The Effect of Eight Weeks of Aquatic Walking Training on Kinematics and Hip-Trunk Coordination during Walking in People with Chronic Back Pain

Mohammadi Momen M[1], Alizadeh MH[2], Hashemi Javaheri AA[3], Farjad Pezeshk A[4]

1- PhD in Sports Injuries and Corrective Exercises, Kish International Campus of Tehran University, Tehran, Iran
2- Professor, Department of Sports Injuries and Corrective Exercises, University of Tehran, Tehran, Iran
3- Associate Professor, Department of Sports Injuries and Corrective Exercises, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
4- Assistant Professor, Department of Sports Sciences, Birjand University, Birjand, Iran

Received: 2023.09.16 Accepted: 2023.06.28

Abstract

Purpose: Low Back pain is one of the most common disorders that affect people's functional ability in daily life and workplace activities, as well as their general health and quality of life This study aims to investigate the effect of eight weeks of water walking training on kinematics and trunk-pelvic coordination during walking in people with chronic back pain**.**

Methods*:* In this semi-experimental with pre-post test research design, 50 subjects with chronic back pain were divided into two control (25 subjects) and experimental groups (25 subjects) based on their weight and VAS pain index, so there are no any significant differences between weight and pain. The Mean±SD of height, weight and age in the control group were 170.62±6.8, 81±6.63 and 44.74±5.92, and in the experimental group were 167.16±7.62, 78.32±8.01 and 43.66±5.32 respectively. Noraxon IMU system was used to measure the pelvis and trunk kinematic variables during walking. After that, the angular information of the pelvis and trunk was extracted and after processing the range of motion variables, coordination with continuous relative phase index and variability of coordination were calculated. After the pre-test, the subjects were exposed to eight weeks of water walking training with a frequency of three days a week, and after the training, the pelvic trunk kinematic test was taken**.** The control group continued their daily activities after the pre-test. For statistical analysis, the repeated measure ANOVA was used for comparison ($P \leq 0.05$)**.**

Results: The results of this study showed that training in water within and between groups reduces the range of motion of the trunk (p=0.001). On the other hand, the results of this study showed that training in water increases the coordination between the trunk and pelvis, which indicates greater coordination between the trunk and pelvis during walking (p=0.001). Also, the results showed that the variability of coordination after training in water decreases significantly within and between groups (p=0.001)**.**

Conclusion: The results of this study showed that performing six weeks of water walking training at different speeds due to the features of water training such as buoyancy and flow resistance reduces the range of motion of the trunk, and this decrease in range of motion balances the movement of the trunk concerning the pelvis, and the coordination between these two segments is increased. On the other hand, the results of this study pointed to the greater stability of walking of patients with back pain after performing the exercise, which indicates that the walking pattern in high repetitions is closer to normal walking**.**

Keywords: Aquatic Training, Gait, Thorax-Pelvic Coordination, Kinematic

تأثیر هشت هفته تمرین راه رفتن بر روی تردمیل در آب بر کینماتیک و هماهنگی لگن- تنه حین راه رفتن در افراد مبتلا به کمردرد مزمن غیراختصاصی

محسن محمدی مؤمن[۱]، محمد حسین علیزاده[۲]، علی اکبر هاشمی جواهری[۳]، عباس فرجاد پزشک[۴]

► **Please cite this article as:**
Mohammadi Momen M, Alizadeh MH, Hashemi Javaheri AA, Farjad Pezeshk A. The Effect of Eight Weeks of Aquatic Walking Training on Kinematics and Hip-Trunk Coordination during Walking in People with Chronic Back Pain. **JPSR** 2023; 12(3): 81-91. **DOI:** 10.22038/JPSR.2023.74924.2548

هدف: کمردرد یکی از شایع ترین اختلالاتی است که توانایی عملکردی افراد را در فعالیت های روزمره زندگی و محل کار و همچنین سلامت عمومی و کیفیت زندگی آن ها را تحت تأثیر قرار می دهد. هدف این مطالعه بررسی تأثیر هشت هفته تمرین راه رفتن در آب روی کینماتیک و هماهنگی لگن تنه حین راه رفتن در افراد مبتلا به کمردرد مزمن است.

روش بررسی: در این مطالعه نیمه تجربی با طرح تحقیق پیش آزمون- پس آزمون، ۵۰ آزمودنی مرد دارای کمردرد مزمن با توجه به وزن و شاخص سنجش درد (Visual Analog Scale; VAS) در دو گروه کنترل (۲۵ نفر) و تجربی (۲۵ نفر) تقسیم بندی شدند به طوری که تفاوت معناداری بین وزن و درد دوگروه وجود نداشته باشد. آزمودنی های گروه کنترل دارای میانگین ± انحراف معیار قد ۶/۸±۱۷۰/۶۲، وزن ۶/۶۳± ۸۱ و سن ۵/۹۲± ۴۴/۷۵ و آزمودنی های گروه تمرین دارای میانگین ± انحراف معیار قد ۷/۶۲±۱۶۷/۱۶، وزن۸/۰۱± ۷۸/۳۳ و سن ۵/۳۲± ۴۳/۶۶ بودند. برای اندازه گیری متغیرهای کینماتیکی لگن و تنه حین راه رفتن از سیستم موشن کپچر سه بعدی نوراکسون (Inertial measurement unit Noraxon) استفاده شد. اطلاعات زاویه ای مفصل لگن و تنه استخراج و پس از پردازش متغیرهای دامنه حرکتی، هماهنگی با شاخص فاز نسبی پیوسته و تغییرپذیری هماهنگی مورد محاسبه قرار گرفتند. سپس آزمودنی ها هشت هفته تمرین راه رفتن در آب را سه روز در هفته (جلسه ای ۳۰دقیقه) اجرا کردند. برای آنالیز آماری از آزمون آنالیز واریانس با اندازه گیری مکرر استفاده شد ($p\leq ۰/۰۵$).

یافته ها: تمرین در آب به صورت درون و بین گروهی موجب کاهش دامنه حرکتی تنه شد ($p=۰/۰۰۱$). تمرین در آب شاخص فاز نسبی پیوسته (هماهنگی) بین تنه و لگن را افزایش داد که نشان از هماهنگی بیشتر بین تنه و لگن حین راه رفتن است ($p=۰/۰۰۱$). میزان تغییرپذیری هماهنگی به دنبال تمرین در آب به صورت درون و بین گروهی به طور معنی داری کاهش یافت ($p=۰/۰۰۱$).

نتیجه گیری: براساس یافته های این مطالعه به نظر می رسد انجام هشت هفته تمرین راه رفتن در آب با سرعت های مختلف به دلیل ویژگی های تمرین در آب نظیر شناوری و مقاومت جریان می تواند هماهنگی لگن و تنه در راه رفتن را افزایش دهد که این بهبود هماهنگی به کاهش دامنه حرکتی تنه مربوط می شود. از سویی نتایج این مطالعه به ثبات در هماهنگی بیشتر راه رفتن بیماران مبتلا به کمردرد پس از اجرای تمرین اشاره داشتند که نشان دهنده نزدیک شدن الگوی راه رفتن در تکرارهای زیاد به راه رفتن عادی است.

