱/۷۳ $\pm$ ۳/۵۵	۲۲/۶۵ $\pm$ ۴/۶۱	۰/۱۲۷	۰/۷۲۳	۷/۰۷۶	۰/۰۰۲ &
	صفحه عرضی	۱۴/۹۹ $\pm$ ۲/۸۰	۱۵/۱۴ $\pm$ ۲/۸۷	۱۰/۰۸ $\pm$ ۲/۸۱	۱۱/۰۳ $\pm$ ۲/۷۷	۱۰/۳۰ $\pm$ ۲/۶۰	۱۲/۵۳ $\pm$ ۲/۶۱	۶۶/۰۳۳	۰/۰۰۰ #	۱۰/۹۳۳	۰/۰۰۰ &
	صفحه افقی	۳۷/۴۷ $\pm$ ۶/۰۱	۳۷/۳۴ $\pm$ ۵/۹۷	۲۴/۲۱ $\pm$ ۵/۴۲	۲۳/۴۷ $\pm$ ۴/۹۷	۲۳/۷۳ $\pm$ ۵/۴۱	۲۳/۸۶ $\pm$ ۵/۳۲	۰/۱۴۹	۰/۷۰۱	۲/۴۰۹	۰/۱۰۳

طب توانبخشی

*تفاوت های درون گروهی، **تفاوت های بین گروهی

جدول ۴. نتایج درون گروهی و بین گروهی آزمون اندازه‌گیری‌های مکرر دامنه حرکتی (درجه) مفاصل پایین تنه سمت چپ

دامنه حرکتی	گروه	میانگین $\pm$ انحراف معیار								درون گروهی		بین گروهی	
		سالم				مداخله							
		پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون	P	F	P	F
ران	صفحه سهمی	۳۷/۱۸ $\pm$ ۳/۸۱	۳۷/۰۶ $\pm$ ۳/۷۲	۳۴/۶۲ $\pm$ ۴/۰۸	۲۵/۶۵ $\pm$ ۴/۱۹	۳۲/۵۸ $\pm$ ۳/۷۷	۳۵/۲۸ $\pm$ ۳/۸۷	۸/۹۴۲	۰/۰۵ #	۲/۰۴۰	۰/۱۴۴		
	صفحه عرضی	۱۴/۹۴ $\pm$ ۳/۹۰	۱۴/۸۰ $\pm$ ۳/۱۶	۱۰/۹۰ $\pm$ ۲/۳۵	۱۰/۸۱ $\pm$ ۲/۲۳	۱۱/۲۷ $\pm$ ۲/۵۱	۱۲/۴۳ $\pm$ ۴/۴۹	۰/۱۸۸	۰/۶۶۷	۱۰/۱۶۲	۰/۰۰۰ &		
	صفحه افقی	۱۱/۸۳ $\pm$ ۲/۸۹	۱۱/۶۲ $\pm$ ۲/۹۳	۶/۸۹ $\pm$ ۲/۵۱	۷/۵۶ $\pm$ ۲/۴۸	۷/۴۴ $\pm$ ۲/۴۸	۹/۵۰ $\pm$ ۲/۴۳	۳۴/۰۹۳	۰/۰۰ #	۱۱/۲۸۸	۰/۰۰۰ &		
زانو	صفحه سهمی	۶۰/۳۱ $\pm$ ۳/۸۹	۵۹/۶۳ $\pm$ ۳/۲۰	۵۵/۰۶ $\pm$ ۴/۰۹	۵۶/۵۸ $\pm$ ۳/۹۲	۵۶/۸۴ $\pm$ ۳/۲۸	۵۸/۳۳ $\pm$ ۳/۹۸	۱/۹۱۵	۰/۱۷۴	۵/۰۸۵	۰/۰۱۱ &		
	صفحه عرضی	۵/۰۵ $\pm$ ۱/۶۵	۵/۲۲ $\pm$ ۱/۵۹	۵/۳۱ $\pm$ ۲/۳۵	۵/۳۲ $\pm$ ۲/۳۵	۴/۹۵ $\pm$ ۱/۶۰	۴/۹۳ $\pm$ ۱/۲۸	۰/۵۵۵	۰/۴۶۱	۰/۱۴۴	۰/۸۶۶		
	صفحه افقی	۴/۳۳ $\pm$ ۱/۸۳	۴/۳۹ $\pm$ ۱/۹۰	۴/۰۹ $\pm$ ۱/۷۵	۴/۰۸ $\pm$ ۲/۰۲	۴/۱۱ $\pm$ ۱/۸۴	۳/۹۸ $\pm$ ۱/۸۶	۰/۱۳۱	۰/۷۱۹	۰/۱۳۴	۰/۸۷۵		
مچ پا	صفحه سهمی	۲۶/۹۵ $\pm$ ۴/۰۱	۲۷/۳۰ $\pm$ ۳/۷۰	۲۳/۰۷ $\pm$ ۴/۲۵	۲۳/۵۶ $\pm$ ۳/۹۸	۲۲/۸۶ $\pm$ ۳/۷۸	۲۳/۹۴ $\pm$ ۳/۷۹	۶/۵۹۴	۰/۱۴ #	۴/۴۸۶	۰/۰۱۸ &		
	صفحه عرضی	۱۳/۹۳ $\pm$ ۳/۷۶	۱۴/۰۵ $\pm$ ۳/۶۵	۱۰/۵۸ $\pm$ ۳/۶۲	۱۰/۶۷ $\pm$ ۳/۱۵	۱۰/۵۱ $\pm$ ۲/۵۸	۱۱/۱۴ $\pm$ ۲/۵۹	۲/۹۲۸	۰/۰۹۵	۴/۷۸۹	۰/۰۱۴ &		
	صفحه افقی	۲۶/۶۶ $\pm$ ۴/۲۷	۲۶/۷۲ $\pm$ ۴/۰۳	۲۴/۹۲ $\pm$ ۵/۳۸	۲۴/۶۹ $\pm$ ۵/۵۰	۲۵/۳۴ $\pm$ ۶/۵۵	۲۶/۱۶ $\pm$ ۶/۵۵	۰/۱۹۸	۰/۶۵۹	۰/۵۱۴	۰/۶۰۲		

