University of Tehran Press

Journal of
Sports and Motor Development and Learning

Online ISSN: 2676-4547

# Effect of Training Intervention Using Virtual Reality Approach on Proprioceptive Function of Elbow Joint in Hemiplegic Children

**Morteza Pourazar [1]✉, Fazlollah Bagherzadeh[2], Davood Hoomanian[3]**

1. Department of Physical Education, Farhangian University, Tehran, Iran. E-mail: mortezapourazar@gmail.com
2. Department of Behavior and Cognitive Sciences in Sports, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: bagherzad@ut.ac.ir
3. Department of Behavior and Cognitive Sciences in Sports, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: bagherzad@ut.ac.ir

## Article Info

**Article type:** Research

**Article history:**
Received:
30 May 2023
Received in revised:
7 October 2023
Accepted:
8 October 2023
Published online:
21 June 2024

**Keywords**:
*Cerebral Palsy,*
*Joint Position Sense,*
*Virtual Reality,*
*Xbox.*

## ABSTRACT

**Introduction:** The present study aimed to investigate the effect of training interventions using the Virtual Reality (VR) approach on the proprioceptive function of elbow joints in children with hemiplegia.

**Methods:** Twenty boys with cerebral palsy, aged 7 to 12 years, were selected based on available sampling by referring to special schools in Tehran and were randomly assigned into two experimental and control groups. Kinect Xbox 360 device (Microsoft, New York, USA) was used as a therapeutic tool for VR interventions. A gyroscope device was used to measure the elbow's joint position sense. The experimental group participated in the VR program, but the control group continued their traditional therapy program. Paired sample t-test and independent sample t-test were used at the $P<0.05$ level of significance using SPSS version 18 software.

**Results:** In pre-test phase, no significant difference was found in the joint position sense ($t=0.07$, $df=18$, $p=0.944$). In post-test phase, VR training led to better scores for the experimental group ($t=2.3$, $df = 18$, $p=0.03$). Based on the results of the paired sample t-test, VR training resulted in significant improvement in the joint position sense of experimental group ($t=4.061$, $df = 9$, $p=0.003$).

**Conclusion:** VR can be used as a suitable therapy method to improve the proprioceptive sense in hemiplegic cerebral palsy children. This type of therapy resulted in a significant improvement in the joint position sense of hemiplegic cerebral palsy children, as it lets them explore new experiences that would be difficult or dangerous for them under normal situation.

**Cite this article:** Pourazar, M., Bagherzadeh, F., & Hoomanian, D. (2024). Effect of Training Intervention Using Virtual Reality Approach on Proprioceptive Function of Elbow Joint in Hemiplegic Children. ***Journal of Sports and Motor Development and Learning***, 16 (2), 5-17.
DOI: https://doi.org/10.22059/jsmdl.2023.360123.1730

Journal of Sports and Motor Development and Learning by University of Tehran Press is licensed under CC BY-NC 4.0| web site: https://jsmdl.ut.ac.ir/ | Email: jsmdl@ut.ac.

© The Author(s). Publisher: Publisher: University of Tehran Press.

University of Tehran Press

Journal of
Sports and Motor Development and Learning

Online ISSN: 2676-4547

# Extended Abstract

**Introduction**

Cerebral palsy is a congenital neuromuscular disorder that occurs in the age range from fertilization up to 2 years after birth. One of the most common forms of cerebral palsy (CP) is spastic hemiplegia due to one-sided injury to the motor cortex or pyramidal pathway. Most individuals with CP take part in continuous rehabilitation programs, which often focus on, and sometimes prioritize the correct movement and positioning of the limbs. The purpose of the present study was to investigate the effect of Virtual Reality (VR) training on proprioceptive function in hemiplegic children.

**Methods**

Twenty boys with cerebral palsy, aged 7 to 12 years, were selected based on available sampling by referring to special schools in Tehran and were randomly assigned into two experimental and control groups. Kinect Xbox 360 device (Microsoft, New York, USA) was used as a therapeutic tool for VR interventions. A gyroscope device made by Danesh Pozohan Emruz Company was used to measure the elbow's joint position sense. The experimental group participated in the VR program, but the control group continued their traditional therapy program. Paired sample t-test and independent sample t-test were used at the $P<0.05$ level of significance using SPSS version 18 software.

**Results**

Normal distribution of the pre-test data was confirmed by the Kolmogorov-Smirnov test ($p>0.05$). The results of the independent t-test showed that although there was no significant difference between the two experimental and control groups in the joint position sense in the pre-test phase ($t=0.07$, $df=18$, $p=0.944$), in the post-test phase, the VR training led to better scores for the experimental group ($t=2.3$, $df = 18$, $p=0.03$). Based on the results of the paired sample t-test, VR training resulted in a significant improvement in the joint position sense of the participants in the experimental group ($t=4.061$, $df = 9$, $p=0.003$).