کلمات کلیدی : تمرین راه رفتن در آب، راه رفتن، هماهنگی تنه-لگن، تغییرپذیری در هماهنگی

نویسنده مسئول: محسن محمدی مومن، Momenphd@gmail.com، ORCID: 0009-0001-5571-4639

آدرس: تهران، دانشگاه تهران، پردیس بین المللی کیش، گروه آسیب شناسی و رزشی و حرکات اصلاحی

۱- دکتری تخصصی آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، پردیس بین المللی کیش دانشگاه تهران، تهران، ایران

۲- استاد گروه آسیب شناسی و حرکات اصلاحی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳- دانشیارگروه آسیب شناسی و حرکات اصلاحی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۴- استادیار گروه علوم ورزشی دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

مقدمه

کمردرد یکی از علل اصلی کاهش کیفیت زندگی است (۱). محققان دریافتند که نقص عملکرد و ضعف عضلات شکم و ستون فقرات کمری با کمردرد در ارتباط است (۱). کمردرد با کاهش دامنه حرکتی مهره های کمری در تمام جهات و همچنین با کاهش محدوده فلکشن (Flextion) لگن در هنگام خم کردن تنه به جلو ارتباط دارد (۲). همچنین در افراد دارای کمردرد هماهنگی حرکت مهره ها و لگن آن ها نسبت به افراد سالم کمتر است (۳). کمردرد مزمن غیر اختصاصی به عنوان کمردرد مداوم حداقل ۱۲ هفته بدون هیچ دلیل خاصی تعریف می شود که ۹۰ درصد از کمردرد مزمن را تشکیل می دهد و با افسردگی، خستگی، اختلالات خواب و استرس همراه است (۴).

یکی از جنبه هایی که کمردرد روی آن اثر می گذارد راه رفتن است (۵). از مهمترین تغییراتی که به دنبال کمردرد در راه رفتن افراد رخ می دهد کاهش سرعت راه رفتن است (۵). چنین به نظر می رسد که راه رفتن آهسته ناشی از درد یا ترس از رفتارهایی است که درد را به دنبال داشته باشند و از این رو راه رفتن را به گونه ای تنظیم می کنند که با کمترین فشار روی ستون مهره ها همراه باشد (۶). به

نظر می رسد که افراد دارای کمردرد هنگام راه رفتن فعالیت عضلات صاف کننده مهره های کمر خود را افزایش می دهند و این افزایش فعالیت به عنوان گارد یا محافظی برای محافظت از مهره های کمر در افراد دارای کمردرد استفاده می شود (۷). همچنین یکی از فرضیاتی که می تواند دلیل آهسته و کنترل شده تر راه رفتن افراد مبتلا به کمردرد باشد این است که راه رفتن آهسته تر کمک می کند حرکت کنترل شده تر باشد و کنترل حرکتی فرد حین راه رفتن بهتر صورت گیرد (۶). در هر حال افراد دارای کمردرد دامنه حرکتی طبیعی حین راه رفتن دارند (۵) و به نظر می رسد بعد از حدود ۱۰ دقیقه پیاده روی درد کاهش پیدا کند (۸). کمردرد می تواند موجب تغییر در الگوی حرکتی تکالیف مختلف شود (۹). در مطالعات گذشته این طور نشان داده شده که کمردرد موجب تغییر در الگوی هماهنگی تنه حین راه رفتن می شود (۱۰). همچنین کنترل عضلانی شامل تغییر در محتوی فرکانس عضلات و همچنین اختلال در زمان بندی فعالیت عضلانی دستخوش تغییر می شود (۶). از این رو به نظر می رسد این تغییرات در پی کاهش سرعت راه رفتن به دنبال احساس نیاز برای کنترل حرکتی بیشتر باشد.

بیماران مبتلا به کمردرد چرخش های تنه بیشتری نسبت به افراد سالم دارند که این عامل یکی از دلائل اختلال در هماهنگی لگن-تنه حین راه رفتن به شمار می رود (۶). هماهنگی یکی از شاخص های کنترل حرکتی است که نشان می دهد دو مفصل یا دو سگمنت در چه ریتم هم فاز یا غیر هم فازی با هم حرکت می کنند، به عبارت ساده تر نشان می دهد حرکت دو سگمنت یا مفصل طی تکلیفی مثل راه رفتن چقدر با هم هماهنگ است و این هماهنگی در جهت مشابه است یا خلاف هم. لگن طی راه رفتن نقش مهمی در انتقال به جلو برعهده دارد و چرخش لگن موجب پیشروی سمت نوسان می شود (۱۱). از سویی تکانه زاویه ای لگن طی راه رفتن باید به وسیله چرخش در جهت خلاف تنه کنترل شود (۱۱). از این رو حرکت لگن و تنه حین راه رفتن هماهنگ و غیر هم فاز است. طی راه رفتن طبیعی هماهنگی تنه-لگن (Thorax-Pelvic Coordination) با افزایش سرعت از هماهنگی هم فاز به غیر هم فاز تغییر می کند (۵). در مطالعه Lamoth و همکاران (۵) نشان داده شد تغییرپذیری در هماهنگی بین کمر و لگن و لگن و تنه کمتر از افراد نرمال است که نشان دهنده سفتی مجموعه تنه در حین حرکت است.

بر خلاف تردمیل که فشار زیادی برروی مفاصل بدن حین راه رفتن ایجاد می کند تمرین در آب به عنوان یک برنامه درمانی برای افراد طراحی شده است تا عملکرد عصبی-عضلانی و اسکلتی-عضلانی را بهبود بخشد (۱۲). این تمرینات توسط پرسنل واجد شرایط در یک استخر انجام و نظارت می شوند (۱۲). تمرین در آب به دلیل اثرات مفید بر بدن شامل گرم کردن، ریلکس کردن عضله، تسکین درد، درمان سفتی مفاصل، آرامش روانی و گرم کردن برای ورزش مورد استفاده قرار می گیرد (۱۳). ویژگی های منحصر به فرد و حمایت کننده آب (شناوری، مقاومت، جریان) این امکان را برای بیماران فراهم می کند تا حرکاتی که به طور معمول بر روی زمین دشوار یا غیر ممکن است و همچنین ورزش های استقامتی و قدرتی را انجام دهند (۱۳). تمرینات مبتنی برآب نسبت به تمرینات زمینی فشار کمتری بر مفاصل وارد می کند و حمایت، کمک و مقاومت را فراهم می کند (۱۲). ویژگی های آب مانند فشار هیدرواستاتیک (Hydrostatic) ، شناوری و ویسکوزیته (Viscosity) باعث افزایش دامنه حرکت، قدرت و استقامت عضلانی، کاهش درد و کاهش تنش و آسیب عضلانی می شود (۱۲). Pires و همکاران (۱۴) اثربخشی ترکیبی از ۱۲ جلسه ورزش درآب و آموزش نوروفیزیولوژی درد در ۵۵ بیمار کمردرد را بررسی کردند. یافته ها یک اثر متقابل قابل توجه شرایط درمانی را برشدت درد نشان دادند. در همین راستا، یلفانی و همکاران (۱۵) تاثیر۶ هفته ورزش درآب را بردرد، ناتوانی و عملکرد عضلات تنه وکمربند لگنی ۲۴ زن مبتلا به کمردرد مزمن را ارزیابی کردند. نتایج بهبود قابل توجهی را در درد، ناتوانی و عملکرد عضلات تنه نشان داد. تحقیقات قبلی همچنین نشان دادند که ورزش درآب باعث افزایش قدرت کمر در زنان میانسال مبتلا به کمردرد و بهبود کمردرد مردان مسن مبتلا به کمردرد پس از ۱۲ هفته ورزش در آب شد (۱۵). Intveld و همکاران (۱۶) نشان دادند شرکت در برنامه های تمرین در آب می تواند به منظور کاهش درد بیماران مبتلا به کمردرد مفید باشد. همچنین حسین آبادی و همکاران (۱۷) نشان دادند انجام ۱۲ هفته تمرین در آب می تواند به منظور کاهش درد، راه رفتن در آب با توجه به راحتی بیشتر ناشی از کاهش بار روی مفاصل می تواند به بازگشت دامنه حرکتی طبیعی کمک کند (۱۷). از این رو به نظر می رسد