طب توانبخشی

تفاوت‌های درون گروهی، تفاوت‌های بین گروهی

جدول شماره ۴ نتایج مربوط به تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر مربوط به دامنه حرکتی ران، زانو و مچ پای چپ سه گروه سالم، آزمایش و کنترل در مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون را نشان می‌دهد. باتوجه به معنی‌داری تفاوت‌های درون گروهی ($F=۸/۹۴۲$ ، $P<۰/۰۰۵$) در دامنه حرکتی ران سمت چپ در صفحه سهمی با مقایسه داده‌های پیش‌آزمون مشخص شد که گروه سالم با گروه آزمایش ($P<۰/۰۱۹$) به صورت معنی‌داری دارای تفاوت است اما این تفاوت در پس‌آزمون به صورت معنی‌داری نبود. گروه آزمایش ($P<۰/۰۰۰$) در دامنه حرکتی ران چپ در صفحه سهمی به صورت معنی‌داری افزایش داشت. با بررسی دامنه حرکتی ران سمت چپ در صفحه عرضی تفاوت‌های بین گروهی ($F=۱۰/۱۶۲$ ، $P<۰/۰۰۰$) به دست آمد که با مقایسه داده‌های پیش‌آزمون مشخص شد که گروه سالم با دو گروه آزمایش ($P<۰/۰۰۱$) و کنترل ($P<۰/۰۰۲$) به صورت معنی‌داری دارای تفاوت است اما تفاوت‌ها در پس‌آزمون فقط برای گروه سالم با کنترل ($P<۰/۰۰۷$) به صورت معنی‌داری باقی ماند.

با وجود تفاوت‌های درون گروهی ($F=۳۴/۰۹۳$ ، $P<۰/۰۰۰$) و بین گروهی ($F=۱۱/۲۸۸$ ، $P<۰/۰۰۰$) ران سمت چپ در صفحه افقی مقایسه داده‌های پیش‌آزمون مشخص کرد که گروه سالم با دو گروه آزمایش ($P<۰/۰۰۰$) و کنترل ($P<۰/۰۰۰$) به صورت

شد که در پیش‌آزمون بین گروه سالم با دو گروه آزمایش ($P<۰/۰۲۵$) و کنترل ($P<۰/۰۴۷$) به صورت معنی‌داری تفاوت وجود دارد و این تفاوت در مرحله پس‌آزمون همچنان بین گروه سالم و کنترل ($P<۰/۰۳۹$) وجود داشت. بررسی دامنه حرکتی مچ پای راست در صفحه سهمی تفاوت معنی‌دار بین گروهی ($F=۷/۰۷۶$ ، $P<۰/۰۰۲$) را نشان داد که با مقایسه پیش‌آزمون مشخص شد که گروه سالم با دو گروه آزمایش ($P<۰/۰۰۳$) و کنترل ($P<۰/۰۰۱$) به صورت معنی‌داری دارای تفاوت است و در بررسی پس‌آزمون نیز بین گروه سالم و کنترل ($P<۰/۰۲۴$) همچنان تفاوت معنی‌دار بود.

در صفحه عرضی دامنه حرکتی مچ پا تفاوت‌های درون گروهی ($F=۶۶/۰۳۳$ ، $P<۰/۰۰۰$) و بین گروهی ($F=۱۰/۹۳۳$ ، $P<۰/۰۰۰$) را به صورت معنی‌داری نشان داد. با بررسی پیش‌آزمون بین گروه سالم با دو گروه آزمایش ($P<۰/۰۰۰$) و کنترل ($P<۰/۰۰۰$) تفاوت‌ها معنی‌دار بود و در بررسی پس‌آزمون گروه سالم با دو گروه آزمایش ($P<۰/۰۱۶$) و کنترل ($P<۰/۰۰۰$) همچنان به صورت معنی‌داری تفاوت وجود داشت. در مقایسه پیش‌آزمون با پس‌آزمون نیز دو گروه آزمایش ($P<۰/۰۰۰$) و کنترل ($P<۰/۰۰۰$) دامنه حرکتی بیشتری در مچ پای راست در صفحه عرضی تجربه کردند.

جدول ۵. نتایج درون گروهی و بین گروهی آزمون اندازه‌گیری‌های مکرر پارامترهای طول قدم (متر)، نرخ قدم‌برداری (تعداد/ثانیه) و سرعت قدم‌برداری (متر/ثانیه) حین راه رفتن در سه گروه سالم، مداخله و کنترل

دامنه حرکتی	گروه	میانگین $\pm$ انحراف معیار						درون گروهی		بین گروهی	
		سالم		مداخله		کنترل					
		پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون	F	P#	F	P%
طول قدم		۰/۶۷۳±۰/۰۴	۰/۶۷۳±۰/۰۳	۰/۵۷۳±۰/۰۴	۰/۶۳۳±۰/۰۵	۰/۵۸۳±۰/۰۵	۰/۵۸۳±۰/۰۴	۳۶/۱۶۸	۰/۰۰۰	۱۶/۵۸۳	۰/۰۰۰
نرخ قدم	اندام راست	۱/۷۰±۰/۱۲	۱/۷۰±۰/۱۲	۱/۵۷±۰/۱۰	۱/۶۵±۰/۰۸	۱/۵۸±۰/۱۰	۱/۵۹±۰/۱۱	۳۹/۱۵۲	۰/۰۰۰	۵/۲۱۱	۰/۰۱۰
سرعت قدم		۱/۱۳±۰/۱۲	۱/۱۳±۰/۱۱	۰/۸۹±۰/۱۰	۱/۰۵±۰/۱۲	۰/۹۱±۰/۰۸	۰/۹۳±۰/۰۸	۷۲/۳۹۳	۰/۰۰۰	۱۸/۵۴۰	۰/۰۰۰
طول قدم		۰/۶۶۳±۰/۰۴	۰/۶۷۳±۰/۰۴	۰/۵۶±۰/۰۷	۰/۶۰±۰/۰۴	۰/۵۶±۰/۰۸	۰/۵۶±۰/۰۷	۱۶/۷۱۳	۰/۰۰۰	۱۲/۹۳۹	۰/۰۰۰
نرخ قدم	اندام چپ	۱/۶۹±۰/۱۱	۱/۶۹±۰/۱۱	۱/۵۶±۰/۰۹	۱/۶۳±۰/۰۸	۱/۵۷±۰/۱۱	۱/۵۷±۰/۱۱	۱۸/۴۳۹	۰/۰۰۰	۵/۲۳۱	۰/۰۰۹
سرعت قدم		۱/۱۲±۰/۱۱	۱/۱۳±۰/۱۱	۰/۸۷±۰/۱۲	۰/۹۷±۰/۰۸	۰/۸۷±۰/۱۰	۰/۸۹±۰/۱۱	۴۲/۵۷۱	۰/۰۰۰	۲۱/۲۶۴	۰/۰۰۰

طوبتوانبخش

*تفاوت‌های درون گروهی، *تفاوت‌های بین گروهی

تفاوت‌ها در پس‌آزمون نیز برای گروه سالم با دو گروه آزمایش ($P < 0.020$) و کنترل ($P < 0.008$) به‌صورت معنی‌داری باقی ماند، اما در مقایسه بین پیش‌آزمون با پس‌آزمون گروه آزمایش به‌صورت معنی‌داری ($P < 0.033$) افزایش در دامنه حتی می‌چ پا در صفحه عرضی را تجربه کرد.

