

Research Paper

Effect of Hippotherapy Protocol on the Onset Time Activity of Lower Limb Muscles in Sclerosis Multiple Patients



*Zahra Bahreman¹, Mehdi Mogharnasi¹, Mohammad Yousefi², Hossein Taherichadorneshin³, Mohammad Ali Nahayati⁴, Ali Maleki⁵

1. Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran.
2. Department of Sports Biomechanics, Faculty of Sport Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran.
3. Department of Sport Sciences, Faculty of Human Sciences, University of Bojnord, Bojnord, Iran.
4. Department of Neurology, Ghaem Hospital, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran.
5. Department of Biomedical Engineering, Faculty of Electrical and Computer Engineering, Semnan University, Semnan, Iran.



Citation Bahreman Z, Mogharnasi M, Yousefi M, Taheri Chadorneshin T, Nahayati MA, Maleki A. [Effect of Hippotherapy Protocol on the Onset Time Activity of Lower Limb Muscles in Sclerosis Multiple Patients (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2023; 12(1):78-89. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.12.1.5>

doi <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.12.1.5>



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

ABSTRACT

Background and Aims Since gait disorder is the most common complication among patients with multiple sclerosis. This study aims to examine the effect of hippotherapy on the onset activity of selected lower limb muscles in patients with multiple sclerosis (MS) during the gait initiation protocol with a perturbation response approach.

Methods A total of 20 MS patients with EDSS score <4.5 were selected by simple convenience sampling method and were randomly divided into two groups of exercise n=10 and control n=10. Ten healthy and matched individuals were selected and placed in the healthy control group. The MS patients in the training group underwent hippotherapy for 4 sessions per week. Before and after the exercises, the electrical activity of the selected muscles of the lower extremities was recorded during the gait initiation protocol.

Results Data analysis showed a significant difference between groups ($P < 0.05$). Hippotherapy exercises were effective in the onset activity time of the lower limb muscles and reduced the reaction time of the muscles.

Conclusion According to the results of the present study and the effect of hippotherapy on improving reaction time, hippotherapy can be used as a rehabilitation method in MS patients.

Keywords Hippotherapy, Multiple sclerosis (MS), Lower limb muscles, Gait initiation

Received: 14 May 2021

Accepted: 29 Oct 2021

Available Online: 21 Mar 2023

* Corresponding Author:

Zahra Bahreman

Address: Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran.

Tel: +98 (915) 8353616

E-Mail: zahrabahreman3616@gmail.com

Extended Abstract

Introduction

Multiple sclerosis (MS) is a chronic autoimmune neuropathology that infiltrates inflammatory cells into the central nervous system. MS patients suffer from a variety of cognitive and physical disorders. The most common disorder among patients is the inability to balance and walk. Disability usually occurs between the ages of 20 and 40 and is 2 to 3 times more common in women than men. Therefore, the present study investigated the effect of the hippotherapy

protocol on the onset activity of selected lower limb muscles of MS patients during the gait initiation protocol with a perturbation response approach.

Materials and Methods

In the present study, 20 female patients with MS with The Expanded Disability Status Scale (EDSS) disability score <4.5 were selected by simple sampling method and randomly divided into two groups of control (n=10) and training (n=10). In addition, 10 healthy subjects were selected as the healthy control group. Subjects in the training group performed hippotherapy training 4 times a week for 4 weeks. Before and after the exercise training period, the

Table 1. Results of analysis of variance

Muscle	Group	F	P
Right gluteus medius	Healthy control	5.574	0.011*
	MS control		
	MS training		
Left gluteus medius	Healthy control	3.620	0.045*
	MS control		
	MS training		
Rectus femoris	Healthy control	5.589	0.011*
	MS control		
	MS training		
Vastus medialis	Healthy control	15.656	0.001*
	MS control		
	MS training		
Biceps femoris	Healthy control	0.728	0.495*
	MS control		
	MS training		
Anterior tibialis	Healthy control	8.509	0.002*
	MS control		
	MS training		
Soleus	Healthy control	3.962	0.035*
	MS control		
	MS training		

* Indicate intergroup differences.

electrical activity of right and left gluteus medius, rectus femoris, vastus medialis, biceps femoris, anterior tibialis, and soleus muscles in three groups were measured and recorded using an electromyography device (DataLog-MWX8, made by Biometrics, UK). Electromyographic signals were normalized to the peak signal for each muscle. The electrical activity of the muscles was measured 200 ms before the heel raised until the toe was lifted. Initially, the normality and equality of variances of all dependent variables were confirmed by the Shapiro-Wilk and Levene's tests, respectively. After that, ANOVA parametric test was used to evaluate the onset time of lower limb muscle activity at a significant level of $P \leq 0.05$. The statistical package for social sciences (version 20, SPSS Institute, Chicago, USA) was used to analyze the data.

Results

The results of the current study are presented in [Table 1](#). The results showed a significant difference between the groups regarding the right and left gluteus medius, rectus femoris, vastus medialis, anterior tibialis, and soleus muscles. However, no significant intergroup differences were observed in the response of the biceps femoris muscle. The results suggest that hippotherapy training affected muscle response and reduced response time.

Conclusion

Practicing hippotherapy 4 sessions per week for 4 weeks will likely improve the possible kinematic properties of the joints involved, thereby reducing muscle response time. Therefore, hippotherapy can be a rehabilitation method for people with MS.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This study was conducted following the instructions of the Ethics Committee of [Kharazmi University](#), the Research Movement Sciences (Ethical Code: 1000/104).

Funding

This study was extracted from the MSc thesis of Zahra Bahreman under the guidance of Mehdi Meghoransi, Mohammad Yousefi (Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences of [Birjand University](#)), and consultation of Hossein Taherichadorneshin and Mohammad Ali Nahayati (The Faculty of Sports Physiology, [Birjand University](#) and Neurology Faculty of [Mashhad University of Medical Sciences](#))

and contribution of Ali Maleki from Department of Biomedical Engineering [Semnan University](#).

Authors' contributions

All authors equally contributed to preparing this article.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We are thankful to the participants for their valuable assistance with us in carrying out the protocols.



مقاله پژوهشی

تأثیر پروتکل هیپوترابی بر زمان شروع فعالیت عضلات اندام تحتانی در بیماران مبتلا به مولتیپل اسکلروزیس

*زهرا بهرمان^۱، مهدی مقرنسی^۱، محمد یوسفی^۲، حسین طاهری چادرنشین^۳، محمدعلی نهایتی^۴، علی مالکی^۵

۱. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

۲. گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

۳. گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه بجنورد، بجنورد، ایران.

۴. گروه مغز و اعصاب، بیمارستان قائم (عج)، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران.