**Conclusion**

VR can be used as a suitable therapy method to improve the proprioceptive sense in hemiplegic cerebral palsy children. This type of therapy resulted in a significant improvement in the joint position sense of hemiplegic cerebral palsy children, as it lets them explore new experiences that would be difficult or dangerous for them under normal situations.

**Ethical Considerations**

**Compliance with ethical guidelines:** The present study was conducted following ethical principles.

**Funding:** The present study received no financial support from any organization.

**Authors' contribution:** All authors contributed equally.

**Conflict of interest:** The authors declare no conflict of interest

**Acknowledgments:** We are very grateful to the CP children who patiently participated in the present research and cooperated to carry out this research.

رشد و یادگیری حرکتی ورزشی
شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۴۵۴۷
انتشارات دانشگاه تهران

# تأثیر مداخلهٔ تمرینی با استفاده از رویکرد واقعیت مجازی بر عملکرد حس عمقی مفصل آرنج در کودکان همی‌پلاژی

مرتضی پورآذر[۱]✉، فضل‌الله باقرزاده[۲]، داوود حومنیان[۳]

۱. نویسنده مسؤول،گروه آموزش تربیت بدنی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران. رایانامه: mortzapourazar@gmail.com
۲. گروه رفتار حرکتی، دانشکدهٔ علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: bagherzad@ut.ac.ir
۳. گروه رفتار حرکتی، دانشکدهٔ علوم ورزشی و تندرستی ، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: hoomanian@ut.ac.ir

**اطلاعات مقاله**

**نوع مقاله:** پژوهشی

**تاریخ دریافت:** ۰۹/ ۱۴۰۲/۰۳
تاریخ بازنگری:۱۵/ ۱۴۰۲/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۶/ ۱۴۰۲/۰۷
تاریخ انتشار: ۰۱/ ۱۴۰۳/۰۴

**کلیدواژه‌ها:**
*ایکس باکس،*
*حس وضعیت مفصل،*
*فلج مغزی،*
*واقعیت مجازی.*

**چکیده**

**مقدمه:** هدف تحقیق حاضر بررسی مداخلات تمرینی با استفاده از رویکرد واقعیت مجازی بر عملکرد حس عمقی مفصل آرنج در کودکان همی‌پلاژی بود.

**روش پژوهش:** ۲۰ پسر مبتلا به فلج‌مغزی با دامنهٔ سنی۷-۱۲ سال بر اساس نمونه‌گیری در دسترس با مراجعه به مدارس استثنایی شهر تهران انتخاب و به‌طور تصادفی در دو گروه تجربی و کنترل تقسیم شدند. دستگاه کینکت ایکس باکس ۳۶۰ (مایکروسافت، نیویورک، ایالت متحده) به‌عنوان ابزار درمانی جهت مداخلات واقعیت مجازی استفاده شد. برای اندازه‌گیری حس وضعیت مفصل آرنج از دستگاه ژیروسکوپ استفاده شد. گروه تجربی در برنامه‌های واقعیت مجازی شرکت کردند، اما گروه کنترل برنامه‌های درمانی سنتی خود را ادامه دادند. از آزمون‌های آماری t مستقل و وابسته در سطح P<۰/۰۵ با استفاده از نرم‌افزار اس پی اس اس نسخهٔ ۱۸ استفاده شد.

**یافته‌ها:** در مرحلهٔ پیش‌آزمون تفاوت معناداری بین دو گروه تجربی و کنترل در حس وضعیت مفصل وجود نداشت (P=۰/۹۴۴، df=۱۸، t=۰/۰۷). در مرحلهٔ پس‌آزمون، تمرینات مجازی به نمرات بهتر گروه تجربی منجر شد (P=۰/۰۳۴، df=۱۸، t=۲/۳). بر اساس نتایج آزمون t وابسته تمرینات مجازی سبب بهبود معناداری در حس وضعیت مفصل آزمودنی‌ها در گروه تجربی شد (P=۰/۰۰۳، df=۹، t=۴/۰۶۱).

**نتیجه‌گیری:** از واقعیت مجازی می‌توان به‌عنوان روش درمانی مناسب در بهبود حس عمقی کودکان فلج مغزی همی‌پلاژی استفاده کرد. این نوع درمان بهبود معناداری در حس وضعیت مفصل کودکان فلج مغزی همی‌پلاژی به‌دنبال داشت، زیرا به آنها اجازه می‌داد تا در معرض تجاربی قرار بگیرند که در شرایط معمول برای آنها دشوار یا خطرناک بود.