جدول شماره ۵ نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر پارامترهای فضایی-زمانی دو اندام راست و چپ حین راه رفتن در سه گروه سالم، آزمایش و کنترل در مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون را نشان می‌دهد. این داده مربوط به طول قدم^{۱۶}، نرخ قدم‌برداری^{۱۷} و سرعت راه رفتن^{۱۸} است. با بررسی میانگین‌های طول قدم راست تفاوت درون گروهی ($F = 36.168, P < 0.000$) و بین گروهی ($F = 16.583, P < 0.000$) به دست آمد و با مقایسه داده‌های پیش‌آزمون مشخص شد گروه سالم با دو گروه کنترل ($P < 0.000$) و آزمایش ($P < 0.000$) تفاوت‌های معنی‌داری دارد که این تفاوت‌ها در پس‌آزمون بین گروه سالم با دو گروه کنترل ($P < 0.000$) و آزمایش ($P < 0.034$) و گروه آزمایش با کنترل ($P < 0.003$) به‌صورت معنی‌دار به دست آمد. همچنین گروه آزمایش ($P < 0.000$) به‌صورت معنی‌داری طول قدم بیشتری در پس‌آزمون تجربه کرد.

با بررسی میانگین‌های نرخ قدم‌برداری و معنی‌داری تفاوت درون گروهی ($F = 39.152, P < 0.000$) و بین گروهی ($F = 5.211, P < 0.010$) در پیش‌آزمون گروه سالم با دو گروه

معنی‌داری دارای تفاوت است و این تفاوت‌ها در پس‌آزمون بین گروه سالم با دو گروه آزمایش ($P < 0.039$) و کنترل ($P < 0.000$) با مقداری تغییر همچنان معنی‌دار بود. در دامنه حرکتی مفصل ران چپ در صفحه افقی گروه آزمایش ($P < 0.000$) و کنترل ($P < 0.011$) به‌صورت معنی‌داری افزایش را نشان دادند. باتوجه‌به معنی‌داری تفاوت‌های بین گروهی ($F = 5.085, P < 0.011$) در زانوی سمت چپ در صفحه سهمی داده‌های پیش‌آزمون تفاوت‌های معنی‌داری بین گروه سالم با دو گروه آزمایش ($P < 0.031$) و کنترل ($P < 0.002$) نشان داد اما تفاوت‌ها در پس‌آزمون فقط برای گروه سالم با کنترل ($P < 0.036$) به‌صورت معنی‌داری باقی ماند.

باتوجه‌به معنی‌داری تفاوت‌های درون گروهی ($P < 0.014$)، $F = 6.594$) و بین گروهی ($F = 4.486, P < 0.018$) در حرکت مفصل میچ پای چپ در صفحه سهمی، مقایسه داده‌های پیش‌آزمون مشخص کرد که گروه سالم با دو گروه آزمایش ($P < 0.010$) و کنترل ($P < 0.015$) به‌صورت معنی‌داری دارای تفاوت است و این تفاوت‌ها در پس‌آزمون نیز برای گروه سالم با دو گروه آزمایش ($P < 0.026$) و کنترل ($P < 0.014$) به‌صورت معنی‌داری باقی ماند اما در مقایسه بین پیش‌آزمون با پس‌آزمون گروه آزمایش به‌صورت معنی‌داری ($P < 0.017$) افزایش در دامنه حتی میچ پا در صفحه سهمی را تجربه کرد. باتوجه‌به معنی‌داری تفاوت‌های بین گروهی ($F = 4.789, P < 0.014$) در حرکت مفصل میچ پای چپ در صفحه عرضی، مقایسه داده‌های پیش‌آزمون مشخص کرد که گروه سالم با دو گروه آزمایش ($P < 0.010$) و کنترل ($P < 0.012$) به‌صورت معنی‌داری دارای تفاوت است و این

16. Step Length
17. Cadence
18. Gait Velocity

کنترل ($P < 0/004$) و آزمایش ($P < 0/000$) به صورت معنی دار تفاوت داشت. بین پس آزمون سالم با کنترل ($P < 0/006$) تفاوت ها معنی دار باقی ماند. بین پیش آزمون با پس آزمون آزمایش ($P < 0/000$) نیز تفاوت معنی دار مشاهده شد. باتوجه به معنی داری تفاوت درون گروهی ($F = 72/393$, $P < 0/000$) و بین گروهی ($F = 18/540$, $P < 0/000$) در سرعت راه رفتن با بررسی میانگین های پیش آزمون مشخص شد بین گروه سالم با دو گروه کنترل ($P < 0/000$) و آزمایش ($P < 0/000$) تفاوت های معنی داری وجود دارد.

بحث

مطالعه حاضر باهدف بررسی تأثیر تمرینات مؤسسه بازآموزی پاسچر روی کینماتیک لگن و اندام تحتانی در بیماران مبتلا به CLBP حین راه رفتن انجام شد. طبق دانش ما، این اولین مطالعه ای است که پس از یک دوره تمرینی مؤسسه بازآموزی پاسچر به مقایسه کینماتیک لگن و اندام تحتانی، همچنین پارامترهای فضایی-زمانی راه رفتن در افراد مبتلا به کمردرد مزمن می پردازد.

در بحث پارامترهای فضایی-زمانی راه رفتن مشخص شد که افراد سالم نسبت به کمردردی ها در هر دو اندام راست و چپ دارای طول قدم و نرخ قدم برداری و به تبع آن سرعت قدم برداری بالاتری هستند که با یافته های پژوهش های پیشین که مدعی شدند افراد مبتلا به کمردرد مزمن که مجاز به انتخاب سرعت پیاده روی خود هستند، به طور مداوم آهسته تر راه می روند و به تبع آن طول گام و سرعت گام برداری پایین تری دارند، مطابقت دارد [۱۸-۲۰]. در بررسی پژوهش های صورت گرفته می توان دید که آنان اذعان دارند راه رفتن آهسته تر در افراد کمردردی نشان دهنده وجود درد یا رفتار اجتنابی مرتبط با درد یا هر دو عامل یاد شده است [۱۸، ۲۱-۲۳].