۵. گروه مهندسی زیست پزشکی، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

Use your device to scan and read the article online



Citation Bahreman Z, Mogharnasi M, Yousefi M, Taheri Chadorneshin T, Nahayati MA, Maleki A. [Effect of Hippotherapy Protocol on the Onset Time Activity of Lower Limb Muscles in Sclerosis Multiple Patients (Persian)] *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2023; 12(1):78-89. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.12.1.5>

doi <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.12.1.5>

چکیده



مقدمه و اهداف: باتوجهبه اینکه اختلال در راه رفتن شایع‌ترین عارضه بیماری در بین بیماران مبتلا به مولتیپل اسکلروزیس است، هدف از تحقیق حاضر بررسی تأثیر پروتکل هیپوترابی بر زمان شروع فعالیت منتخبی از عضلات اندام تحتانی افراد مبتلا به مولتیپل اسکلروزیس با رویکرد پاسخ به اغتشاش هنگام پروتکل آغاز راه رفتن است.

مواد و روش‌ها: تعداد ۲۰ بیمار ام‌اس با نمره ۴/۵۵ از پرسش‌نامه مقیاس وضعیت ناتوانی گسترده به‌روش نمونه‌گیری غیراحتمالی ساده انتخاب شدند و به‌صورت تصادفی در ۲ گروه تمرین و کنترل به‌طور مساوی با تعداد ۱۰ نفر تقسیم شدند. ۱۰ فرد سالم و همسان انتخاب و در گروه کنترل سالم قرار گرفتند. بیماران ام‌اس در گروه تمرینی به‌مدت ۴ هفته و برای ۴ جلسه در هفته تمرینات هیپوترابی را انجام دادند. قبل و بعد از تمرینات، فعالیت الکتریکی عضلات منتخب اندام تحتانی آموذنی‌ها حین پروتکل آغاز راه رفتن ثبت شد.

یافته‌ها: تحلیل داده‌ها تفاوت معنادار بین گروه‌ها ($P < 0/05$) نشان داد. تمرینات هیپوترابی بر روی شروع زمان فعالیت عضلات اندام تحتانی مؤثر بود و زمان پاسخ عضلات را کاهش داد.

نتیجه‌گیری: باتوجهبه نتایج مطالعه حاضر و تأثیر هیپوترابی بر بهبود زمان واکنش می‌توان از هیپوترابی به‌عنوان یک نوع روش توان‌بخشی در بیماران ام‌اس استفاده کرد.

کلیدواژه‌ها: هیپوترابی، ام‌اس، عضلات اندام تحتانی، آغاز راه رفتن

تاریخ دریافت: ۱۴ اردیبهشت ۱۴۰۰

تاریخ پذیرش: ۰۷ آبان ۱۴۰۰

تاریخ انتشار: ۰۱ فروردین ۱۴۰۲

* نویسنده مسئول:

زهرا بهرمان

نشانی: بیرجند، دانشگاه بیرجند، دانشکده علوم ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی.

تلفن: ۸۳۵۳۶۱۶ (۹۱۵) ۹۸+

رایانامه: zahrabahreman3616@gmail.com

مقدمه

ام‌اس شامل طیف گسترده‌ای از علائم است، توان بخشی این بیماران نیازمند رویکرد چندمنظوره است و نتایج رضایت‌بخش-تر با تکنیک‌هایی که از راهبردهای حسی^۲ استفاده می‌کنند، حاصل می‌شود. بنابراین تمریناتی که از راهبردهای حسی استفاده می‌کنند، پاسخ بهتری در حفظ تعادل نشان می‌دهند.

در این زمینه هیپوترپی به‌عنوان رویکردی چندمنظوره برای بهبود بیماری‌های عصبی مورد توجه قرار گرفته است [۸]. هیپوترپی برای معالجه بیماران مبتلا به بیماری‌های عصبی یا سایر ناتوانی‌ها مانند اوتیسم، فلج مغزی، ورم مفاصل، بیماری ام‌اس، آسیب‌دیدگی سر، سکنه مغزی، آسیب نخاعی، اختلالات رفتاری و اختلالات روان‌پزشکی استفاده شده است [۹]. هیپوترپی اساسی برای بهبود عملکرد عصبی و پردازش‌های حسی است و برای بیمارانی با اختلالات جسمی و ذهنی استفاده می‌شود. به‌ویژه در برنامه‌های توان بخشی افراد فلج استفاده می‌شود [۱۰]. هیپوترپی یک روش درمانی با تأثیرات مطلوب روانی، اجتماعی و آموزشی بر روی بسیاری از سیستم‌ها از جمله سیستم‌های حسی، عضلانی-اسکلتی، لیمبیک، دهلیزی و چشم است [۱۱]. همچنین تأثیرات بدنی مطلوب از اسب درمانی، بر هماهنگی، تونوس عضلانی، تعادل پاسچر، سفتی، انعطاف‌پذیری، استقامت، استحکام، اصلاح الگوی حرکتی غیرطبیعی و بهبود راه رفتن و تعادل در بسیاری از مطالعات نشان داده شده است [۱۲].

هنگام سوارکاری، حرکات اسب ارتباط مستقیم با لگن بیمار و ستون فقرات دارد. حرکات اسب باعث ایجاد اطلاعات حسی می‌شود و پاسخ‌های حرکتی را در لگن و تنه القا می‌کند [۱۲]. همچنین حرکات ریتمیک و آهسته بدن اسب، ارزش درمانی دارد و رشد عضلات پاراسپینال را تضمین می‌کند. ریتم نوسانات چندجانبه راه رفتن اسب، تأثیر ۲ برابر قویتر بر روی استخوان لگن بیمار نسبت به راه رفتن خود بیمار می‌گذارد [۱۱]. امروزه تحقیقات نشان داده است حین شروع راه رفتن به‌عنوان بخشی از پروسه راه رفتن، تعادل فرد مخدوش می‌شود. در هنگام شروع راه رفتن فرد نیازمند کنترل پاسچرال دینامیک مطلوب است تا بتواند تغییر وضعیت از پاسچر استاتیک به پاسچر دینامیک و برداشتن اولین قدم را کنترل کند. شروع راه رفتن از ۲ فاز تظاهرات پاسچرال از پیش تنظیم‌شده (فاز پاسچرال) و فاز اجرایی تشکیل شده است [۱۳]. شروع راه رفتن به‌عنوان یک تست آزمایشگاهی ایمن و ساده جهت ارزیابی کنترل عصبی-عضلانی شناخته شده است و از طریق مسیرهای فوق نخاعی کنترل می‌شود [۱۴].