**استناد:** پورآذر، مرتضی؛ باقرزاده، فضل‌اله؛ و حومنیان، داوود (۱۴۰۳). تأثیر مداخلهٔ تمرینی با استفاده از رویکرد واقعیت مجازی بر عملکرد حس عمقی مفصل آرنج در کودکان همی‌پلاژی. *نشریهٔ رشد و یادگیری حرکتی ورزشی*، (۲)۱۶، ۱۷-۵.

DOI: https://doi.org/10.22059/jsmdl.2023.360123.1730

این نشریهٔ علمی رایگان است و حق مالکیت فکری خود را بر اساس لایسنس کریتیو کامنز CC BY-NC 4.0 به نویسندگان واگذار کرده است. تارنما: https://jsmdl.ut.ac.ir/ | رایانامه: jsmdl@ut.ac.ir

ناشر: انتشارات دانشگاه تهران. © نویسندگان.

## مقدمه

فلج‌مغزی به‌عنوان یک اختلال رشدی پیشرونده در حرکت و پاسچر که به آسیب‌های غیرپیشرونده در مغز نابالغ نسبت داده می‌شود، شیوعی برابر با ۲ تا ۲/۵ مورد در هر ۱۰۰۰ تولد زنده دارد (پورآذر و همکاران، ۲۰۲۱). همی‌پلاژی یا فلج ناکامل یک سمت بدن در حدود یک‌سوم کودکان مبتلا به فلج‌مغزی وجود دارد که کودک مبتلا دچار اختلالات حسی و حرکتی در سمت مبتلاست (کاتیرسی[1] و همکاران، ۲۰۲۳). کودکان مبتلا به فلج‌مغزی همی‌پلاژی دارای اختلالات حس عمقی در سمت اندام غیربرتر خود هستند (کاتیرسی و همکاران، ۲۰۲۳). حس عمقی یک کیفیت حسی- پیکری پیچیده است که در آن آوران‌هایی از تارهای مختلف عضلانی، مفصلی و پوستی بکار گرفته می‌شود و شامل دو عنصر یعنی حس حرکت عضو (حس حرکتی) و موقعیت ایستای اندام (حس موقعیت مفصل) است (ریاحی و همکاران، ۱۴۰۱). کودکان مبتلا به فلج‌مغزی تمایل دارند تا برای حفظ تعادل و موقعیت‌یابی اندام‌های خود به‌طور نامناسبی بر دروندادهای بینایی تکیه کنند که ممکن است منعکس‌کنندهٔ نواقصی در حس عمقی این افراد باشد (مانیکا[2] و همکاران، ۲۰۲۱).

هدف از درمان‌های مرتبط با فیزیوتراپی در کودکان فلج مغزی بهبود یادگیری حرکتی از طریق تمرینات حرکتی و عملکردی با درگیر کردن محرک‌های حسی متعدد است (پورآذر و همکاران، ۲۰۲۳). بر اساس نظر وینگرت[3] و همکاران (۲۰۰۹) انطباق بینایی با نواقص حس عمقی در فلج مغزی یک رویکرد جبرانی احتمالی محسوب می‌شود و دیدن عضو آسیب‌دیده در طول تکلیف به‌دقت عملکردی بهبودیافته منجر می‌شود (وینگرت و همکاران، ۲۰۰۹). این دروندادهای بینایی می‌توانند به‌منظور بهبود ادراک به‌طور تدریجی کاهش یابند. بهینه‌سازی بینایی را می‌توان از طریق به‌کارگیری واقعیت مجازی در مداخلات تمرینی کودکان مبتلا به فلج‌مغزی اعمال کرد که به‌طور ویژه در مراحل اولیهٔ فرایند توانبخشی تا زمانی‌که ادراک دقیقی از حرکات بدن ارائه –شود، می‌توان در هنگام تمرین و یادگیری حرکات به آنها اتکا کرد (چن[4] و همکاران، ۲۰۱۵). واقعیت مجازی اخیراً به‌عنوان یکی از روش‌های درمانی در توانبخشی افراد مبتلا به فلج مغزی استفاده شده است. در این محیط فرد دیگر صرفاً یک مشاهده‌گر بیرونی و غیرفعال تصاویر رایانه‌ای نیست، بلکه به‌عنوان یک مشارکت‌کنندهٔ فعال در فضای مجازی سه‌بعدی رایانه عمل می‌کند و قادر است فضای مجازی را با اعمال و ارادهٔ خود دستکاری کند و موقعیت و شرایط بیرونی را با تمرکز بر فعالیت مورد علاقه به فراموشی بسپارد. تحقیقات قبلی نشان داده‌اند که سیستم‌های مجازی می‌توانند ابزار مؤثری برای بهبود عملکردی در اندام فوقانی باشند (چن و همکاران، ۲۰۱۵). سیستم‌های مجازی نه‌تنها اطلاعات مفیدی را برای فیزیوتراپیست فراهم می‌کنند، بلکه به بیمار بازخورد مورد نیاز برای فعالیت‌ها را می‌دهند (لوین[5] و همکاران، ۲۰۰۹). یافته‌ها حاکی از غنی‌سازی اطلاعات ورودی حس عمقی از طریق تمرینات واقعیت مجازی است (جانگ[6] و همکاران، ۲۰۲۲).