کاهش فشار اعمالی بر مفاصل مهره ها و کاهش متعاقب درد و ترس از درد هنگام راه رفتن در آب و همچنین مقاومت بیشتری که به طور فیزیولوژیکی به عضلات اعمال می کند بتواند به بازگشت الگوی طبیعی حرکت لگن و تنه حین راه رفتن کمک کند.

با توجه به وجود درد، اختلال در هماهنگی و خصوصا اختلال در تغییرپذیری هماهنگی حرکت لگن و تنه بیماران مبتلا به کمردرد و متعاقبا به هم خوردن الگوی بکارگیری عضلات ناحیه کمر و لگن در افراد مبتلا به کمر درد به نظر می رسد مزایای تقویتی و جنبش پذیری تمرین در آب در بهبود بازگشت ریتم نرمال حرکت کمر و لگن مناسب باشد. از این رو انتظار می رود تمرین در آب بتواند نقش مهمی را در کاهش درد و بهبود الگوی راه رفتن ایفا کند. از آنجایی که مطالعه ای در ارتباط با تاثیرترین در آب بر الگوی راه رفتن بیماران دارای کمردرد انجام نشده است، هدف این مطالعه بررسی تأثیر هشت هفته تمرین راه رفتن در آب بر کینماتیک (Kinematic) و هماهنگی لگن- تنه حین راه رفتن در افراد مبتلا به کمردرد مزمن می باشد.

روش بررسی

این مطالعه از نوع نیمه تجربی و مقایسه ای با طرح پیش آزمون- پس آزمون بود. جامعه آماری این مطالعه را مردان بالغ (۵۰-۳۰ سال) مبتلا به کمردرد مزمن غیر اختصاصی تشکیل می دادند که دارای این معیارها باشند: سابقه کمردرد بیش از سه ماه را داشته باشند، علائم عصبی و درد منتشر در اندام تحتانی مانند علائم سیاتیک نداشته باشند و از جراحی و درمان های خاص به منظور بهبود کمردرد استفاده نکرده باشند. همچنین نمره پرسشنامه ناتوانی رولندموریس (Roland-Morris Disability Questionnaire; RMDQ) در بیماران باید نمره ۴ یا بیشتر باشد (۱۷).

در این مطالعه از شرکت کنندگانی استفاده شد که تمرینات بدنی را به طور منظم انجام نمی دادند. ام آر آی (Magnetic Resonance Imaging; MIR) ستون فقرات کمری قبل از ورود توسط متخصصان رادیولوژی ارزیابی شد. کم آبی دیسک، برآمدگی، بیرون زدگی، اکستروژن و دژنراسیون (Extrusion and Degeneration) مواردی بودند که در این مطالعه دخیل هستند و در صورت وجود از مطالعه حذف شدند (۱۷). کلیه مراحل ارزیابی بالینی توسط پزشک متخصص انجام شد. بیماران موافقت کردندکه به مدت دو ماه از درمان های فیزیکی، به غیر از درمان های آزمایشی خودداری کنند. آن ها سابقه بیماری های روماتیسمی، عصبی و مادرزادی، اختلالات سیستم شناختی و عصبی، شکستگی یا دررفتگی کمرولگن، اختلال عملکرد مفصل ساکروایلیاک (Sacroiliac)، بدخیمی روی مهره ها و تنگی ستون فقرات کمری نداشتند. بیماران با افزایش پشت درد وناتوانی درادامه درمان از تحقیق حذف شدند (۱۷). از بین جامعه آماری با استفاده از نرم افزار جی پاور (G*Power) (برحسب توان آزمون ۰/۸) تعداد ۲۵ نفر برای گروه کنترل ۲۵ نفر برای گروه تجربی به صورت هدفمند و در دسترس انتخاب شدند. آزمودنی ها براساس وزن و درد به دو گروه متوازن تقسیم شدند به طوری که براساس یافته های آزمون تی مستقل (Independent Samples T-Test) تفاوت معناداری بین وزن و درد آزمودنی ها وجود نداشت. در گروه تجربی متغیر مستقل اعمال شد و گروه کنترل تحت نظارت به زندگی خود ادامه دادند و تنها در پیش و پس آزمون در آزمون های مطالعه شرکت کردند. پس از انتخاب نمونه آماری به منظور حصول اطمینان از رضایت افراد برای شرکت در این طرح پژوهشی رضایت نامه کتبی در اختیار هر دو گروه قرار داده شد و پس از تکمیل جمع آوری شد.

قبل از شروع برنامه تمرینی آزمون پیش آزمون اجرا شد. برای اندازه گیری زاویه سگمنت ها از سنسورهای سیستم موشن کپچر سه بعدی (Inertial Measurement Unit; IMU) ساخت شرکت نوراکسون (Noraxon) آمریکا استفاده شد که اعتبار و پایایی این سیستم ها در مقایسه با سیستم آنالیز حرکتی وایکان (Vicon) به تأیید رسیده است (۱۹). برای این منظور روی هرکدام از سگمنت های لگن (بین زوائد خار خاصره ای خلفی فوقانی (Posterior Superior Iliac Spine; PSIS) و روی تنه (مهره های متناظر در راستای جناغ سینه پایین تر از آخرین مهره گردنی) سنسور قرارداده شده (۲۰) و مراحل کالیبره کردن با استفاده از نرم افزار دستگاه IMU انجام شد. همزمان با راه رفتن آزمودنی ها در راه روی ۱۰ متری اطلاعات کینماتیکی به صورت همگام شده به همراه اطلاعات زمان برخورد (فوت سویچ) ثبت شدند. اطلاعات کینماتیکی شامل زاویه مطلق صفحه هوریزنتال

(Horizontal) و مرتبط با چرخش محوری سگمنت های تنه و لگن در فرکانس ۲۰۰ ثبت شدند. اطلاعات ۱۰ گام متوالی برای تحلیل تغییرپذیری مورد نیاز است (۶).