مولتیپل اسکلروزیس یک بیماری دمیالین‌کننده عصبی مغزو نخاع است که با درگیر کردن فعالیت ذاتی سیستم ایمنی بدن و ایجاد توده‌ای از ناتوانایی‌های عصبی غیرقابل برگشت مشخص می‌شود [۱]. ناتوانی عمدتاً در سنین ۲۰ تا ۴۰ سالگی شیوع می‌یابد و میزان شیوع آن در خانم‌ها ۲ تا ۳ برابر آقایان است [۲] و به‌ندرت در سنین کمتر از ۱۰ سال و بیشتر از ۶۰ سال شروع می‌شود. با تخمین‌های محافظه‌کارانه، امروزه ۴۰۰ هزار بیمار مبتلا به ام‌اس در آمریکا و در سرتاسر جهان بیش از ۲/۵ میلیون نفر مبتلا به این بیماری هستند [۳]. ایران در ابتلا به ام‌اس^۱ جزء ۱۰ کشور اول دنیاست و حدود ۷۰ هزار بیمار مبتلا گزارش شده است [۴].

به‌طور کلی علائم بیماری ام‌اس را می‌توان در ۲ گروه قابل رویت مانند اختلال تعادل، راه رفتن، بینایی و گروه غیرقابل رویت مانند اختلالات شناختی، روانی، خستگی و درد تقسیم‌بندی کرد. در بین علائم آشکار، افتادن مشکل اساسی محسوب می‌شود، به‌طوری که ۵۰ درصد از بیماران، صدمات ناشی از افتادن هنگام راه رفتن را در یک دوره ۳ تا ۶ ماه گزارش کرده‌اند [۵]. بیماری ام‌اس انواع مختلفی دارد که از سال ۱۹۹۶ به ۴ دسته تقسیم شده است: عودکننده-بهبودیابنده، عودکننده-پیشرونده، پیشرونده اولیه و پیشرونده ثانویه. ام‌اس از طریق ایجاد پلاک‌هایی بر روی اعصاب به وجود می‌آید. ایجاد اختلال بستگی به این دارد که پلاک رو کدام عصب تشکیل شده باشد. برای مثال، اگر پلاک یا زخم ایجادشده بر روی عصب بینایی باشد، تاری دید و دو بینی را به وجود می‌آورد. تشخیص بیماری و مشاهده پلاک‌های ایجادشده از طریق MRI انجام می‌شود [۳]. بیماران ام‌اس از نظر درجه ناتوانی دارای طبقه‌بندی‌هایی هستند که از طریق پرسش‌نامه مقیاس وضعیت ناتوانی گسترده^۲ تعیین می‌شود.

پرسش‌نامه مقیاس وضعیت ناتوانی گسترده، مقیاس ارزیابی ۸ سیستم عملکردی شامل سیستم‌های حسی، حرکتی، مخچه، ساقه مغز، بینایی، ذهنی، روده و مثانه و سایر (اسپاستیسیته) می‌باشد. هر ناحیه براساس تاریخچه بیمار و معاینات فیزیکی در محدوده بدون ناتوانی تا حداکثر ناتوانی نمره‌بندی می‌شود. مطابق نمره به‌دست‌آمده در هر سیستم عملکردی، ۱ نمره واحد بین صفر (نرمال) تا ۱۰ (مرگ) به هر بیمار تعلق می‌گیرد. این پرسش‌نامه از صفر تا ۱۰ طبقه‌بندی شده است و نمرات بالاتر نشان‌دهنده ناتوانی بیشتر می‌باشد [۶، ۷]. باتوجه به تأثیر مثبت فعالیت‌های ورزشی و همچنین تمرینات ارتعاشی بر بهبود برخی از ناتوانی‌ها و باتوجه به اینکه

۳. منظور از راهبردهای حسی، استفاده از تمریناتی است که همه یا چند مورد از حواس ۵ گانه را درگیر می‌کند. در هیپوترپی، حواس بینایی و شنوایی بیشترین مشارکت را دارد.

1. Multiple Sclerosis (MS)
2. Expanded Disability Status Scale (EDSS)

معیارهای ورود به مطالعه

نمونه‌ها در گروه‌های کنترل و آماس باید دارای دامنه سنی ۲۰ تا ۴۰ سال باشند، فرم رضایت‌نامه را تکمیل کرده باشند، سابقه بیماری-های روانی و جراحی ارتوپدی در اندام تحتانی نداشته باشند و از داروهای خواب‌آور و آرام‌بخش در زمان اجرای تست استفاده نکنند. ضمناً بیماران آماس باید پرسش‌نامه مقیاس وضعیت ناتوانی گسترده را تکمیل کنند و از سمت پزشک تأیید شود.

معیارهای خروج از مطالعه

عدم رضایت شخصی، نمره پرسش‌نامه مقیاس وضعیت ناتوانی گسترده بالاتر از ۴/۵.

ابزار پژوهش

در این مطالعه از پرسش‌نامه مقیاس وضعیت ناتوانی گسترده که نسخه فارسی آن در ایران اعتبارسنجی شده است، استفاده شد و از دستگاه الکترومیوگرافی DataLog-MWX8، ساخت شرکت Biometrics کشور انگلستان، ۸ کاناله و الکترودهای سطحی برای ثبت فعالیت الکتریکی عضلات استفاده شد.

پروتکل تمرین

گروه تمرینی که شامل ۱۰ بیمار آماس بود، به مدت ۴ هفته و برای ۴ جلسه در هفته، تمرینات هیپوترپی را انجام دادند. از آزمودنی‌ها در گروه‌های کنترل خواسته شد تا انتهای تحقیق هیچ‌گونه فعالیت ورزشی نداشته باشند. آزمودنی‌ها در گروه تمرین با تجهیزات کامل سوارکاری و با کمک مربی، سوار بر اسب با ارتفاع‌های یکسان شدند و در تمام مدت تمرین توسط ۲ نفر کمکی در ۲ سمت اسب حمایت می‌شدند. تمرینات هیپوترپی در جلسات اولیه از سطح آسان شروع شد و رفته رفته بر شدت و سختی آن افزوده شد. تمرینات به این صورت بود که در ابتدای هر جلسه ۱۰ دقیقه صرف گرم کردن روی زمین و روی اسب می‌شد. گرم کردن شامل حرکات کششی پویا روی زمین و حرکات کششی و چرخشی پا و دست روی اسب بود. پس از گرم کردن به مدت ۲۵ دقیقه تمرینات اصلی هیپوترپی انجام شد که شامل نشستن بر روی زین اسب بود، درحالی‌که پاها از رکاب خارج می‌شد و اسب به‌صورت آهسته در مسیر هدایت می‌شد و حرکت می‌کرد. سپس با فرمان مربی، پاها در داخل رکاب قرار می‌گرفت و حرکت بلند شدن و نشستن آهسته بر روی زین حین گام‌برداری اسب انجام شد.