رویکردهای مجازی به‌کار گرفته‌شده در تحقیقات پیشین مرتبط با حس عمقی در افراد مبتلا به فلج‌مغزی اغلب درمان‌محور بودند که به‌نوعی داده‌های اسمی را موجب شده‌اند و اغلب شامل گروه کنترل نبودند(پورآذر و همکاران، ۲۰۲۱). تنها در یک مطالعه که تأثیر تحریکات همزمان حس سطحی و عمقی بر عملکرد حرکتی اندام فوقانی کودکان فلج مغزی بررسی شد، بعد از اعمال تحریکات همزمان حس سطحی و عمقی، عملکرد حرکتی اندام فوقانی به‌صورت معناداری بهبود یافت ( قره‌باغی و همکاران،۲۰۱۰). از طرفی، تحقیقات قبلی نشان داده‌اند که تمرینات مجازی می‌توانند ابزار مؤثری برای بهبود عملکرد در اندام فوقانی کودکان فلج مغزی باشند (فانگ[7] و همکاران، ۲۰۲۱). با وجود این، محققان تحقیقی نیافتند که به بررسی نقش این تمرینات در بهبود قابلیت حس عمقی اندام فوقانی این کودکان پرداخته باشد. زمانی‌که محیط مجازی بلافاصله اطلاعات بازخوردی را برای فرد فراهم کند، بیماران می‌توانند وادار به بهبود عملکرد خود در زمان واقعی شوند. بازخورد عملکرد در یادگیری حرکتی بسیار مهم است و همچنین ابزار مؤثری برای دادن حس مولد در بیمار در زمان درمان است (مورن[8] و همکاران، ۲۰۱۴).

---

1. Katırcı
2. Monica
3. Wingert
4. Chen
5. Levin
6. Jung
7. Fong
8. Morone

روی‌هم‌رفته این نتایج پتانسیل بهبود مهارت‌های حرکتی را در کودکان مبتلا به فلج مغزی نشان می‌دهد. با وجود این، تاکنون تعداد شرکت‌کنندگان نسبتاً اندک بوده و همچنین نتیجه‌گیری بر محیط طبیعی به مقدار زیادی بی‌پاسخ مانده است (اسنایدر[1] و همکاران، ۲۰۱۰). از طرفی، بهبود در جنبش‌شناسی حرکتی در میان گروه بزرگ‌تری از کودکان فلج مغزی در ارتباط با مداخلات مجازی توسط محققان نشان داده شده است (بری[2] و همکاران، ۲۰۱۱؛ هاوکرافت[3] و همکاران، ۲۰۱۲)، اما آنها در پژوهش‌های خود انتقال به محیط طبیعی را بررسی نکردند. علاوه‌براین، یافته‌ها نشان دادند که مداخلات مجازی فاقد تأثیر معنادار بر عملکرد حرکتی است (هریس و رید[4] ۲۰۰۵). ازاین‌رو با توجه به یافته‌های متناقض مذکور و همچنین تحقیقات محدود در خصوص بررسی تأثیرات واقعیت مجازی بر عملکرد حس عمقی اندام فوقانی کودکان فلج مغزی و همچنین محدودیت کودکان فلج مغزی در حرکات سوپینیشن و پرونیشن ساعد و اسپاستیسیتی در عضلات مفصل آرنج، هدف تحقیق حاضر بررسی تأثیرات برنامهٔ تمرینی در محیط مجازی بر قابلیت حس عمقی مفصل آرنج در کودکان فلج مغزی همی‌پلاژی است. فرض ما بر این است که ویژگی‌های تمرینی بازی‌گونه و مکرر و هماهنگ در محیط‌های مجازی می‌تواند سبب بهبود قابلیت حس عمقی مفصل آرنج در این کودکان شود.

## روش‌شناسی پژوهش

روش پژوهش حاضر نیمه‌تجربی است که با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون اجرا شده و از لحاظ هدف کاربردی است.