همچنین یافته های این پژوهش حاکی از آن است که گروه آزمایش پس از اعمال تمرینات PRI در هر سه پارامتر یاد شده به صورت معنی داری ($P < 0/000$) در هر دو اندام راست و چپ افزایش داشته است. همچنین در بررسی اثر تعاملی نیز در هر سه پارامتر در هر دو اندام راست و چپ اثر تعاملی معنی دار ($P < 0/000$) شده است. در مقایسه تعاملی، تغییرات درون گروهی نمرات هر یک از گروه ها به صورت تفکیک شده در نظر گرفته می شود و به عبارت رساتر شیب خط تغییرات دوه دوی گروه ها با هم مقایسه می شود. معنی داری در اثر تعاملی بیان کننده این امر است که با در نظر گرفتن تغییرات نمرات در گروه ها الگوی تغییرات درون گروهی دارای تفاوت است. یعنی تمرینات PRI عامل اصلی در ایجاد تفاوت های بین گروهی در پارامترهای سرعت، نرخ و طول قدم برداری در هر دو قدم راست و چپ بوده است.

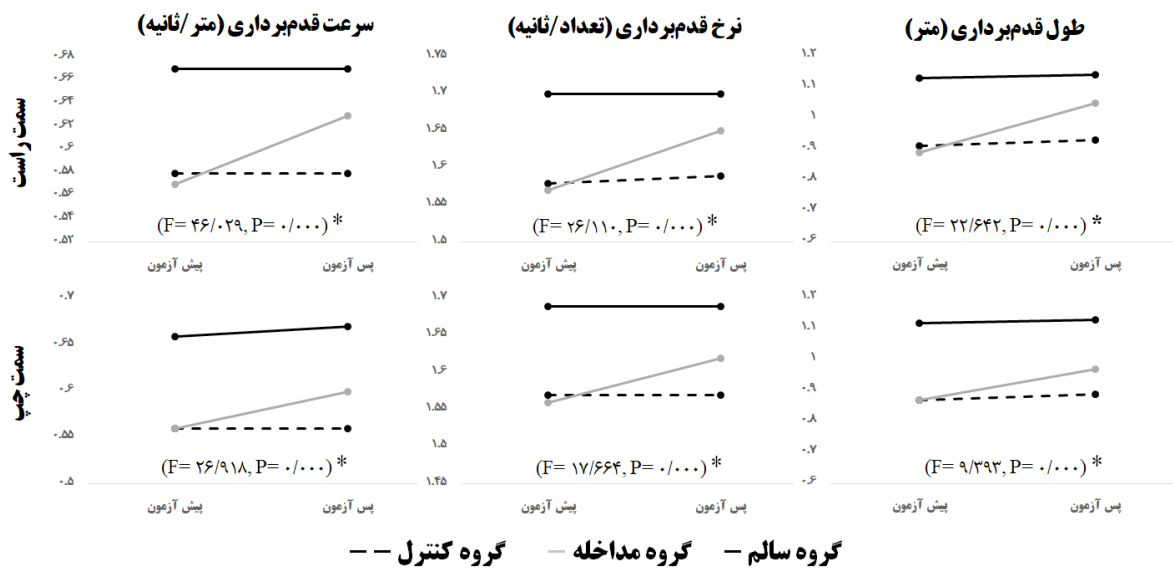
در بررسی پس آزمون میانگین ها گروه سالم با کنترل ($P < 0/000$)، گروه سالم با آزمایش ($P < 0/021$) همچنین گروه آزمایش با کنترل ($P < 0/004$) تفاوت ها معنی دار بود. در بررسی میانگین های سرعت راه رفتن در مقایسه پیش آزمون با پس آزمون مشخص شد که گروه آزمایش ($P < 0/000$) به صورت معنی داری نسبت به قبل از مداخله تمرینی راه می رود.

در بررسی پارامترهای فضایی-زمانی گام چپ، باتوجه به معنی داری تفاوت های درون گروهی ($F = 16/713$, $P < 0/000$) و بین گروهی ($F = 12/939$, $P < 0/000$) در متغیر طول قدم بین پیش آزمون سالم با کنترل ($P < 0/000$) و پیش آزمون سالم با آزمایش ($P < 0/000$) تفاوت ها معنی دار بود. در بررسی پس آزمون سالم با دو گروه کنترل ($P < 0/000$) و آزمایش ($P < 0/003$) همچنان تفاوت ها معنی دار بود. بین پیش آزمون با پس آزمون آزمایش ($P < 0/000$) نیز تفاوت های معنی داری مشاهده شد. با بررسی میانگین های نرخ قدم برداری تفاوت درون گروهی ($F = 18/429$, $P < 0/000$) و تفاوت بین گروهی ($P < 0/010$)، به دست آمد. با بررسی آزمون تعقیبی تفاوت ها بین پیش آزمون سالم با کنترل ($P < 0/005$) و پیش آزمون سالم با کنترل ($P < 0/002$) تفاوت ها معنی دار بود. بین پس آزمون سالم با کنترل ($P < 0/006$) تفاوت ها معنی دار بود. بین پیش آزمون با پس آزمون آزمایش ($P < 0/000$) نیز تفاوت های معنی دار مشاهده شد. باتوجه به معنی داری تفاوت درون گروهی ($P < 0/000$)، $F = 42/571$ و بین گروهی ($F = 21/264$, $P < 0/000$) در سرعت راه رفتن پای چپ و با بررسی داده های پیش آزمون مشخص شد که گروه سالم با کنترل ($P < 0/000$) و گروه آزمایش ($P < 0/000$) دارای تفاوت معنی داری است و در بررسی داده های پس آزمون مشخص شد که گروه سالم با کنترل ($P < 0/000$) و آزمایش ($P < 0/000$)، همچنین گروه آزمایش با کنترل ($P < 0/032$) تفاوت های معنی داری دارند. بین پیش آزمون با پس آزمون آزمایش ($P < 0/000$) نیز تفاوت ها معنی دار مشاهده شد.

در بررسی اثر تعاملی باتوجه به تصویر شماره ۳ می توان بیان کرد که در متغیرهای دامنه حرکتی لگن در صفحه عرضی ($F = 6/386$, $P < 0/004$)، مفصل ران راست در صفحه سهمی ($F = 4/198$, $P < 0/022$)، مچ پای راست در صفحه عرضی



طَبَقُوا نَبْخَشَہ



طب توانبخش

تصویر ۴. نمودارهای خطی میزان تغییرات در متغیرهای سرعت، نرخ و طول قدم برداری سمت راست و چپ در سه گروه سالم، مداخله و کنترل جهت بررسی اثر عملی

از خود نشان دادند که با یافته‌های رحیمی و همکاران که گزارش کردند مچ پا در فاز ایستایش دارای دامنه حرکتی کمتری در گروه کمردردی نسبت به گروه کنترل است، همخوانی دارد [۳۶]. تحقیقات پیشین گزارش کرده‌اند که افزایش سفتی در پلاتار فلکسورها در افراد مبتلا به CLBP وجود دارد [۴۰] که می‌تواند عاملی برای کاهش دامنه حرکتی مچ پا در صفحه سهمی باشد. از طرفی حتی اگر ضعف عضلات همسترینگ یا سفتی عضلات پلاتار فلکسوری هم در افراد کمردردی وجود نداشته باشد، این تغییر در دامنه حرکتی در افراد مبتلا به کمردرد طبق یافته‌های پیشین ممکن است ناشی از تغییر الگوی حرکتی مفاصل زانو و مچ پا در صفحه سهمی که یک راهکار جبرانی برای جلوگیری از جابه‌جایی بیش از حد مرکز ثقل و به تبع آن کاهش بار مکانیکی در ناحیه کمری است، باشد [۳۹، ۴۱].