درواقع جلسات تمرینی به‌صورت یک روز در میان به برنامه تمرین زمینی که شامل هدایت اسب در مسیرهای مختلف دایره-ای چندضلعی و در سطوح متفاوت ماسه‌ای، شن و آسفالت و عبور از موانع بود و یورتمه دور مانژ سوارکاری، تقسیم می‌شد که در جدول شماره ۱ برنامه تمرینی جلسات سوارکاری ارائه شده است.

به‌طور کلی به ۲ شیوه از پیش طراحی شده (شروع حرکت با اراده خود فرد) و از پیش طراحی نشده (با استفاده از اغتشاش) انجام می‌شود [۱۵]. شروع راه رفتن در شرایط از پیش طراحی شده و از پیش طراحی نشده (با استفاده از اغتشاش) قابلیت اجرا دارد؛ بنابراین می‌تواند کنترل عصبی عضلانی حلقه باز و بسته را در یک تکلیف یکسان به چالش بکشد و تغییرات تطابقت پاسچرال از پیش تنظیم‌شده را نشان دهد [۱۳]. لافنبرگ و همکاران در سال ۱۹۹۵ به بررسی زمان پاسخ در عضلات پا افرادی که ناپایداری مزمن جانبی می‌چ پا داشتند، پرداختند. برای این منظور زمان پاسخ عضلات پرونئوس لانگز و تیبیالیس آنتریور^۴ حین راه رفتن ثبت و با گروه کنترل مقایسه شد. نتایج نشان داد به‌طور قابل توجهی زمان پاسخ در بیماران (۶۵ میلی ثانیه) نسبت به گروه کنترل (۴۹ میلی ثانیه) طولانی‌تر بود [۱۶].

با توجه به مطالب گفته شده و تأنجا که بررسی شد تحقیقی که تأثیر هیپوترپی را بر زمان پاسخ عضلات اندام تحتانی در آغاز گام بیماران آماس بررسی کند، مشاهده نشد. از این رو هدف از تحقیق حاضر، بررسی تأثیر پرتکل هیپوترپی بر زمان شروع فعالیت منتخبی از عضلات اندام تحتانی افراد مبتلا به مولتیپل اسکلروزیس با رویکرد پاسخ به اغتشاش هنگام پرتکل آغاز راه رفتن است.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر از نوع مقایسه‌ای در ۲ گروه بیمار مبتلا به آماس و سالم انجام شد.

نمونه‌گیری

افراد مبتلا به مولتیپل اسکلروزیس زیر نظر پزشک متخصص مغز و اعصاب بیمارستان قائم شهرستان مشهد به‌روش نمونه‌گیری غیراحتمالی ساده^۵ انتخاب شدند. پس از تکمیل پرسش‌نامه آماده، مقیاس ناتوانی گسترده، پرسش‌نامه توسط بیماران تکمیل شد و نمره پرسش‌نامه مقیاس وضعیت ناتوانی گسترده توسط پزشک با تجربه تعیین شد و ۲۰ بیمار خانم واجد شرایط با نمره مقیاس وضعیت ناتوانی گسترده $\geq 4/5$ وارد تحقیق شدند (کنترل $n=10$ و تمرین $n=10$). تعداد ۱۰ فرد سالم و همسان از نظر جنس، قد و وزن در گروه کنترل، به‌عنوان معیار سنجش و مقایسه به‌صورت تصادفی انتخاب شدند. تعداد نمونه‌ها طبق فرمول شماره ۱ و براساس داده‌های مطالعه مقدماتی با فرض خطای نوع اول آزمون $0/05 = (Z^1 - \alpha/2 = 1/96)$ و خطای نوع دوم آزمون $0/02 = (Z^1 - \beta = 0/84)$ مشخص شدند:

$$1. N = (\sigma^{12} + \sigma^{22}) (Z^1 - \alpha/2 + Z^1 - \beta) / (\mu^1 - \mu^2)^2$$

4. Peroneus longus
5. Tibialis Anterior
6. Sample of convenience

جدول ۱. برنامه هفتگی جلسات تمرینی

ایام هفته	نوع تمرین	گرم کردن	بدنه اصلی تمرین	سرد کردن
پنجشنبه	زمینی	۱۰ دقیقه	۲۵ دقیقه	۱۰ دقیقه
جمعه	یورتمه	۱۰ دقیقه	۲۵ دقیقه	۱۰ دقیقه
شنبه	زمینی	۱۰ دقیقه	۲۵ دقیقه	۱۰ دقیقه
یکشنبه	یورتمه	۱۰ دقیقه	۲۵ دقیقه	۱۰ دقیقه
دوشنبه	استراحت	-	-	-
سه‌شنبه	استراحت	-	-	-
چهارشنبه	استراحت	-	-	-

طب توانبخشی

روش گردآوری داده

به صورت نمودار پلکانی بر روی مانیتور نشان داده و ثبت می‌شد. از اختلاف زمان بین اولین و دومین پلکان که به ترتیب مربوط به اتمام ۵ ثانیه سکون و اولین برخورد پاشنه بود، زمان پاسخ به اغتشاش محاسبه شد.

ثبت سیگنال در ۲ مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون انجام شد. سپس فیلتر کردن داده‌ها با هدف کاهش پارازیت از اطلاعات خام انجام شد. در تحقیق حاضر از فیلتر باترورث با فرکانس برش ۱۰ (بالا گذر) تا ۵۰۰ (پایین گذر) هرتز استفاده شد. همچنین استاندارد کردن داده‌ها با هدف قابل مقایسه کردن داده‌ها انجام شد. داده‌های سیگنال‌های الکترومیوگرافی به پیک سیگنال برای هر عضله نرمال شد. داده‌های فعالیت الکتریکی عضلات در فاصله زمانی ۲۰۰ میلی ثانیه قبل از حرکت پاشنه تا بلند شدن پنجه پا مورد سنجش قرار گرفت. ناچ فیلتر با فرکانس برش ۵۰ هرتز به منظور کاهش نویز برق شهر، فیلتر بالاگذر باترورث مرتبه ۴ فرکانس برش ۱۰ هرتز و فیلتر پایین گذر باترورث مرتبه ۴ فرکانس برش ۵۰۰ هرتز برای کاهش نویزهای موجود در داده‌های الکترومیوگرافی استفاده شد. سپس داده‌های الکترومیوگرافی، به بیشینه فعالیت عضله در سیکل ۲۰۰ میلی ثانیه قبل از برخورد پاشنه تا بلند شدن پنجه نرمال شدند. ۳ انحراف معیار بزرگتر از میانگین فعالیت پایه عضله قبل از اعمال اغتشاش به عنوان لحظه شروع پاسخ به اغتشاش در عضله تعریف شد. در این مطالعه از توصیف حرکت و ثبت داده‌های کینماتیکی صرف نظر شد و تنها به چرایی آن پرداخته شد.