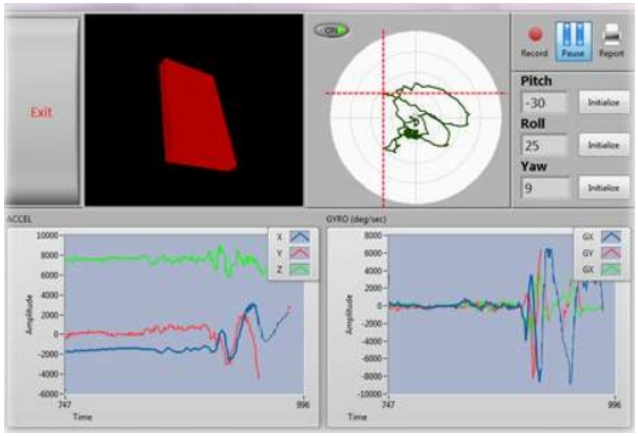
### شرکت‌کنندگان

۲۰ پسر مبتلا به فلج مغزی با دامنهٔ سنی ۷-۱۲ سال با مراجعه به مدارس استثنایی شهر تهران و بر اساس نمونه‌گیری در دسترس به‌طور تصادفی در دو گروه تجربی و کنترل تقسیم شدند. شدت اختلال حرکتی توسط فیزیوتراپ و با استفاده از سیستم طبقه‌بندی عملکرد حرکتی درشت (GMFCS) تعیین می‌شد. GMFCS یک سیستم طبقه‌بندی پنج‌سطحی است که عملکرد حرکتی درشت کودکان مبتلا به فلج مغزی را بر اساس قابلیت حرکتی آنها و با تأکید ویژه بر نشستن، ایستادن و حرکت با ویلچر توصیف می‌کند (میلر، ۲۰۰۵). کودکانی که در سطح ۱ تا ۳ قرار دارند، می‌توانند بدون استفاده از ویلچر حرکات خود را انجام دهند و لذا در تحقیق حاضر استفاده می‌شوند، ولی از سطح ۴ و ۵ استفاده نمی‌شود. به‌منظور تعیین معیارهای ورود و خروج شرکت‌کنندگان به پژوهش، ابتدا پروندهٔ پزشکی آنها بررسی شد. معیارهای ورود شامل موارد زیر بود: جنسیت (که شامل پسران بود)، ابتلا به فلج‌مغزی از نوع همی‌پلاژی، سنین بین ۷ تا ۱۲ سال سطح طبیعی بینایی و شنوایی، و توانایی دست در حرکت به سمت جلو به اندازهٔ نیمی از طول بازو. معیارهای خروج نیز شامل موارد زیر بود: تزریق بوتولینوم توکسین نوع A یا داشتن عمل جراحی در طول شش ماههٔ قبل از پژوهش یا در طول دورهٔ تحقیق، عقب‌ماندگی ذهنی متوسط تا شدید، آسیب‌های جراحتی سر، نقص توجهی شدید، ابتلا به بیماری‌های روانی یا بیماری‌های تخریب عصبی و بیماری صرع.

1. Snider
2. Berry
3. Howcroft
4. Harris & Reid

## ابزار

به‌منظور اندازه‌گیری حس وضعیت مفصل آرنج نیز از ژیروسکوپ ساخته‌شده توسط شرکت دانش‌پژوهان امروز استفاده می‌شود. این دستگاه به‌گونه‌ای استفاده شده است که قابلیت اتصال روی اندام‌های مختلف بدن را با استرپ دارد و با حرکت مفاصل میزان حرکت انجام‌گرفته در مفاصل را نشان می‌دهد. با حرکت اندام و ایجاد حرکت در مفصل، گونیامتر دیجیتال که روی قسمت پروگزیمال مفصل و روی اندام متصل شده است، دامنهٔ حرکتی مفصل را بر حسب درجه نشان می‌دهد. بازسازی خطای حس عمقی که در حال حاضر توسط الکتروگونیامتر انجام می‌شود، برای اندام‌های خاص با سنسورهای مختلف و قیمت‌های گزاف قابلیت استفاده دارد. اما با استفاده از دستگاه ژیروسکوپ می‌توان تنها با یک سنسور و با استرپ‌های مختلف به این مهم دست یافت. روایی این دستگاه در قیاس با فلکسومتر لیتون ۰/۹۱ و پایایی این دستگاه در پنج اندازه‌گیری برابر با ۰/۹۷ = ICC گزارش شده است (شیخ و همکاران، ۲۰۱۸).




**شکل ۱.** نمایی از خروجی داده‌های مربوط به دستگاه ژیروسکوپ

**شکل ۲.** اجرای تکلیف حس عمقی توسط شرکت‌کننده

به‌منظور انجام تمرینات واقعیت مجازی از دستگاه Xbox استفاده می‌شود. این دستگاه دارای رزولوشن تصویر ۱۹۲۰×۱۰۸۰، و مجهز به ۵ پورت USB (Universal Serial Bus)، یک پورت مخصوص Kinect، خروجی‌های HDMI وAV، خروجی TOSLINK و همچنین شبکه بی‌سیم Wi-Fi بود.