با مقایسه پیشینه و یافته‌های پژوهش حاضر اختلافاتی در مورد حرکات مفاصل و الگوی حرکتی آن یافت می‌شود که تا حدی بحث‌برانگیز است. محققان بر این باورند که ساختار و عملکرد غیرطبیعی مغز از قبیل شکل‌پذیری ناسازگار مغز در نواحی مرتبط با کنترل حرکتی در افراد مبتلا به CLBP دیده شده است [۴۲-۴۵] و این می‌تواند یکی از علت‌های وجود اختلاف در یافته‌های پژوهش‌ها در مورد حرکات متفاوت در مفاصل باشد. در قوت بخشیدن به این ادعا می‌توان گفت که در پژوهش‌هایی یافت شده است که در افراد مبتلا به CLBP، تغییراتی در کنترل حرکتی ناحیه کمر وجود دارد که می‌تواند با اختلالات کنترل حرکتی در لگن و اندام تحتانی همراه باشد [۴۶]. دلیل دیگر وجود اختلافات بین یافته‌ها می‌تواند ناشی از این باشد که اکثر افراد به دلیل عدم

برخی از مطالعات گزارش کرده‌اند که افراد مبتلا به CLBP هیچ تفاوتی در حرکتی لگن حین راه رفتن نشان نمی‌دهند [۱۵]. برخی‌ها ادعا می‌کنند که چرخش لگن کمتری در صفحه افقی در گروه کمردردی نسبت به افراد سالم وجود دارد [۲۴، ۲۲، ۱۸]، در حالی که دیگران درجه بیشتری از چرخش لگن را در این صفحه گزارش کرده‌اند [۲۵]. در پژوهش حاضر در دامنه حرکتی لگن در صفحه سهمی و عرضی تفاوت بین گروه سالم و دو گروه کنترل و آزمایش به صورت معنی‌داری بود. یافته‌های ما نشان می‌دهد که دو گروه کنترل و آزمایش، در مفصل ران در صفحه افقی دارای دامنه حرکتی کمتری نسبت به افراد سالم هستند. این یافته با تحقیقات قبلی که نشان‌دهنده محدودیت در دامنه حرکتی ران سمت غالب در صفحه افقی است، به گونه‌ای که در ابتدای فاز ایستایش ران چرخش خارجی کمتر در انتهای فاز ایستایش چرخشی داخلی کمتر را تجربه می‌کند، همخوانی دارد [۳۶]. مارشال و همکاران و کوپر و همکاران گزارش کردند که افراد مبتلا به CLBP از ضعف عضلات گلوئثال و چرخاننده‌های لگن رنج می‌برند که این می‌تواند به نحوی توضیحی برای یافته‌های پژوهش حاضر مبنی بر دامنه حرکتی کمتر مفصل ران در صفحه افقی در افراد کمردردی باشد [۳۸، ۳۷].

از نظر مفصل زانو در صفحه سهمی، دامنه حرکتی زانوی چپ در گروه کنترل و زانوی چپ و راست در گروه آزمایش نسبت به گروه سالم کمتر بود. این تفاوت ممکن است طبق یافته‌های مارشال و همکاران به دلیل ضعف در عضلات همسترینگ باشد [۳۹]. مچ پا در هر دو اندام چپ و راست در صفحه سهمی در دو گروه کنترل و آزمایش نسبت به گروه سالم دامنه حرکتی کمتری

تشکر و قدردانی

از تمامی عزیزانی که در انجام این پژوهش و بیمارانی که ۸ هفته تمرین را با کمال رضایت انجام دادند تشکر و سپاسگزاری می‌شود.

تقارن فیزیولوژیکی، الگوهای حرکتی و وضعیتی غالب دارند [۳۲]، [۴۷] که معمولاً انتظار می‌رود تغییراتی در الگوهای حرکتی و فعال شدن عضلات تنه، لگن و اندام تحتانی ایجاد کند. به‌طور مثال مطالعات پیشین نشان می‌دهد افراد مبتلا به CLBP حرکات نامتقارن بیشتری در تنه و اندام‌ها و همچنین پارامترهای فضایی-زمانی نابرابری در مقایسه با افراد سالم در طول راه رفتن نشان می‌دهند [۴۸-۵۰].

برخی محدودیت‌های بالقوه در این مطالعه وجود دارد. از جمله اینکه، ممکن است متغیرهایی مانند افسردگی، اضطراب و مشغله‌های کاری در نتایج تأثیرگذار بوده باشد که از کنترل محققین خارج بود. مورد دیگر اینکه، برنامه توانبخشی جامعی در مدت ۸ هفته اعمال برنامه تمرینات در گروه آزمایش برای گروه کنترل وجود نداشت که به کار گرفته شود.

نتیجه‌گیری

تمرینات بازآموزی پاسچر باعث بهبود در متغیرهای فضایی-زمانی گروه آزمایش و بهبود دامنه حرکتی مفاصل حین راه رفتن در مقایسه با گروه کنترل شد. با وجود اینکه در بررسی داده‌های پس‌آزمون گروه آزمایش با گروه سالم همچنان اختلافات معنی‌داری مشاهده شد، اما امیدواریم این افراد با ادامه روند درمانی و تمرینی بتوانند به سمت میانگین نرمال جامعه در متغیرهای کینماتیکی نزدیک‌تر شوند.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در اجرای پژوهش ملاحظات اخلاقی مطابق با دستورالعمل کمیته اخلاق دانشگاه خوارزمی رعایت شد و کد اخلاق به شماره (IR.KHU.REC.1399.024) از این مرکز دریافت و کد کارآزمایی بالینی به شماره (IRCT20211127053189N1) از مرکز ثبت کارآزمایی بالینی ایران دریافت شده است.

حامی مالی

این مقاله برگرفته از رساله دکتری تخصصی آقای علی سلیمی گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه خوارزمی تهران می‌باشد.