یافته‌ها

از آزمون لون^۷ برای تجانس واریانس داده‌ها و از آزمون شاپیرو ویلک^۸ برای بررسی نرمالیتی داده‌ها استفاده شد. مقادیر آزمون شاپیرو ویلک بالاتر از ۰/۰۵ بود و توزیع نرمال داده‌ها را نشان

از بین ۱۰ نفر در گروه تمرینی، ۹ نفر تا انتهای تحقیق حاضر به همکاری شدند و از بین ۱۰ نفر در گروه کنترل، تنها ۸ نفر در گروه کنترل سالم و ۷ نفر در گروه کنترل ام‌اس در تحقیق ماندند. به منظور جمع‌آوری داده‌ها ابتدا پا برتر که در شروع راه رفتن پا نوسان در نظر گرفته می‌شود و در همه یکسان بود (پاراست). محل نصب الکترودهای الکترومیوگرافی با استفاده از متد 6SENIMA تعیین و با الکترودهای سطحی به موازات فیبرهای عضله در محل‌های مورد نظر با استفاده از چسب‌های دو طرفه ضد حساسیت نصب شد. برای کاهش نویز و یا کاهش سیگنال‌های ناخواسته ناشی از حرکت الکترودها، کابل‌های الکترودها با استفاده از باند کشی و چسب نگهدارنده، ثابت شدند و الکترودها هر عضله به کانال مشخصی از دستگاه متصل شد. سپس از آزمودنی خواسته شد درحالی‌که دستگاه روشن است و ارتباط برقرار است، ۵ ثانیه در حالت سکون بایستد و پس از شنیدن صدای بوق با سرعت معمول راه رفتن در حالت عادی، شروع به راه رفتن کند و پس از طی مسیر مشخص شده بایستد.

در تحقیق حاضر، فعالیت الکتریکی عضلات گلنتوس مدیوس راست و چپ، رکتوس فموریس، بایسپس فموریس، وستوس مدیالیس، تیبیالیس قدامی و سولئوس اندازه‌گیری شد. از لحظه نصب الکترودها تا اتمام ثبت، سیگنال‌ها و اتصال به دستگاه از روی مانیتور چک می‌شدند. با اتصال مارکر به کانال ۸ دستگاه الکترومیوگرافی بلافاصله پس از اتمام ۵ ثانیه حالت سکون دکمه مارکر توسط اپراتور زده می‌شد و هنگام برخورد پاشنه پایی که به آن الکترودها وصل شده، مجدداً دکمه مارکر توسط اپراتور زده می‌شد. اپراتور در تمام طول مسیر کنار آزمودنی راه می‌رفت و با هر برخورد پاشنه به زمین، دکمه مارکر را فشار می‌داد. داده‌های حاصل از فشردن مارکر

7. Levene's Test
8. Shapiro-Wilk Test

معناداری متغیر زمان پاسخ، نشان‌دهنده کاهش زمان شروع فعالیت هر عضله بعد از انجام یک دوره ۴ هفته‌ای تمرینات هیپوترایی است.

بحث

هدف از مطالعه حاضر، بررسی تأثیر پروتکل هیپوترایی بر زمان شروع فعالیت منتخبی از عضلات اندام تحتانی افراد مبتلا به مولتیپل اسکلروزیس با رویکرد پاسخ به اغتشاش هنگام پروتکل آغاز راه رفتن بود. اساساً بیماران مبتلا به ام‌اس با اختلال در راه رفتن، ریسک خطر افتادن زیادی دارند که عموماً در شروع راه رفتن و ایجاد هماهنگی دچار اختلال می‌شوند. درواقع بیماران ام‌اس دارای تأخیر در واکنش و پاسخ به اغتشاش

داد. باتوجه‌به توزیع نرمال داده‌ها از آزمون‌های پارامتریک آنووا در سطح معناداری $P \leq 0.05$ برای بررسی زمان شروع فعالیت عضلات اندام تحتانی در تحقیق حاضر استفاده شد و نتایج آن در **جدول شماره ۲** گزارش شده است. از نسخه ۲۰ نرم‌افزار SPSS برای تحلیل آماری استفاده شد. نتایج، تفاوت معنادار را بین گروه‌ها نشان می‌دهد و بیانگر آن است که تمرینات هیپوترایی بر زمان پاسخ عضلات مؤثر است و زمان پاسخ کاهش یافته است.

باتوجه‌به نتایج **جدول شماره ۲**، تأثیر پروتکل هیپوترایی بر زمان پاسخ در عضلات اندام تحتانی تأیید می‌شود. تفاوت معنادار متغیر زمان پاسخ در تمام گروه‌ها و در تمامی عضلات به استثناء عضله بایسپس فمورس نشان داده شده است.

جدول ۲. نتایج آزمون آنووا برای بررسی زمان شروع فعالیت عضلات

عضله هدف	گروه	درجه آزادی	آماره	سطح معنادار
گلتنوس مدیوس راست	کنترل سالم	۲	۵/۵۷۴	۰/۰۱۱*
	کنترل ام‌اس			
گلتنوس مدیوس چپ	کنترل سالم	۲	۳/۶۲۰	۰/۰۴۵*
	کنترل ام‌اس			
رکتوس فمورس	کنترل سالم	۲	۵/۵۸۹	۰/۰۱۱*
	کنترل ام‌اس			
وستوس مدیالیس	کنترل سالم	۲	۱۵/۶۵۶	۰/۰۰۰*
	کنترل ام‌اس			
بایسپس فمورس	کنترل سالم	۲	۰/۷۲۸	۰/۴۹۵
	کنترل ام‌اس			
تیبیالیس	کنترل سالم	۲	۸/۵۰۹	۰/۰۰۲*
	کنترل ام‌اس			
سولئوس	کنترل سالم	۲	۳/۹۶۲	۰/۰۳۵*
	کنترل ام‌اس			

* تفاوت معنادار است.

هستند. از طرفی شروع راه رفتن انتقال از وضعیت ساکن به وضعیت پویا است که دارای الگوی فعالیت عضلانی مشخص می‌باشد [۱۳، ۱۷]. نیروی عکس‌العمل زمین باید بتواند شتاب کافی را جهت جابه‌جایی مرکز جرم به سمت جلو و به سمت اندام ایستا ایجاد کند. برای رسیدن به این هدف باید عضلات به‌صورت منظم وارد عمل شوند تا جابه‌جایی خلفی-خارجی مرکز فشار در شروع راه رفتن رخ دهد [۱۸، ۱۹].