**شکل ۳.** تصویر شماتیک پرتاب بولینگ در بازی *Xbox*

## روند اجرای پژوهش

ابتدا رضایت‌نامه‌های کتبی از والدین و یا سرپرستان شرکت‌کنندگان در تحقیق جمع‌آوری شد. برای ثبت نمرات حس وضعیت مفصل در آزمودنی‌های فلج‌مغزی، از آنها خواسته شد تا در وضعیت طاقباز قرار بگیرند(در این حالت مفصل آرنج به سمت عقب حرکت نمی‌کند). در شروع ارزیابی، زاویهٔ ۲۰ درجهٔ مفصل آرنج دست غیربرتر (دست درگیر) به‌عنوان زاویهٔ پایه برای هر دو گروه آزمودنی فلج‌مغزی (گروه آزمایشی و گروه کنترل) در نظر گرفته شد. این زاویه ضروری در نظر گرفته می‌شود، به این دلیل که کودکان فلج‌مغزی همی‌پلاژی در اجرای حرکات با دامنهٔ حرکتی کامل در مفصل آرنج با محدودیت‌هایی روبه‌رو هستند (گراس، ۱۹۸۷). پس از نصب ژیروسکوب در مفصل آرنج، آزمودنی‌ها به‌صورت فعال چهار مرتبه ساعد خود را تا زاویهٔ ۶۰ درجه فلکشن (زاویهٔ هدف) حرکت می‌دادند و زمانی که به این زاویه می‌رسیدند، آزمونگر به آنها اطلاع می‌داد و از آنها خواسته می‌شد تا به مدت ۵ ثانیه آرنج را در همان وضعیت نگه‌دارند و زاویهٔ دقیق آرنج را به خاطر بسپارند(شیخ، شهربانیان و مینونژاد، ۲۰۱۸). در ادامه و به‌منظور حذف بینایی در حین اندازه‌گیری، چشم‌های آزمودنی با چشم‌بند بسته شده و از وی خواسته می‌شد پس از ۷ ثانیه آرنج را به‌صورت فعال حرکت دهد تا زاویهٔ هدف را مجدداً بازسازی کند و آن را با کلمهٔ «رسیدم» اعلام کند. میزان اختلاف موجود بین زاویهٔ ایجادشده توسط آزمودنی (زاویهٔ تخمین زده‌شده یا بازسازی‌شده) با زاویهٔ هدف (۶۰ درجه)، بدون در نظر گرفتن مثبت یا منفی بودن جهت حرکت به‌عنوان زاویهٔ خطای مطلق ثبت می‌شد. هر حرکت ۴ مرتبه تکرار شد و در نهایت میانگین سه زاویهٔ خطای به‌دست‌آمده به‌عنوان رکورد اصلی برای هر حرکت در نظر گرفته شد و نتایج به‌دست‌آمده به‌عنوان رکورد هر آزمودنی ثبت شد (از مجموع چهار تکرار، حرکت اول آزمایشی و سه حرکت بعدی اصلی بود که ثبت می‌شد). در مرحلهٔ بعد ۱۰ کودک همی‌پلاژی حاضر در گروه آزمایشی به مدت سه هفته (سه روز در هر هفته) به انجام تمرینات بولینگ در محیط مجازی پرداختند. طول مدت زمان تمرین آزمودنی‌های این گروه به مدت یک ساعت در روزهای تمرینی بود و در هر زمانی‌که احساس خستگی داشتند، می‌توانستند استراحت کنند. گروه کنترل فاقد هرگونه تمرین از نوع واقعیت مجازی بود. پس از اتمام دورهٔ تمرینی، آزمودنی‌های هر دو گروه (آزمایشی و کنترل) مجدداً به آزمایشگاه برگشتند و حس عمقی مفصل آرنج ارزیابی مجدد شد.

## روش آماری

در بخش آمار توصیفی شاخص‌های مرکزی و پراکندگی مربوط به اندازه‌های گروه‌های تجربی محاسبه شد. در بخش آمار استنباطی، از آزمون شاپیروویلک به‌منظور آگاهی از طبیعی بودن توزیع داده‌ها استفاده شد و آزمون‌های آماری t مستقل و وابسته نیز در سطح ۰/۰۵ >P به‌کار گرفته شدند. تمامی تجزیه‌وتحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار اس پی اس اس نسخهٔ ۱۸ انجام گرفت.

## یافته‌های پژوهش

در ابتدا نبود تفاوت معنادار متغیرهای جمعیت‌شناختی در پیش‌آزمون بین دو گروه تجربی و کنترل از طریق آزمون *t* مستقل بررسی شد که ویژگی‌های دموگرافیک کودکان فلج مغزی به تفکیک میانگین و انحراف استاندارد سن، قد و وزن در جدول ۱ گزارش شده است.