مراحل تمرین در آب شامل سه جلسه تمرین در هفته در آب برای گروه تمرین بود. دمای آب استخر بین ۳۰-۲۷ درجه متغیر بود. پروتکل تمرین در آب شامل راه رفتن با شدت های مختلف داخل استخر بود. برای این منظور فرد تمرینات را در استخری با میانگین سطح آب در راستای بالای جناغ فرد انجام می داد. پروتکل تمرین شامل ۳۰ دقیقه راه رفتن در آب است که پنج دقیقه اول و پنج دقیقه آخر تمرین به فرایند سرد کردن و گرم کردن در آب مربوط می شود. در دو هفته ابتدایی سرعت راه رفتن براساس سرعت راه رفتن عادی و دلخواه فرد تنظیم شد. در هفته سوم تنظیم ریتم سرعت معادل سه برابر سرعت راه رفتن دلخواه فرد افزایش یافت. در هفته پنجم سرعت راه رفتن معادل ۶ برابر سرعت راه رفتن دلخواه فرد افزایش و در هفته هفتم سرعت راه رفتن فرد معادل ۹ برابر سرعت راه رفتن دلخواه فرد افزایش یافت (۱۸). تنظیم شدت تمرین آزمودنی ها با استفاده از مترونوم متصل به بلندگو انجام شد.

به منظور پردازش اطلاعات ابتدا اطلاعات زاویه سنسورها توسط فیلتر باتروورث (Butterworth) پایین گذر ۶ هرتز فیلتر شده و سپس زوایای مربوط به حرکت صفحه هوریزنتال (چرخش) سگمنت های لگن و تنه در ۵ گام میانی استخراج شدند. در مرحله بعدی از طریق محاسبه اختلاف بین حداقل و حداکثر زاویه چرخش تنه و لگن حین راه رفتن دامنه حرکتی چرخش این سگمنت ها مورد محاسبه قرار گرفت. پس از ثبت خروجی زوایای چرخش تنه و لگن، با استفاده از رابطه فاز نسبی پیوسته (Continues Relative Phase; CRP) و تغییرپذیری هماهنگی چرخش تنه و لگن محاسبه شد (فرمول ۱) (۶).

$$\varphi(t) = \tan^{-1}(\frac{\omega_i(t)}{\theta_i(t)})$$

$$CRP = \varphi_p - \varphi_d$$

در اینجا φ زاویه فازی سگمنت، ω سرعت زاویه ای نرمال شده، θ موقعیت زاویه ای نرمال شده سگمنت می باشد. برای محاسبه سرعت (w) و زاویه نرمال شده (Θ) از فرمول های (۳، ۲) استفاده شد.

$$\theta_i = \frac{2\times[\theta_i - \min(\theta_i)]}{\max(\theta_i) - \min(\theta_i)}$$

فرمول (۲)

$$\omega_i = \frac{\omega_i}{\max[\max(\omega_i), \max(-\omega)]}$$

فرمول (۳)

پس از محاسبه فاز نسبی پیوسته در تمام اطلاعات نرمال-سازی زمانی، برحسب ۱۰۰ درصد انجام شد و سپس میانگین و انحراف معیار فاز نسبی پیوسته (نقاط روی نمودار) استخراج گردید. از میانگین به منظور استفاده در آزمون آماری استفاده می شود و از انحراف معیار شاخص فاز نسبی پیوسته در گام های متوالی به منظور تعیین میزان تغییرپذیری در هماهنگی استفاده شد. خروجی میانگین فاز نسبی پیوسته حین راه رفتن، زاویه ای است که به عنوان شاخص هماهنگی می توانیم از آن استفاده کنیم و این زاویه بین ۱۸۰-۰ درجه است که هرچه عدد به صفر نزدیک تر باشد هماهنگی غیرهم فاز بیشتر و هرچه عدد به ۱۸۰ نزدیک تر باشد هماهنگی هم فاز بیشتر است و عدد ۹۰ نشان دهنده عدم هماهنگی بین دو سگمنت است. هماهنگی کامل غیرهم فاز بین تنه و لگن نشان دهنده این هست که چنانچه لگن به سمت راست بچرخد تنه به همان میزان به سمت راست می چرخد و در واقع حرکت دو سگمنت در ریتم هماهنگ ولی در جهت عکس انجام می شود. در هماهنگی هم فاز قضیه برعکس بوده و حرکت دو سگمنت در یک جهت است. انحراف معیار هماهنگی و به عبارتی تغییرپذیری هماهنگی نیز نشان دهنده ثبات این هماهنگی در تکرارهای مختلف است (۶).

به منظور توصیف اطلاعات از آمار توصیفی (میانگین و انحراف معیار) استفاده می شود. به منظور بررسی نرمال بودن توزیع اطلاعات از آزمون شاپیرو-ویلک (Shapiro-Wilk) استفاده می شود. برای تعیین همگنی واریانس ها از آزمون لون استفاده می گردد و از آزمون آنالیز واریانس با اندازه گیری مکرر به منظور مقایسه متغیرها در دوگروه قبل و بعد از تمرین استفاده شد. کلیه آزمون ها در سطح معناداری ۰/۰۵ انجام شدند.

یافته ها

نتایج آمار توصیفی ویژگی های فردی آزمودنی ها شامل وزن، قد و سن در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج آمار

توصیفی شامل میانگین و انحراف معیار و همچنین حداقل و حداکثربرای مقادیر دامنه حرکتی تنه و لگن (جدول ۲) مقادیر هماهنگی و تغییرپذیری هماهنگی تنه و لگن (جدول۳) قبل و بعد از اجرای برنامه تمرین در دوگروه تجربی و کنترل ارائه شده است.

نمودارهای تغییرات زاویه ای تنه و لگن حین راه رفتن برحسب درصدی از چرخه راه رفتن در نمودار ۱ به نمایش در آمده است. همچنین نمودارهای هماهنگی و تغییرپذیری هماهنگی لگن-تنه حین راه رفتن برحسب درصدی از چرخه راه رفتن به همراه انحراف معیار زوایا در نمودار ۲ نشان داده شده است.

نتایج مقایسه درون گروهی، بین گروهی و مقایسه تعاملی یافته ها با استفاده از آزمون آنالیز واریانس با اندازه گیری مکرر در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج مقایسه های آماری نشان می دهد تمرین در آب موجب کاهش زاویه تنه حین راه رفتن می شود ($p<۰/۰۵$) و مقداری افزایش در دامنه حرکتی لگن بعد از تمرین مشاهده می شود که معنادار نیست. همچنین یافته های این تحقیق نشان می دهند به دنبال اجرای تمرین در آب هماهنگی غیر هم فاز در حرکت تنه و لگن افزایش می یابد ($p<۰/۰۵$) و متعاقبا تغییرپذیری در هماهنگی نیز کاهش می یابد ($p<۰/۰۵$).

بحث و نتیجه گیری

هدف این مطالعه بررسی تأثیر هشت هفته تمرین راه رفتن در آب با سرعت فزاینده بر کینماتیک و هماهنگی لگن-تنه حین راه رفتن در افراد مبتلا به کمردرد مزمن می باشد.