احتمالاً مهار دو طرفه عضلات سولتوس که بلافاصله با فعال شدن دو طرفه عضلات تی‌بیالیس قدامی همراه می‌شود، منجر به ایجاد گشتاور فلکسوری در مفصل مچ پا شده که بدن را متمایل به چرخش رو به جلو، از روی پاها می‌کند. سپس جابه‌جایی مرکز فشار به سمت اندام ایستا، برای ایجاد شرایط مطلوب برداشته شدن وزن از روی اندام شناور رخ می‌دهد. نهایتاً ممکن است فعالیت عضلات اداکتور و اداکتور هیپ نقش اصلی را در بر داشته شدن وزن از اندام شناور بازی کنند. به نظر می‌رسد عضله گلتوس مدیوس سمت پای ایستا در کنترل جابه‌جایی مرکز جرم در صفحه فرونتال نقش دارد؛ درحالی‌که احتمالاً عضلات تی‌بیالیس قدامی و سولتوس سمت ایستا در کنترل جابه‌جایی مرکز جرم به سمت جلو نقش دارند [۱۳، ۱۷]. محققان نشان دادند جابه‌جایی خلفی خارجی مرکز فشار در شروع راه رفتن در زیر پای شناور، به‌دلیل مهار دو طرفه عضله سولتوس و فعالیت هم‌زمان دو طرفه عضلات تی‌بیالیس قدامی اتفاق می‌افتد [۲۰، ۲۱].

اسب در حین حرکت، حرکات ریتمیک ایجاد می‌کند که باعث تحریک حرکات نوسانی قدامی و خلفی می‌شود. حرکات اسب، سوارکار را تشویق می‌کند تا به تعادل مناسب و وضعیت مناسب برسد. اسب و اطرافیان طیف وسیعی از ورودی‌های حسی و حرکتی را به سوار می‌رسانند [۲۲]. اثرات مثبت هیپوترپی بر عملکرد راه رفتن و پارامتر راه رفتن مکانی ممکن است به اثرات مستقیم حرکت اسب بر آمادگی جسمانی نسبت داده شود [۲۳، ۲۴]. علاوه‌براین، تمرین آن مستلزم دخالت کل بدن است و در نتیجه به تغییر تن ماهیچه، انعطاف‌پذیری، قدرت و افزایش هماهنگی حرکتی کمک می‌کند [۲۵]. در مجموع، این تغییرات ممکن است به بهبود راه رفتن کمک کند. نتایج تحقیق حاضر نشان داد تمرینات هیپوترپی به‌مدت ۴ هفته و ۴ جلسه در هفته می‌تواند بر زمان پاسخ عضلات اندام تحتانی مؤثر باشد و زمان شروع فعالیت عضلانی را در بیماران ام‌اس کاهش دهد. باتوجه‌به معنادار شدن متغیر زمان پاسخ به اغتشاش می‌توان گفت تمرینات هیپوترپی احتمالاً بر عملکرد مغز اثر می‌گذارد و باعث تسریع در ارسال پیام‌های عصبی و سرعت پردازش اطلاعات می‌شود. از طرفی باتوجه‌به ماهیت تمرین بیمار بر روی اسب باید دائماً در حال پردازش اطلاعات برای درک موقعیت و کنترل پاسچر باشد.

بنابراین در طول مدت تمرین این سازگاری برای مغز بیماران ایجاد شد تا سریع‌تر به اغتشاش‌های ایجادشده پاسخ دهد و با تأخیر کمتری فعالیت عضله آغاز شود. از دیگر دلایل احتمالی بهبود زمان واکنش، می‌توان به احتمال افزایش قدرت عضلانی و هماهنگی عصب عضله اشاره کرد که به‌دلیل محدودیت‌های تحقیق امکان اندازه‌گیری دقیق آن وجود نداشت. خزری و همکاران در تحقیق خود بیان کردند زمان واکنش از عوامل تأثیرگذار در اجرای تکالیف می‌باشد. به‌گونه‌ای که در انجام بسیاری از فعالیت‌های بدنی همانند فعالیت‌های عادی روزمره، تعادل، راه رفتن، رانندگی و حفظ قامت اثرگذار است [۲۶]. پنک و همکاران در تحقیقات خود نشان دادند علاوه‌براین که ورزش و فعالیت بدنی بر زمان واکنش مؤثر است، میزان و شدت آن نیز بر زمان واکنش اثرگذار است [۲۷].

موزوز لاسا و همکاران در تحقیق خود به بررسی تعیین اثر اسب‌سواری درمانی بر تعادل و راه رفتن افراد مبتلا به مولتیپل اسکلروزیس پرداختند. تمرینات هر ۲ گروه به‌صورت ۲ مرحله ۱۰ هفته‌ای با ۴ هفته استراحت بین ۲ مرحله صورت گرفت. بررسی تعادل بیماران از طریق تست پوما و تحلیل راه رفتن بیماران انجام شد. نتایج مطالعه نشان داد گروه اسب‌سواری درمانی بهبود قابل توجهی در نمره پوما داشته و ۲ پارامتر راه رفتن یعنی زمان تحرک و نیروی واکنشی بهبود معناداری داشت [۲۸].

لیندروت و همکاران تحقیقی با هدف بررسی این که آیا هیپوترپی تأثیری بر پردازش اطلاعات حسی و تعادل و عملکرد راه رفتن دارد؟ در سال ۲۰۱۵ انجام دادند. به این منظور ۲ زن و ۱ مرد مبتلا به ام‌اس از نوع عودکننده-بهبود یابنده و پیشرونده به‌مدت ۶ هفته، هفته‌ای ۲ جلسه ۴۰ دقیقه‌ای در تمرینات شرکت کردند. پردازش اطلاعات حسی از طریق آزمون پردازش حسی ۱، تعادل از طریق آزمون تعادلی برگ ۱۱ و ارزیابی راه رفتن از طریق آزمون ارزیابی عملکرد راه رفتن ۱۲ صورت گرفت. هر ۳ آزمودنی بهبود در پردازش اطلاعات حسی، تعادل و راه رفتن را نشان دادند. این تحقیق نشان داد هیپوترپی می‌تواند یک راهبرد درمانی برای بهبود تعادل و عملکرد راه رفتن و پردازش اطلاعات حسی برای کنترل پاسچر باشد [۲۹].