مشارکت‌نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده‌سازی این مقاله مشارکت یکسان داشتند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

References

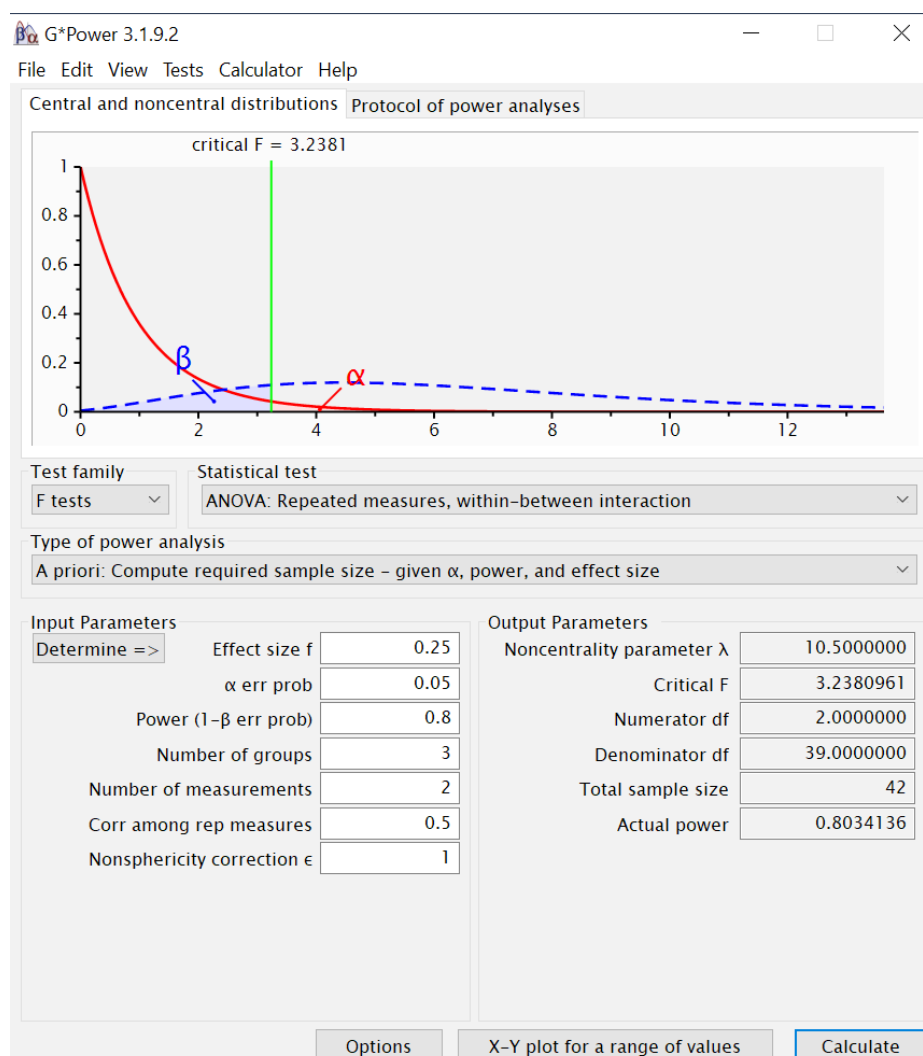
- [1] Chou R, Fanciullo GJ, Fine PG, Adler JA, Ballantyne JC, Davies P, et al. Clinical guidelines for the use of chronic opioid therapy in chronic noncancer pain. *The Journal of Pain*. 2009; 10(2):113-30. [DOI:10.1016/j.jpain.2008.10.008] [PMID]
- [2] Bogduk N. *Clinical anatomy of the lumbar spine and sacrum*. London: Elsevier/Churchill Livingstone; 2005. [Link]
- [3] Alleyne J, Hall H, Rampersaud R. Clinically Organized Relevant Exam (CORE) tool for the low back pain toolkit for primary care providers. Centre for Effective Practice. Ontario: Funded by the Government of Ontario; 2013. [Link]
- [4] DePalma MJ, Ketchum JM, Saullo T. What Is the source of chronic low back pain and does age play a role? *Pain Medicine*. 2011; 12(2):224-33. [DOI:10.1111/j.1526-4637.2010.01045.x] [PMID]
- [5] Schwarzer AC, Aprill CN, Derby R, Fortin J, Kine G, Bogduk N. The prevalence and clinical features of internal disc disruption in patients with chronic low back pain. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1995; 20(17):1878-83. [DOI:10.1097/00007632-199509000-00007] [PMID]
- [6] Manchikanti L, Singh V, Pampati V, Damron KS, Barnhill RC, Beyer C, et al. Evaluation of the relative contributions of various structures in chronic low back pain. *Pain Physician*. 2001; 4(4):308-16. [PMID]
- [7] National Research Council. Panel on Musculoskeletal Disorders and the Workplace, Institute of Medicine (US): Musculoskeletal disorders and the workplace: Low back and upper extremities. Washington, DC: National Academy Press; 2001. [Link]
- [8] Hodges P, van den Hoorn W, Dawson A, Cholewicki J. Changes in the mechanical properties of the trunk in low back pain may be associated with recurrence. *Journal of Biomechanics*. 2009; 42(1):61-6. [DOI:10.1016/j.jbiomech.2008.10.001] [PMID]
- [9] Dubois JD, Piché M, Cantin V, Descarreaux M. Effect of experimental low back pain on neuromuscular control of the trunk in healthy volunteers and patients with chronic low back pain. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2011; 21(5):774-81. [DOI:10.1016/j.jelekin.2011.05.004] [PMID]
- [10] Silfies SP, Bhattacharya A, Biely S, Smith SS, Giszter S. Trunk control during standing reach: A dynamical system analysis of movement strategies in patients with mechanical low back pain. *Gait & Posture*. 2009; 29(3):370-6. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2008.10.053] [PMID]
- [11] Wallwork TL, Stanton WR, Freke M, Hides JA. The effect of chronic low back pain on size and contraction of the lumbar multifidus muscle. *Manual Therapy*. 2009; 14(5):496-500. [DOI:10.1016/j.math.2008.09.006] [PMID]
- [12] Sung PS, Park H. Gender differences in ground reaction force following perturbations in subjects with low back pain. *Gait & Posture*. 2009; 29(2):290-5. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2008.09.012] [PMID]
- [13] McGregor AH, Hukins DWL. Lower limb involvement in spinal function and low back pain. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2009; 22(4):219-22. [DOI:10.3233/BMR-2009-0239] [PMID]
- [14] Roffey DM, Wai EK, Bishop P, Kwon BK, Dagenais S. Causal assessment of occupational standing or walking and low back pain: Results of a systematic review. *The Spine Journal*. 2010; 10(3):262-72. [DOI:10.1016/j.spinee.2009.12.023] [PMID]
- [15] Vogt L, Pfeifer K, Portscher And M, Banzer W. Influences of nonspecific low back pain on three-dimensional lumbar spine kinematics in locomotion. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001; 26(17):1910-9. [DOI:10.1097/00007632-200109010-00019] [PMID]
- [16] Lamothe CJ, Meijer OG, Daffertshofer A, Wuisman PI, Beek PJ. Effects of chronic low back pain on trunk coordination and back muscle activity during walking: Changes in motor control. *European Spine Journal*. 2006; 15(1):23-40. [DOI:10.1007/s00586-004-0825-y] [PMID]
- [17] van den Hoorn W, Bruijn SM, Meijer OG, Hodges PW, van Dieën JH. Mechanical coupling between transverse plane pelvis and thorax rotations during gait is higher in people with low back pain. *Journal of Biomechanics*. 2012; 45(2):342-7. [DOI:10.1016/j.jbiomech.2011.10.024] [PMID]
- [18] Müller R, Ertelt T, Blickhan R. Low back pain affects trunk as well as lower limb movements during walking and running. *Journal of Biomechanics*. 2015; 48(6):1009-14. [DOI:10.1016/j.jbiomech.2015.01.042] [PMID]
- [19] Crosbie J, de Faria Negrão Filho R, Nascimento DP, Ferreira P. Coordination of spinal motion in the transverse and frontal planes during walking in people with and without recurrent low back pain. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013; 38(5):E286-92. [DOI:10.1097/BRS.0b013e318281de28] [PMID]
- [20] Lamothe CJ, Stins JF, Pont M, Kerckhoff F, Beek PJ. Effects of attention on the control of locomotion in individuals with chronic low back pain. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*. 2008; 5:13. [DOI:10.1186/1743-0003-5-13] [PMID]
- [21] van der Hulst M, Vollenbroek-Hutten MM, Rietman JS, Hermens HJ. Lumbar and abdominal muscle activity during walking in subjects with chronic low back pain: Support of the "guarding" hypothesis? *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2010; 20(1):31-8. [DOI:10.1016/j.jelekin.2009.03.009] [PMID]
- [22] Lamothe CJ, Meijer OG, Wuisman PI, van Dieën JH, Levin MF, Beek PJ. Pelvis-thorax coordination in the transverse plane during walking in persons with nonspecific low back pain. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2002; 27(4):92-9. [DOI:10.1097/00007632-200202150-00016] [PMID]
- [23] Keefe FJ, Hill RW. An objective approach to quantifying pain behavior and gait patterns in low back pain patients. *Pain*. 1985; 21(2):153-61. [DOI:10.1016/0304-3959(85)90285-4] [PMID]
- [24] Seay JF, Van Emmerik RE, Hamill J. Influence of low back pain status on pelvis-trunk coordination during walking and running. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2011; 36(16):E1070-9. [DOI:10.1097/BRS.0b013e3182015f7c] [PMID]
- [25] Kuai S, Zhou W, Liao Z, Ji R, Guo D, Zhang R, et al. Influences of lumbar disc herniation on the kinematics in multi-segmental spine, pelvis, and lower extremities during five activities of daily living. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2017; 18(1):216. [DOI:10.1186/s12891-017-1572-7] [PMID]