نتایج مقایسه های آماری نشان می دهد تمرین در آب با سرعت فزاینده موجب کاهش زاویه تنه حین راه رفتن شده که در مطالعات گذشته هم به تغییر حرکت تنه به دنبال کمردرد اشاره شده بود (۲۱) و مقداری افزایش در دامنه حرکتی لگن بعد از تمرین مشاهده می شود. همچنین یافته های این تحقیق نشان می دهند به دنبال اجرای هشت هفته تمرین در آب هماهنگی غیر هم فاز در حرکت تنه و لگن افزایش می یابد. (نزدیک شدن عدد صفر نشان دهنده افزایش هماهنگی غیر هم فاز است و هرچه عدد به ۹۰ درجه نزدیک تر باشد هماهنگی کمتری بین دو سگمنت رخ داده است) و متعاقبا تغییرپذیری در هماهنگی نیز کاهش می یابد که معیاری بر حرکت با ثبات تر است. یافته های این مطالعه در خصوص اثر بخشی تمرین در آب روی بهبود راه رفتن بیماران مبتلا به کمردرد در راستای سایر مطالعاتی است که بر نقش مثبت آب درمانی (Aquatic Training) روی بهبود قابلیت های عملکردی بیماران مبتلا به کمردرد اشاره داشتند. در همین راستا حسین آبادی و همکاران (۱۷). به اثر مثبت ۱۲ هفته تمرین در آب روی بهبود قابلیت های عملکری از جمله راه رفتن زنان مبتلا به کمردرد اختصاصی مزمن تأکید داشتند. بینا-بیتو و همکاران (۲۲) به تأثیر مثبت تمرین در آب روی کاهش درد و بهبود کیفیت زندگی بیماران مبتلا به کمردرد مزمن پرداختند. با این حال Shi و همکاران (۲۳) تأکید داشتند که هر چند تمرین در آب موجب بهبود درون گروهی درد، دامنه حرکتی و قدرت افراد کمردرد می شود با این حال در مقایسه بین گروهی با گروه کنترل تفاوتی مشاهده نشد. Kim و همکاران (۱۸) عنوان کردند تنها چهار هفته تمرین راه رفتن در آب (مانند پروتکل تمرین استفاده شده در این مطالعه) می تواند موجب بهبود قابلیت راه رفتن در افراد مبتلا به سکته مغزی شود. یلفانی و همکاران (۱۵) نیز تأکید داشتند انجام شش هفته تمرین در آب می تواند به کاهش درد و بهبود تعادل و استقامت عضلانی بیماران مبتلا به کمردرد مزمن کمک کند.

نتایج این مطالعه همانند مطالعاتی که در بالا اشاره شد همگی به اثربخشی مثبت تمرین در آب روی راه رفتن بیماران مبتلا به کمردرد اشاره داشتند. در واقع ویژگی های منحصر به فرد آب شامل کاهش وزن، شناوری و مقاومت جریان آب این امکان را به بیماران مبتلا به کمردرد می دهد تا حرکاتی که به طور معمول بر روی زمین دشوار یا غیر ممکن است و همچنین ورزش های استقامتی و قدرتی را انجام دهند (۱۳). فشار پرسی ناشی از وزن روی مفاصل مهره ها که یکی از علل کمردرد مزمن هستند در هنگام تمرین در آب کاهش می یابند و در کنار ویژگی شناوری و ویسکوزیته باعث افزایش دامنه حرکت، قدرت و استقامت عضلانی، کاهش درد و کاهش تنش و آسیب عضلانی می شود (۱۲). در همین راستا این مطالعه با این فرض به انجام رسید که تمرین راه رفتن در آب با توجه به راحتی بیشتر ناشی از کاهش بار روی مفاصل می تواند به بازگشت دامنه حرکتی طبیعی خصوصا در سگمنت های تنه و لگن که بیشترین تأثیر را از کمردرد می پذیرند (۶) کمک کند. در نتیجه این مطالعه این فرض را به تأیید رساند و نشان داد اجرای راه رفتن با فرکانس معین و افزایش شدت

جدول ۱: ویژگی های آزمودنی ها

متغیر	گروه	میانگین±انحراف معیار	حداقل	حداکثر
سن (سال)	کنترل	۷/۵۶۳± ۴۳/۲	۳۳	۵۳
	تمرین	۶/۳۶۳±۴۲	۳۳	۴۸
وزن (کیلوگرم)	کنترل	۴/۱۸۳±۷۹	۷۵	۸۵
	تمرین	۷/۵۶۹±۷۳/۶	۶۵	۸۳
قد (سانتی متر)	کنترل	۵/۵۰۴±۱۷۰/۴	۱۶۲	۱۷۵
	تمرین	۴/۸۱۶±۱۷۰/۲	۱۶۵	۱۷۸

جدول ۲: نتایج آمار توصیفی مقادیر دامنه حرکتی تنه و لگن

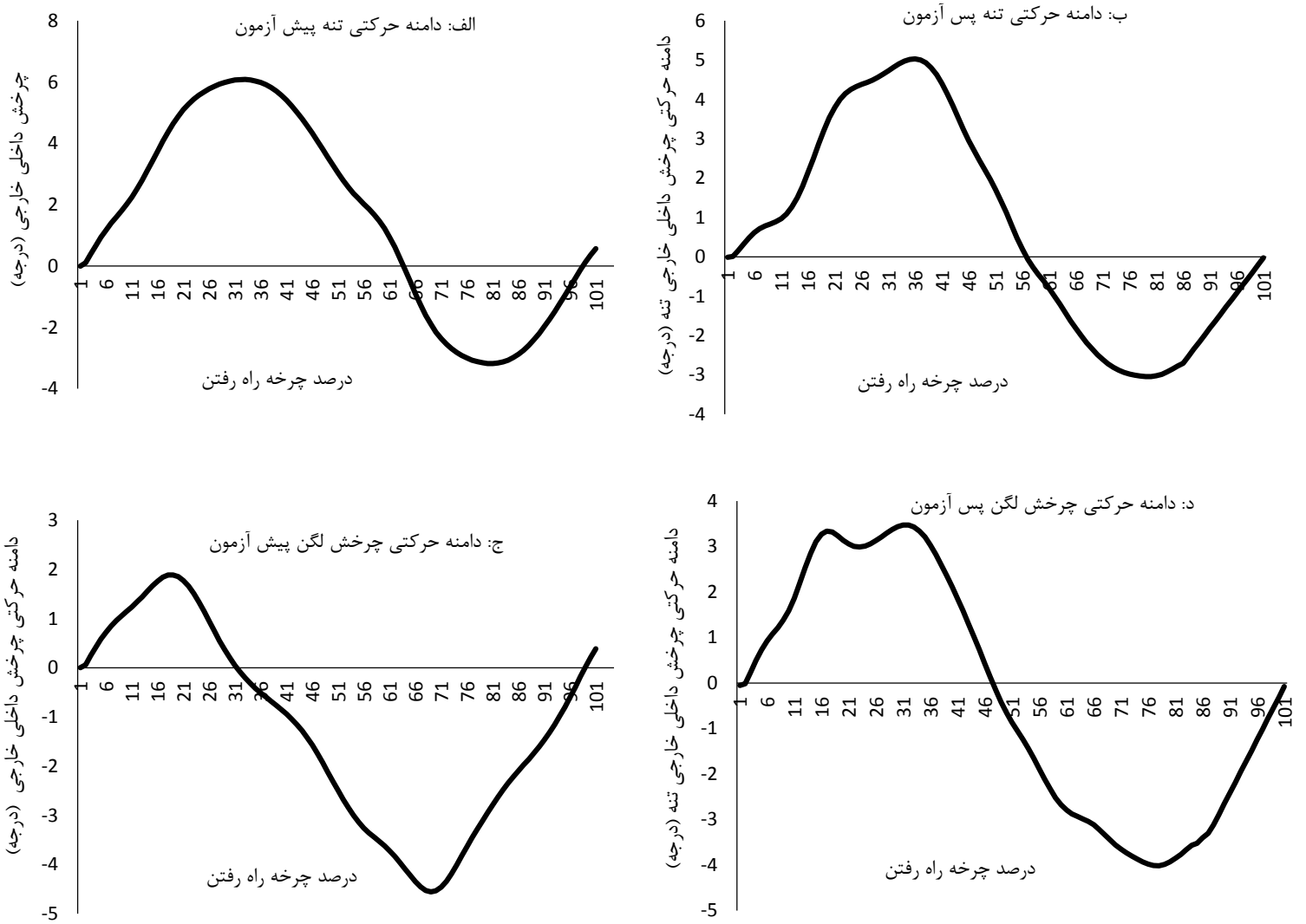
متغیر	گروه	شرایط	میانگین±انحراف معیار	حداقل	حداکثر	p- مقدار
دامنه حرکتی چرخش تنه	**گروه تجربی**	**پیش آزمون**	۱/۱۰±۷/۲۸	۸/۵۴	۱۶/۶۲	۰/۵۵۳
		پس آزمون	۱/۸±۸/۰۱	۵/۸۷	۱۵/۵	۰/۸
دامنه حرکتی چرخش تنه	**گروه کنترل**	**پیش آزمون**	۲/۲۳±۱۰/۴۶	۶/۴۸	۱۶/۶۲	۰/۹۸
		پس آزمون	۱/۸±۱۰/۰۹	۶/۴۵	۱۵/۵۰	۰/۸
دامنه حرکتی چرخش لگن	**گروه تجربی**	**پیش آزمون**	۱/۵۷±۸/۱۱	۴/۵	۹/۸۸	۰/۷۳۷
		پس آزمون	۱/۲۲±۸/۷۶	۵/۳	۱۱/۲۳	۰/۸
دامنه حرکتی چرخش لگن	**گروه کنترل**	**پیش آزمون**	۱/۶۶±۷/۹۴	۴/۵	۱۶/۶۲	۰/۶۹
		پس آزمون	۱/۳۴±۷/۰۳	۵/۰۴	۱۰/۷۴	۰/۵۲