از طرفی اشنایدر و همکاران در سال ۲۰۱۲ و پونسه براوو و همکاران در سال ۲۰۱۵ در بررسی‌های انجام‌شده در تحقیقات خود اظهار کردند که علاوه‌بر تأثیر ورزش و فعالیت بدنی بر زمان واکنش، میزان و شدت آن نیز بر زمان واکنش اثرگذار است [۳۰، ۳۱]. همچنین اظهار کردند این کاهش قابل توجه ممکن است

9. Therapeutic Horseback Riding (THR)
10. Sensory Organization Test (SOT)
11. Berg Balance Scale (BBS)
12. Functional Gait Assessment (FGA)

می‌باشد.

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده‌سازی این مقاله مشارکت داشتند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

از تمامی آزمودنی‌هایی که در انجام پروتکل کمک کردند، تقدیر و تشکر می‌شود.

به‌دلیل بهبود در زمان واکنش، راه رفتن، تعادل و بازیابی تعادل باشد، اما مربوط به افزایش قدرت نمی‌باشد [۳۲]. ساندروف و همکاران در سال ۲۰۱۵ تأثیر ۳ نوع تمرین، راه رفتن روی تردمیل، دوچرخه‌سواری و یوگا بر روی بیماران با ام‌اس نوع عودکننده-فروکش‌کننده بدون اختلال در سرعت پردازش شناختی را بررسی کردند. نتایج نشانگر این بود که زمان واکنش گروه‌های تمرینی با گروه کنترل، تفاوت معناداری ندارد، اما در گروه تمرین با تردمیل بهبود نشان داده شده است [۳۳]. باتوجه‌به نتایج مطالعه حاضر به نظر می‌رسد می‌توان از تمرینات هیپوترابی برای بهبود زمان واکنش در عضلات هنگام راه رفتن بهره گرفت.

نتیجه‌گیری

پروتکل ۴ هفته‌ای هیپوترابی با فرکانس ۴ جلسه در هفته می‌تواند تأثیرات مثبت بر زمان شروع فعالیت عضلات اندام تحتانی افراد مبتلا به ام‌اس بگذارد و زمان پاسخ به اغتشاش را کاهش دهد. بنابراین استفاده از تمرینات هیپوترابی برای بهبود زمان واکنش در پروتکل راه رفتن را می‌توان مفید دانست و به‌عنوان یک روش توان‌بخشی به بیماران ام‌اس با اختلال در راه رفتن می‌توان توصیه کرد.

ازطرفی می‌توان بهبود زمان واکنش را به‌دلیل بهبود احتمالی ویژگی‌های کینماتیکی مفاصل درگیر دانست که بررسی ویژگی‌های کینماتیکی از محدودیت‌های تحقیق بود.

محدودیت زمانی ازجمله محدودیت‌های دیگر تحقیق حاضر بوده است. پیشنهاد می‌شود از تمرینات هیپوترابی برای درجات بالاتر ناتوانی در ام‌اس و برای نمونه‌ها و جلسات تمرینی بیشتر استفاده شود.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در اجرای پژوهش، ملاحظات اخلاقی مطابق با دستورالعمل کمیته اخلاق دانشگاه خوارزمی، پژوهشکده علوم حرکتی در نظر گرفته و کد اخلاق به شماره (۱۰۴/۱۰۰۰/ک.ا.پ) دریافت شد.

حامی مالی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه خانم زهرا بهرمان با راهنمایی آقای دکتر مهدی مقرنسی و آقای دکتر محمد یوسفی گروه فیزیولوژی ورزشی و گروه بیومکانیک ورزشی دانشگاه بیرجند و مشاوره آقای دکتر حسین طاهری چادرشین و آقای دکتر محمدعلی نهایتی گروه فیزیولوژی ورزشی دانشگاه بیرجند و گروه نورولوژی دانشگاه علوم پزشکی مشهد و همکاری آقای دکتر علی مالکی گروه مهندسی پزشکی دانشگاه سمنان