**جدول ۱.** آمار توصیفی شاخص‌های دموگرافیک آزمودنی‌ها و مقایسهٔ آنها (آزمون t مستقل)

| متغیرها | گروه‌ها | میانگین | انحراف استاندارد | t | p |
|---|---|---|---|---|---|
| **سن** | تجربی | ۹/۲ | ۱/۷۵ | −۱/۵۷ | ۰/۱۳ |
| | کنترل | ۱۰/۶ | ۱/۶۴ | | |
| **قد** | تجربی | ۱۱۸ | ۲/۱۰ | ۱/۱۳ | ۰/۲۷ |
| | کنترل | ۱۱۶/۹ | ۲/۲۳ | | |
| **وزن** | تجربی | ۲۴/۴ | ۱/۸۷ | ۰/۸۹ | ۰/۳۸ |
| | کنترل | ۲۴/۴ | ۲/۱۱ | | |

بر اساس نتایج آزمون t مستقل، تفاوت معناداری در شاخص‌های دموگرافیک سن، قد و وزن کودکان فلج مغزی همی‌پلاژی در دو گروه تجربی و کنترل وجود نداشت.

**شکل ۴.** میانگین نمرات مربوط به حس عمقی مفصل آرنج در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون گروه‌های پژوهش

توزیع طبیعی داده‌های پیش‌آزمون متغیرهای پژوهش از طریق آزمون کولموگروف–اسمیرنوف تأیید شد (P> ۰/۰۵). در ادامه نتایج آزمون t مستقل برای مقایسهٔ گروه‌ها در پیش‌آزمون و پس‌آزمون در جدول ۲ گزارش شده است.

**جدول ۲.** نتایج آزمون t مستقل برای مقایسهٔ حس وضعیت مفصل گروه‌ها در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

| متغیرها | گروه‌ها | میانگین | انحراف استاندارد | t | df | p |
|---|---|---|---|---|---|---|
| پیش‌آزمون | تجربی | ۱۲ | ۶/۱۶ | ۰/۰۷۱ | ۱۸ | ۰/۹۴ |
| | کنترل | ۱۲/۳ | ۷/۴۳ | | | |
| پس‌آزمون | تجربی | ۶/۲ | ۴/۴۹ | ۲/۳ | ۱۸ | ۰/۰۳۴ |
| | کنترل | ۱۳/۴ | ۳/۸۲ | | | |

نتایج آزمون t مستقل نشان داد که هرچند در مرحلهٔ پیش‌آزمون تفاوت معناداری بین دو گروه تجربی و کنترل در حس وضعیت مفصل وجود نداشت (P=۰/۹۴، df=۱۸، t=۰/۰۷۱)، تمرینات مجازی به نمرات بهتر گروه تجربی در مرحلهٔ پس‌آزمون منجر شد (P=۰/۰۳۴، df=۱۸، t=۲/۳).

**جدول ۳.** نتایج آزمون t وابسته در خصوص مقایسهٔ نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون در گروه تجربی و کنترل

| گروه | مراحل | میانگین (خطای بازسازی مفصل) | انحراف استاندارد | اختلاف میانگین | T | P |
|---|---|---|---|---|---|---|
| تجربی | پیش‌آزمون | ۱۲ | ۶/۱۶ | ۵/۸ | ۴/۰۶ | ۰/۰۰۳ |
| | پس‌آزمون | ۶/۲ | ۴/۴۹ | | | |
| کنترل | پیش‌آزمون | ۱۲/۳ | ۷/۴۳ | ۱/۱ | ۱/۲۵ | ۰/۲۴ |
| | پس‌آزمون | ۱۳/۴ | ۳/۸۲ | | | |

بر اساس نتایج آزمون t وابسته تمرینات مجازی سبب بهبود معناداری در حس وضعیت مفصل آزمودنی‌ها در گروه تجربی شد (P=۰/۰۰۳، t=۴/۰۶).

## بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که برنامهٔ تمرینی واقعیت مجازی سبب بهبود معنادار حس عمقی مفصل آرنج در کودکان مبتلا به فلج مغزی همی‌پلاژی می‌شود. یافته‌های ما در خصوص به‌کارگیری سیستم‌های واقعیت مجازی در کودکان مبتلا به فلج مغزی با نتایج پورآذر و همکاران (۲۰۲۱) همراستاست. آنها در پژوهش خود نشان دادند که تمرینات واقعیت مجازی می‌تواند تعادل پویا را در کودکان فلج مغزی بهبود دهد. تمرینات واقعیت مجازی علاوه‌بر تمرین دادن اندام‌ها، می‌تواند با غنی‌سازی اطلاعات ورودی حس عمقی به تمرین بدن بپردازد (جانگ[1] و همکاران، ۲۰۲۲). اثربخشی تمرینات واقعیت مجازی بر قابلیت حس عمقی کودکان مبتلا به فلج مغزی را می‌توان در بهبود

1. Jung

فعالیت عضلانی آنها جست‌وجو کرد. این کودکان به دلیل محدودیت در فعالیت فیزیکی با مشکل ضعف عضلانی مواجه‌اند، ضعف در عضلات با اختلال در هماهنگی عصبی – عضلانی و نارسایی گیرنده‌های حس عمقی همراه است (پورآذر و همکاران، ۲۰۲۳).