جدول۳: نتایج آمار توصیفی مقادیر فاز نسبی پیوسته و تغییرپذیری هماهنگی تنه و لگن

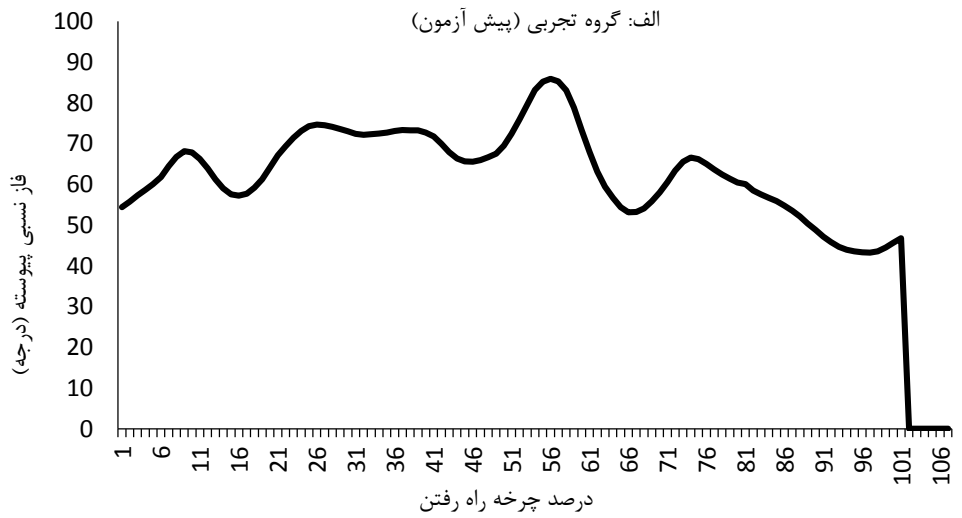
متغیر	گروه	شرایط	میانگین±انحراف معیار	حداقل	حداکثر	p- مقدار
فاز نسبی پیوسته تنه – لگن	**گروه تجربی**	**پیش آزمون**	۴/۶۴±۸۷/۷۲	۸۱/۴۶	۹۸/۱۹	۰/۲۴
		پس آزمون	۸/۳۶±۳۵/۶۱	۱۶/۴۷	۵۵/۷۵	۰/۲۹
فاز نسبی پیوسته تنه – لگن	**گروه کنترل**	**پیش آزمون**	۴/۲۵±۸۶/۷۵	۸۰	۹۶/۹۵	۰/۱۱
		پس آزمون	۲/۹۵±۸۶/۷۱	۸۲/۳۷	۹۳/۵۸	۰/۳۱
تغییرپذیری فاز نسبی پیوسته	**گروه تجربی**	**پیش آزمون**	۲/۹۷±۳۷/۳۵	۳۱/۸۲	۴۴/۸۷	۰/۷۲
		پس آزمون	۵/۴۵±۲۳/۰۶	۱۵/۳۶	۴۳/۹۶	۰/۶۹
تغییرپذیری فاز نسبی پیوسته	**گروه کنترل**	**پیش آزمون**	۴/۰۳±۳۷/۵۲	۳۰/۸۵	۴۴/۸۷	۰/۷
		پس آزمون	۵/۲۹±۳۶/۳۲	۱۵/۳۶	۴۳/۹۶	۰/۹

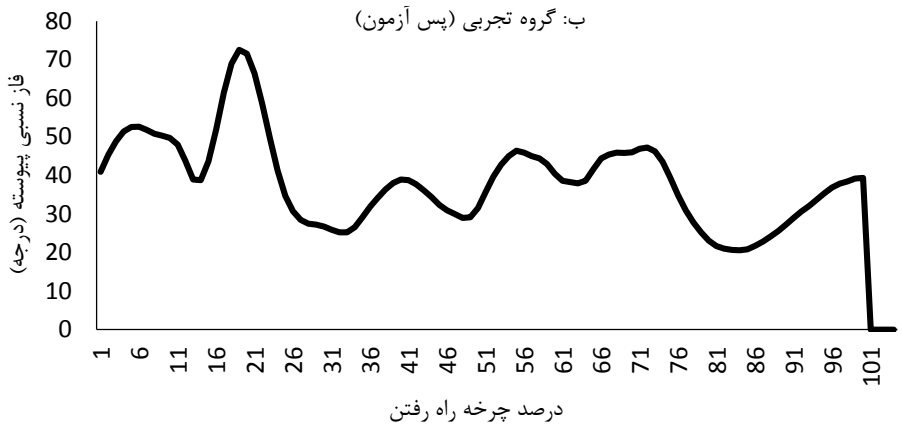
جدول ۴: نتایج مقایسه درون گروهی، بین گروهی و مقایسه تعاملی یافته ها با استفاده از آزمون آنالیز واریانس با اندازه گیری مکرر