- [26] Vogt L, Pfeifer K, Banzer W. Neuromuscular control of walking with chronic low-back pain. *Manual Therapy*. 2003; 8(1):21-8. [DOI:10.1054/math.2002.0476] [PMID]
- [27] Spence H. Case study report: Postural restoration: An effective physical therapy approach to patient treatment. *Techniques in Regional Anesthesia and Pain Management*. 2008; 12(2):102-4. [DOI:10.1053/j.trap.2008.01.003]
- [28] Boyle KL, Demske JR. Management of a female with chronic sciatica and low back pain: A case report. *Physiotherapy Theory and Practice*. 2009; 25(1):44-54. [DOI:10.1080/09593980802622677] [PMID]
- [29] Boyle KL. Managing a female patient with left low back pain and sacroiliac joint pain with therapeutic exercise: A case report. *Physiotherapy Canada. Physiotherapie Canada*. 2011; 63(2):154-63. [DOI:10.3138/ptc.2009-37] [PMID]
- [30] Tenney HR, Boyle KL, Debord A. Influence of hamstring and abdominal muscle activation on a positive Ober's test in people with lumbopelvic pain. *Physiotherapy Canada. Physiotherapie Canada*. 2013; 65(1):4-11. [DOI:10.3138/ptc.2011-33] [PMID]
- [31] Robey JH, Boyle K. The role of prism glass and postural restoration in managing a collegiate baseball player with bilateral sacroiliac joint dysfunction: A case report. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2013; 8(5):716-28. [PMID]
- [32] Henning S, Mangino LC, Massé J. Postural Restoration: A Tri-Planar Asymmetrical Framework for Understanding, Assessing, and Treating Scoliosis and Other Spinal Dysfunctions. In: Bettany-Saltikov J, Schreiber S, editors. *Innovations in spinal deformities and postural disorders*. London: IntechOpen; 2017. [DOI:10.5772/intechopen.69037]
- [33] Shi H, Huang H, Yu Y, Liang Z, Zhang S, Yu B, et al. Effect of dual task on gait asymmetry in patients after anterior cruciate ligament reconstruction. *Scientific Reports*. 2018; 8(1):12057. [DOI:10.1038/s41598-018-30459-w] [PMID]
- [34] Millar LJ, Meng L, Rowe PJ. Routine clinical motion analysis: Comparison of a bespoke real-time protocol to current clinical methods. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*. 2019; 22(2):149-58. [DOI:10.1080/10255842.2018.1541089] [PMID]
- [35] Robertson DG, Caldwell GE, Hamill J, Kamen G, Whittlesey S. *Research methods in biomechanics*. Human kinetics; 2013. [Link]
- [36] Rahimi A, Arab AM, Nourbakhsh MR, Hosseini SM, Forghany S. Lower limb kinematics in individuals with chronic low back pain during walking. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2020; 51:102404. [DOI:10.1016/j.jelekin.2020.102404] [PMID]
- [37] Cooper NA, Scavo KM, Strickland KJ, Tipayamongkol N, Nicholson JD, Bewyer DC, et al. Prevalence of gluteus medius weakness in people with chronic low back pain compared to healthy controls. *European Spine Journal*. 2016; 25(4):1258-65. [DOI:10.1007/s00586-015-4027-6] [PMID]
- [38] Marshall PW, Patel H, Callaghan JP. Gluteus medius strength, endurance, and co-activation in the development of low back pain during prolonged standing. *Human Movement Science*. 2011; 30(1):63-73. [DOI:10.1016/j.humov.2010.08.017] [PMID]
- [39] Marshall PW, Mannion J, Murphy BA. The eccentric, concentric strength relationship of the hamstring muscles in chronic low back pain. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2010; 20(1):39-45. [DOI:10.1016/j.jelekin.2009.04.005] [PMID]
- [40] Vadivelan K, Poyyamozi JS, Dinesh Kumar G, Rajan Rushender C. Comparison of active calf muscle stretching versus ankle mobilisation on low back pain and lumbar flexibility in pronated foot subjects. *International Journal of Community Medicine and Public Health*. 2017; 4(6):1870-5. [DOI:10.18203/2394-6040.ijcmph20172020]
- [41] Zahraee MH, Karimi MT, Mostamand J, Fatoye F. Analysis of asymmetry of the forces applied on the lower limb in subjects with nonspecific chronic low back pain. *BioMed Research International*. 2014; 2014:289491. [DOI:10.1155/2014/289491] [PMID]
- [42] Flor H, Braun C, Elbert T, Birbaumer N. Extensive reorganization of primary somatosensory cortex in chronic back pain patients. *Neuroscience Letters*. 1997; 224(1):5-8. [DOI:10.1016/S0304-3940(97)13441-3] [PMID]
- [43] Tsao H, Galea MP, Hodges PW. Reorganization of the motor cortex is associated with postural control deficits in recurrent low back pain. *Brain*. 2008; 131(8):2161-71. [DOI:10.1093/brain/awn154] [PMID]
- [44] Tsao H, Danneels LA, Hodges PW. ISSLS prize winner: Smudging the motor brain in young adults with recurrent low back pain. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2011; 36(21):1721-7. [DOI:10.1097/BRS.0b013e31821c4267] [PMID]
- [45] Massé-Alarie H, Flamand VH, Moffet H, Schneider C. Corticomotor control of deep abdominal muscles in chronic low back pain and anticipatory postural adjustments. *Experimental Brain Research*. 2012; 218(1):99-109. [DOI:10.1007/s00221-012-3008-9] [PMID]
- [46] Leung FT, Mendis MD, Stanton WR, Hides JA. The relationship between the piriformis muscle, low back pain, lower limb injuries and motor control training among elite football players. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2015; 18(4):407-11. [DOI:10.1016/j.jsams.2014.06.011] [PMID]
- [47] Sadeghi H, Allard P, Prince F, Labelle H. Symmetry and limb dominance in able-bodied gait: A review. *Gait & Posture*. 2000; 12(1):34-45. [DOI:10.1016/S0966-6362(00)00070-9] [PMID]
- [48] Van Dillen LR, Gombatto SP, Collins DR, Engsberg JR, Sahrmann SA. Symmetry of timing of hip and lumbopelvic rotation motion in 2 different subgroups of people with low back pain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2007; 88(3):351-60. [DOI:10.1016/j.apmr.2006.12.021] [PMID]
- [49] Al-Eisa E, Egan D, Deluzio K, Wassersug R. Effects of pelvic asymmetry and low back pain on trunk kinematics during sitting: A comparison with standing. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006; 31(5):E135-43. [DOI:10.1097/01.brs.0000201325.89493.5f] [PMID]
- [50] Al-Eisa E, Egan D, Wassersug R. Fluctuating asymmetry and low back pain. *Evolution and Human Behavior*. 2004; 25(1):31-7. [DOI:10.1016/S1090-5138(03)00081-3]