References

- [1] Reali C, Magliozzi R, Roncaroli F, Nicholas R, Howell OW, Reynolds R. B cell rich meningeal inflammation associates with increased spinal cord pathology in multiple sclerosis. *Brain Pathology*. 2020; 30(4):779-93. [DOI:10.1111/bpa.12841] [PMID] [PMCID]
- [2] Goodin DS. The epidemiology of multiple sclerosis: Insights to a causal cascade. In: Rosano C, Ikram MA, Ganguli M, editors. *Handbook of clinical neurology*. Amsterdam: Elsevier; 2016. [DOI:10.1016/B978-0-12-802973-2.00011-2] [PMID]
- [3] Cameron MH, Wagner JM. Gait abnormalities in multiple sclerosis: Pathogenesis, evaluation, and advances in treatment. *Current Neurology and Neuroscience Reports*. 2011; 11(5):507-15. [DOI:10.1007/s11910-011-0214-y] [PMID]
- [4] Etemadifar M, Sajjadi S, Nasr Z, Firoozeei TS, Abtahi SH, Akbari M, et al. Epidemiology of multiple sclerosis in Iran: A systematic review. *European Neurology*. 2013; 70(5-6):356-63. [DOI:10.1159/000355140] [PMID]
- [5] Fenu G, Lorefice L, Arru M, Sechi V, Loi L, Contu F, et al. Cognition in multiple sclerosis: Between cognitive reserve and brain volume. *Journal of the Neurological Sciences*. 2018; 386:19-22. [DOI:10.1016/j.jns.2018.01.011] [PMID]
- [6] Givon U, Zeilig G, Achiron A. Gait analysis in multiple sclerosis: Characterization of temporal-spatial parameters using GAITrite functional ambulation system. *Gait & Posture*. 2009; 29(1):138-42. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2008.07.011] [PMID]
- [7] Benedetti MG, Piperno R, Simoncini L, Bonato P, Tonini A, Gianini S. Gait abnormalities in minimally impaired multiple sclerosis patients. *Multiple Sclerosis Journal*. 1999; 5(5):363-8. [DOI:10.1191/135245899678846393] [PMID]
- [8] Menezes KM, Copetti F, Wiest MJ, Trevisan CM, Silveira AF. Effect of equine therapy on the postural stability of patients with multiple sclerosis: A preliminary study. *Fisioterapia e Pesquisa*. 2013; 20(1):43-9. [DOI:10.1590/S1809-29502013000100008]
- [9] Koca TT, Ataseven H. What is hippotherapy? The indications and effectiveness of hippotherapy. *Northern Clinics of Istanbul*. 2016; 2(3):247-52. [DOI:10.14744/nci.2016.71601] [PMID]
- [10] Benda W, McGibbon NH, Grant KL. Improvements in muscle symmetry in children with cerebral palsy after equine-assisted therapy (hippotherapy). *The Journal of Alternative & Complementary Medicine*. 2003; 9(6):817-25. [DOI:10.1089/107555303771952163] [PMID]
- [11] Silkwood-Sherer DJ, Killian CB, Long TM, Martin KS. Hippotherapy--an intervention to habilitate balance deficits in children with movement disorders: A clinical trial. *Physical Therapy*. 2012; 92(5):707-17. [DOI:10.2522/ptj.20110081] [PMID]
- [12] Rigby BR, Grandjean PW. The efficacy of equine-assisted activities and therapies on improving physical function. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*. 2016; 22(1):9-24. [DOI:10.1089/acm.2015.0171] [PMID]
- [13] Bahreman Z, Yousefi M, Mogharnasi M, Taheri Chadorneshin H, Ebrahimabadi Z. [Lower leg electromyography activation during gait initiation in multiple sclerosis patients (Persian)]. *Koomesh*. 2021; 23(5):556-62. [DOI:10.52547/koomesh.23.5.556]
- [14] Gormley JP, Barr DA, Bell AJ, Ravey J, Mollan RA. Examination of the duration of gait initiation by use of an electrogoniometer. *Gait & Posture*. 1993 ;1(2):85-91. [DOI:10.1016/0966-6362(93)90019-W]
- [15] Yiu E, Fourcade P, Artico R, Caderby T. Influence of temporal pressure constraint on the biomechanical organization of gait initiation made with or without an obstacle to clear. *Experimental Brain Research*. 2016; 234(6):1363-75. [DOI:10.1007/s00221-015-4319-4] [PMID]
- [16] Löfvenberg R, Kärrholm J, Sundelin G, Ahlgren O. Prolonged reaction time in patients with chronic lateral instability of the ankle. *The American Journal of Sports Medicine*. 1995; 23(4):414-7. [DOI:10.1177/036354659502300407] [PMID]
- [17] Yousefi M, Sadeghi H, Ilbiegi S, Ebrahimabadi Z, Kakavand M, Wikstrom EA. Center of pressure excursion and muscle activation during gait initiation in individuals with and without chronic ankle instability. *Journal of Biomechanics*. 2020; 108:109904. [DOI:10.1016/j.jbiomech.2020.109904] [PMID]
- [18] Breniere Y, Do MC. Control of gait initiation. *Journal of Motor Behavior*. 1991;23(4):235-40. [DOI:10.1080/00222895.1991.942034] [PMID]
- [19] Hass CJ, Waddell DE, Wolf SL, Juncos JL, Gregor RJ. Gait initiation in older adults with postural instability. *Clinical Biomechanics*. 2008; 23(6):743-53. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2008.02.012] [PMID] [PMCID]
- [20] Hiraoka K, Matuo Y, Iwata A, Onishi T, Abe K. The effects of external cues on ankle control during gait initiation in Parkinson's disease. *Parkinson's disease. Parkinsonism & Related Disorders*. 2006; 12(2):97-102. [DOI:10.1016/j.parkreldis.2005.07.006] [PMID]
- [21] Pilutti LA, Sandroff BM, Klaren RE, Learmonth YC, Platta ME, Hubbard EA, et al. Physical fitness assessment across the disability spectrum in persons with multiple sclerosis: A comparison of testing modalities. *Journal of Neurologic Physical Therapy*. 2015; 39(4):241-49. [DOI:10.1097/NPT.0000000000000099] [PMID]
- [22] Champagne D, Dugas C. Improving gross motor function and postural control with hippotherapy in children with Down syndrome: Case reports. *Physiotherapy Theory and Practice*. 2010; 26(8):564-71. [DOI:10.3109/09593981003623659] [PMID]
- [23] Kim SG, Lee CW. The effects of hippotherapy on elderly persons' static balance and gait. *Journal of Physical Therapy Science*. 2014; 26(1):25-7. [DOI:10.1589/jpts.26.25] [PMID] [PMCID]
- [24] Debus D, Chandler C, Gibb C. An exploration of German and British physiotherapists' views on the effects of hippotherapy and their measurement. *Physiotherapy Theory Pract*. 2005; 21(4):219-42. [DOI:10.1080/09593980500321143] [PMID]
- [25] Mutoh T, Mutoh T, Tsubone H, Takada M, Doumura M, Ihara M, et al. Impact of long-term hippotherapy on the walking ability of children with cerebral palsy and quality of life of their caregivers. *Frontiers in Neurology*. 2019; 10:834. [DOI:10.3389/fneur.2019.00834] [PMID] [PMCID]

- [26] Khezri A, Arab Ameri E, Hemayattalab R, Ebrahimi R. [The effect of sports and physical activity on elderly reaction time and response time (Persian)]. *Salmand*. 2014; 9(2):106-13. [\[Link\]](#)
- [27] Berryman N, Bherer L, Nadeau S, Lauzière S, Lehr L, Bobeuf F, et al. Multiple roads lead to Rome: combined high-intensity aerobic and strength training vs. gross motor activities leads to equivalent improvement in executive functions in a cohort of healthy older adults. *Age (Dordr)*. 2014; 36(5):9710. [\[DOI:10.1007/s11357-014-9710-8\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [28] Muñoz-Lasa S, Ferriero G, Valero R, Gomez-Muñiz F, Rabini A, Varela E. Effect of therapeutic horseback riding on balance and gait of people with multiple sclerosis. *Giornale Italiano di Medicina del Lavoro ed Ergonomia*. 2011; 33(4):462-7. [\[PMID\]](#)
- [29] Lindroth JL, Sullivan JL, Silkwood-Sherer D. Does hippotherapy effect use of sensory information for balance in people with multiple sclerosis? *Physiotherapy Theory and Practice*. 2015; 31(8):575-81. [\[DOI:10.3109/09593985.2015.1067266\]](#) [\[PMID\]](#)
- [30] Schneider CA, Rasband WS, Eliceiri KW. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature Methods*. 2012; 9(7):671-5. [\[DOI:10.1038/nmeth.2089\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [31] Ponce-Bravo H, Ponce C, Feriche B, Padial P. Influence of Two Different Exercise Programs on Physical Fitness and Cognitive Performance in Active Older Adults: Functional resistance-band exercises vs. recreational oriented exercises. *Journal of Sports Science & Medicine*. 2015; 14(4):716-22. [\[PMID\]](#)
- [32] Okubo Y, Schoene D, Lord SR. Step training improves reaction time, gait and balance and reduces falls in older people: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*. 2017; 51(7):586-93. [\[DOI:10.1136/bjsports-2015-095452\]](#) [\[PMID\]](#)
- [33] Sandroff BM, Hillman CH, Benedict RH, Motl RW. Acute effects of walking, cycling, and yoga exercise on cognition in persons with relapsing-remitting multiple sclerosis without impaired cognitive processing speed. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*. 2015; 37(2):209-19. [\[DOI:10.1080/13803395.2014.1001723\]](#) [\[PMID\]](#)