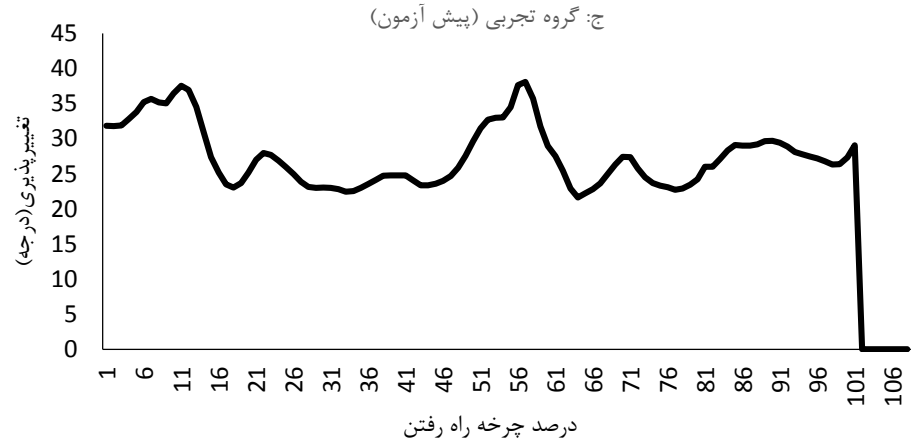
متغیر	نمره F درون گروهی	p - مقدار درون گروهی (اثر تمرین در گروه)	نمره F بین گروهی	p - مقدار بین گروهی (اثر تمرین بین گروه ها)	نمره F تعاملی	p - مقدار تعاملی
دامنه حرکتی تنه	۱/۳۲	۰/۲۵۸	۳۴/۳	۰/۰۰۱	۲۳/۲	۰/۰۰۱
دامنه حرکتی لگن	۱/۷۲	۰/۱۹۹	۱۶/۸۸	۰/۰۷	۳/۴۸	۰/۰۷
فاز نسبی پیوسته	۲۸/۶۵	۰/۰۰۱	۳۳/۱۲	۰/۰۰۱	۲۴/۶۹	۰/۰۰۱
تغییرپذیری در هماهنگی	۵۷/۲۱	۰/۰۰۱	۲۷/۹۳	۰/۰۰۱	۳۱/۳	۰/۰۰۱



نمودار ۱: نمودارهای تغییرات زاویه ای دامنه حرکتی تنه پیش و پس آزمون(نمودارهای الف وب) و دامنه حرکتی لگن پیش وپس آزمون (نمودارهای ج و د) حین راه رفتن در گروه تجربی برحسب درصدی از چرخه راه رفتن







نمودار ۲: نمودار فاز نسبی پیوسته پیش و پس آزمون (الف وب) و تغییرپذیری هماهنگی پیش و پس آزمون (ج و د) لگن-تنه حین راه رفتن برحسب درصدی از چرخه راه رفتن به همراه انحراف معیار زوایا در گروه تجربی

تدریجی در آب می تواند موجب بهبود قابلیت افراد در هنگام راه رفتن در خارج از آب شود.

حرکت تنه و لگن در راه رفتن اهمیت زیادی دارد، خصوصا در بخش پیشروی راه رفتن، این بخش ها تأثیر زیادی از کمردرد می پذیرند (۲۳). مطالعات نشان دادند به دنبال کمردرد دامنه حرکتی تنه در مقایسه با افراد سالم افزایش می یابد (۲۱) که می تواند اصلی ترین تفاوت بین راه رفتن افراد سالم و کمردرد باشد، هرچند در دامنه حرکتی لگن در صفحه هوریزنتال هم تفاوت هایی مشاهده شده است (۲۳). در مطالعات گذشته نشان داده شده فاز نسبی پیوسته به عنوان شاخص هماهنگی بین تنه و لگن در افراد مبتلا به کمردرد تحت تأثیر قرار می گیرد (۶). به دنبال راه رفتن هماهنگی تنه و لگن و کنترل عضلانی این سگمنت ها برای حفظ توازن پایدار ضروری است تا از این طریق انرژی مصرفی حین راه رفتن به حداقل رسیده و همچنین فرد بتواند در برابر شرایط ناپایدار کننده تعادل خود را حفظ کند (۶).

هماهنگی یکی از شاخص های کنترل حرکتی است که نشان می دهد دو مفصل یا دو سگمنت در چه ریتم هم فاز یا غیر هم فازی با هم حرکت می کنند. لگن و تنه طی راه رفتن نقش مهمی در انتقال به جلو برعهده دارند و چرخش لگن موجب پیشروی سمت نوسان می شود. از این رو حرکت لگن و تنه حین راه رفتن هماهنگ و غیر هم فاز است. به این معنی که چرخش به یک سمت توسط لگن با چرخش تنه به سمت مخالف همراه می شود تا از این طریق تکانه زاویه ای لگن در صفحه هوریزنتال کنترل شود (۱۱). محققین گذشته نشان دادند به دنبال کمردرد هماهنگی تنه و لگن هم فاز می شود و حرکت مشابهی همزمان توسط دو سگمنت رخ می دهد (۲۴). همچنین نشان داده شده هماهنگی هم فاز که در افراد مبتلا به کمردرد وجود دارد فقط محدود به کمردرد نمی شود بلکه در بیماران دیگری نظیر پارکینسونی ها و سکته ای ها هم دیده می شود (۲۵). این طور به نظر می رسد هماهنگی هم فاز تنه و لگن در افراد مبتلا به کمردرد واکنش جبرانی است که به تغییر در میزان و زمان بندی چرخش تنه نسبت به چرخه راه رفتن مربوط می شود. از سوی دیگر نشان داده شده بیماران مبتلا به کمردرد چرخش های تنه بیشتری نسبت به افراد سالم دارند (۲۴، ۶).که این عامل یکی از دلائل اختلال در هماهنگی لگن-تنه و هم فاز شدن آن حین راه رفتن به شمار می رود. در واقع به دنبال کمردرد و وجود احتمالی درد یا ترس از درد در مفاصل نزدیک به لگن، دامنه حرکتی لگن کم شده و از سویی به منظور جبران عدم حرکت لگن و جلوگیری از اختلال در پیشروی دامنه حرکتی تنه افزایش می یابد، که هماهنگی حرکت تنه و لگن به هم کاهش پیدا می کند و حتی می تواند به سمت هم فاز شدن برود.