پیوست ۱. چهار سندروم شناسایی شده توسط ابزار آلاین و همکاران

سندروم	محل درد	ثبات درد	بهبود شدن درد	بدتر شدن درد	یافته‌های عصبی	منشا درد
۱	پشت، کفل، اطراف هیپ	ثابت یا متناوب	۱. بهبود درد در اکستنشن ۲. عدم بهبود در تمام جهات حرکت	فلکشن	عادی	درد دیسکوژنیک
۲	پشت غالب	متناوب	۱. بهبود در فلکشن ۲. عدم تغییر در فلکشن	اکستنشن	عادی	درد عناصر خلفی اسپاینال
۳	پا غالب	ثابت	بهبود با بی تحرکی و استراحت ریکامینت	در تمامی حرکات تنه معمولاً در فلکشن بیشتر است	مثبت بودن آزمون سوزش عصب یا از دست دادن هدایت عصبی	سیاتیک یا سوزش لحظه‌ای ریشه عصب فمورال
۴	پا غالب	متناوب	رهایی از درد توسط استراحت در فلکشن (حال نشسته)	فعالیت در اکستنشن (راه رفتن)	امکان مثبت بودن آزمون هدایت عصبی نه آزمون سوزش عصب	لنگش عصبی (اغلب به اشتباه تنگی کانال نخاعی نامیده می‌شود).

پیوست ۲. محاسبه حجم نمونه توسط نرم‌افزار جی پاور



پیوست ۳. برنامه تمرینی مؤسسه بازآموزی پاسچر

گرم کردن	تمرین	ست	تکرار	زمان	استراحت	توضیحات
	left Sidelying Trunk Lift	۱	۱-۲	۳۰ ثانیه	۰	
	Right SLR Crossover	۱	۱-۲	۳۰ ثانیه	۰	
تمرینات	ست	تکرار	آهنگ	استراحت	توضیحات	
90-90 Hip Lift with Hemibridge	۱-۳	۱۲-۲۰	آهسته			
Left Sidelying Left Flexed Adduction with Right Extended Abduction and Left Abdominal Co-activation	۱-۳	۱۲-۲۰	آهسته			
Left Sidelying Right Glute Max	۱-۳	۱۲-۲۰	آهسته			
Right Sidelying Left Adductor Pullback	۱-۳	۱۲-۲۰	آهسته			
تمرینات	ست	تکرار	آهنگ	استراحت	توضیحات	
Standing Right Glute Max with Resisted Left Proximal Hamstring and Left Knee Flexion	۱-۲	۱۰-۱۵	آهسته			
Left Retro Stairs	۱-۲	۱۰-۱۵	آهسته			
Resisted Trunk Around with Left AF IR and Right Trunk Rotation	۱-۲	۱۰-۱۵	آهسته			
سرد کردن	ست	تکرار	زمان	استراحت	توضیحات	
Paraspinal Release with Left Hamstring	۱	۱-۲	۳۰ ثانیه	۰	نگه داشتن کشش به مدت ۳۰ ثانیه	
PRI Wall Squat with Balloon	۱	۱-۲	۳۰ ثانیه	۰		