نتایج این مطالعه نشان داد به دنبال تمرین راه رفتن در آب این استراتژی جبرانی می تواند اصلاح شود. با توجه به یافته های مطالعه حاضر دامنه حرکتی تنه حین راه رفتن پس از تمرین در آب کاهش معنی داری پیدا می کند. در واقع به نظر می رسد کاهش دامنه حرکتی تنه به دلیل اثرات احتمالی تمرین در آب نظیر تقویت عضلات یا کاهش درد موجب اصلاح نسبت و زمان بندی مقدار حرکت تنه به لگن شده و متعاقبا هماهنگی غیر هم فاز بین این دو سگمنت را افزایش داده است. همچنین در مطالعه گذشته نشان داده شد افراد گروه کنترل و سالم نسبت به افراد مبتلا به کمردرد ثبات بیشتری در هماهنگی لگن و تنه خود نشان دادند به طوری که تغییرپذیری شاخص هماهنگی در تکرارهای مختلف کمتر بود (۲۴). نتایج این مطالعه هم در تأیید اثربخشی تمرین در آب نشان دادند تغییرپذیری هماهنگی بین لگن و تنه به دنبال تمرین در آب کاهش می یابد که نشان دهنده ثبات بیشتر در حرکت است. بر اساس مطالعات ما در حال حاضر پژوهشی به بررسی اثربخشی تمرین در آب یا سایر تمرینات درمانی روی تغییرپذیری هماهنگی نپرداخته است، با این حال در مطالعات گذشته نشان داده شده که به دنبال کمردرد غیر اختصاصی مزمن تغییرپذیری در هماهنگی و فعالیت عضلانی افزایش می یابد (۱۰، ۶، ۵) و به نظر می رسد تمرین در آب توانسته باشد این مشکل بیماران مبتلا به کمردرد را بهبود بخشد. کاهش تغییرپذیری در هماهنگی به معنی استفاده از الگوی حرکتی مشابهی در تکرارهای مختلف حین راه رفتن و به عبارتی به معنای ثبات بیشتر در راه رفتن است که می تواند ناشی از بهبود درد و یا ترس از درد در بیماران مبتلا به کمردرد باشد که در بیماران گروه تمرینی این مطالعه مشاهده شد.

نتایج این مطالعه نشان دادند انجام هشت هفته تمرین راه رفتن در آب با سرعت های مختلف به دلیل ویژگی های تمرین در آب نظیر شناوری و مقاومت جریان می تواند هماهنگی لگن و تنه در راه رفتن را افزایش دهد که این

بهبود هماهنگی به کاهش دامنه حرکتی تنه مربوط می شود. از سویی نتایج این مطالعه به کاهش تغییرپذیری هماهنگی حین راه رفتن بیماران مبتلا به کمردرد پس از اجرای تمرین اشاره داشتند که نشان دهنده نزدیک شدن الگوی راه رفتن در تکرارهای زیاد به راه رفتن عادی است. با توجه به نتایج این مطالعه تمرین راه رفتن در آب با سرعت های فزاینده می تواند به عنوان روشی مناسب برای اصلاح الگوی حرکت جبرانی لگن-تنه حین راه رفتن افراد مبتلا به کمردر غیراختصاصی مزمن مورد استفاده قرار گیرد.

سپاسگزاری

از تمام افرادی که در انجام این پژوهش ما را یاری رساندند تشکر می نماییم. (کد اخلاق به شماره ۱۰۰۰/۱۷۱ ک.ا.پ)

منابع

1. Mirmoezzi M, Irandoust K, H'mida C, Taheri M, et al. Efficacy of hydrotherapy treatment for the management of chronic low back pain. Irish Journal of Medical Science (1971-). 2021; (1):1-9. [Persian]

2. Ghafouri M, Teymourzadeh A, Nakhostin-Ansari A,Sepanlou SG, et al. Prevalence and predictors of low back pain among the Iranian population: Results from the Persian cohort study. Annals of Medicine and Surgery 2022; 74: 103243.

3. Callaghan JP, Patla AE, McGill SM. Low back three-dimensional joint forces, kinematics, and kinetics during walking. Clinical Biomechanics 1999; 14(3): 203-216.

4. Ansari S, Elmieh A, Alipour A. The effect of aquatic exercise on functional disability, flexibility and function of trunk muscles in postmenopausal women with chronic non-specific low back pain: Randomized controlled trial. Science & Sports 2021; 36(3): e103-e110. [Persian]

5. Lamoth CJ, Meijer OG, Wuisman PI, van Dieën JH, et al. Pelvis-thorax coordination in the transverse plane during walking in persons with nonspecific low back pain. Spine 2002; 27(4): E92-E99.

6. Lamoth 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: 23-40.

7. Koch C, Hänsel F. Chronic non-specific low back pain and motor control during gait. Frontiers in psychology 2018; 9: 2236.

8. Taylor NF, Evans OM, Goldie PA. The effect of walking faster on people with acute low back pain. European Spine Journal 2003; 12: 166-172.

9. Hodges PW. Changes in motor planning of feedforward postural responses of the trunk muscles in low back pain. Experimental brain research 2001; 141: 261-266.

10. Callaghan JP, Gunning JL, McGill SM. The relationship between lumbar spine load and muscle activity during extensor exercises. Physical therapy 1998; 78(1): 8-18.

11. Bello AI, Kalu NH, Adegoke BO, Agyepong-Badu S. Hydrotherapy versus land-based exercises in the management of chronic low back pain: A comparative study. Journal of musculoskeletal research 2010; 13(04): 159-165.

12. Irandoust K, Taheri M. The effects of aquatic exercise on body composition and nonspecific low back pain in elderly males. Journal of physical therapy science 2015; 27(2): 433-435.

13. Pires D, Cruz EB, Caeiro C. Aquatic exercise and pain neurophysiology education versus aquatic exercise alone for patients with chronic low back pain: a randomized controlled trial. Clinical rehabilitation 2015; 29(6): 538-547.

14. Yalfani A, Ahmadnezhad L, Gholami B, Mayahi F. The effect of six-weeks aquatic exercise therapy on static balance, function oof trunk and pelvic girdle muscles, pain, and disability in woman with chronic low back pain. Iranian Journal of Health Education and Health Promotion 2018; 5(4): 288-295. [Persian]

15. Intveld E, Cooper S, Van Kessel G. The effect of aquatic physiotherapy on low back pain in pregnant women. International Journal of Aquatic Research and Education 2010; 4(2): 5.

16. Hosein Abadi F, Sankaravel M, Zainuddin FF, et al. The effect of aquatic exercise program on low-back pain disability in obese women. Journal of exercise rehabilitation 2019; 15(6): 855. [Persian]

17. Kim SH, Lee DK, Kim EK. Effect of aquatic exercise on balance and depression of stroke patients. Journal of Korean Physical Therapy 2014; 26(2): 104-109.

18. Baena-Beato PA, Arroyo-Morales M, Delgado-Fernêndez M, Gatto-Cardia MC, Artero EG. Effects of different frequencies (2–3 days/week) of aquatic therapy program in adults with chronic low back pain. A non-randomized comparison trial. Pain medicine 2013; 14(1): 145-158.

19. Balasubramanian S, Abbas J. Comparison of angle measurements between Vicon and MyoMotion systems. Arizona State University. 2013.

20. 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):1009-1014.

21. Baena-Beato, P.A., Artero, E.G., Arroyo-Morales, M., Robles-Fuentes, A., et al. Aquatic therapy improves pain, disability, quality of life, body composition and fitness in sedentary adults with chronic low back pain. A controlled clinical trial. Clinical Rehabilitation 2014; 28(4): 350-360.

22. Shi Z, Zhou H, Lu L, Pan B, et al. Aquatic exercises in the treatment of low back pain: a systematic review of the literature and meta-analysis of eight studies. American journal of physical medicine & rehabilitation 2018; 97(2): 116-122.

23. Van Dieën JH, Prins MR, Bruijn SM, Wu WH, et al. Coordination of axial trunk rotations during gait in low back pain. A narrative review. Journal of human kinetics 2021; 76(1): 35-50.

24. Van Criekinge T, Saeys W, Hallemans A, Velghe S, et al. Trunk biomechanics during hemiplegic gait after stroke: a systematic review. Gait & posture 2017; 54: 133-143.