اثربخشی تمرینات واقعیت مجازی در بهبود قابلیت حس عمقی در برخی از تحقیقات نیز گزارش شد (هورلینگز[1] و همکاران، ۲۰۰۹؛ لواک[2] و همکاران، ۲۰۱۲). برای مثال هورلینگز و همکاران (۲۰۰۹) تأیید کردند که تمرینات واقعیت مجازی می‌تواند دروندادهای بینایی و حس عمقی واقعی‌تری را فراهم کند. پژوهشگران دیگر نیز تعداد نه عنصر بالقوه فعال در نتیجهٔ درمان‌های مبتنی بر واقعیت مجازی را پیشنهاد کردند که می‌تواند به کودکان کمک کند تا مهارت‌های حرکتی خود را ارتقا دهند. این عناصر عبارت بودند از: ۱. ایجاد فرصت‌های تمرینی، به این دلیل که تمرین تکلیف تکراری سبب ایجاد مهارت در توانایی‌های عملکردی می‌شود، ۲. اصل ویژگی تمرین بین حرکات در محیط واقعیت مجازی و دنیای واقعی، ۳. انعطاف‌پذیری در انفرادی کردن شاخص‌های درمانی، ۴. بازخورد بینایی و/ یا شنوایی، ۵. برابری بازی اجتماعی جهت مشارکت در موقعیت بازی، ۶. تغییرات نوروپلاستیسیتی، ۷. فرایند حل مسئله از طریق زمینه‌های مجازی مختلف، ۸. انگیزش، به این دلیل که کودکان می‌توانند با همسالان خود به رقابت بپردازند و ۹. نقش یک فرد حمایت‌کننده (والدین یا تراپیست) به‌همراه تشویق یا بازخورد کلامی (لواک و همکاران،۲۰۱۲). کودکان مبتلا به فلج مغزی در پژوهش حاضر نیز ممکن است از عناصر یادشده توسط لواک و همکاران (۲۰۱۲) بهره برده باشند که این مورد را می‌توان در نمره‌های بالاتر آنها در مقایسه با گروه کنترل مشاهده کرد.

بر اساس نظریهٔ یادگیری حرکتی، لازمهٔ یادگیری و بازآموزی اجرای تمرینات مکرر در موقعیت‌های محیطی و فیزیکی متنوع و با به‌کارگیری بازخوردهای مناسب است (فانگ[3] و همکاران، ۲۰۲۱). برخی تحقیقات نشان داده‌اند که کاوش در محیط واقعیت مجازی سبب فعال‌سازی نواحی قشری و زیر قشری می‌شود (چوی[4] و همکاران، ۱۹۸۰؛ بولتون[5] و همکاران، ۲۰۱۲). در پژوهش حاضر تمرینات واقعیت مجازی مکرر به واسطهٔ انجام فعالیت‌های هدفمند به شکل بازی بولینگ و از طریق مشاهدهٔ مانیتور قرار گرفته در مقابل آزمودنی‌ها میسر بود. یافته‌های پژوهشی دلایل مزیت واقعیت مجازی برای کودکان فلج مغزی را مواردی نظیر استقلال یا تعامل با دیگران، نظارت یا بدون نظارت یک متخصص، و همچنین تمرین در خانه (تمرین آنلاین) نام برده‌اند(پورآذر و همکاران، ۲۰۲۲). همچنین محیط جذاب و انگیزانندهٔ تمرینات مجازی می‌تواند جلب مشارکت و تشویق فرد به ادامهٔ هر چه بیشتر تمرینات و رضایت کودک فلج‌مغزی را به‌دنبال داشته باشد (ریو[6] و همکاران، ۲۰۲۲). در تحقیق حاضر نیز کودکان فلج‌مغزی می‌توانستند از طریق انجام بازی بولینگ در یک محیط جذاب به موارد مذکور دست یابند.

با وجود این، بعضی یافته‌ها از مداخلات واقعیت مجازی حمایت نکرد (رید و کمپل،۲۰۰۶؛ کاروگر و همکاران،۲۰۰۹). ممکن است دلیل ناهمخوانی یافته‌های تحقیق حاضر با تحقیق رید و کمپل (۲۰۰۶) اختلاف در ابزارهای اندازه‌گیری متفاوت باشد. آنها در تحقیق خود از آزمون کیفیت اندام فوقانی[7] استفاده کرده بودند، درحالی‌که در پژوهش حاضر، دستگاه اندازه‌گیری حس عمقی به‌عنوان ابزار پژوهش بکار گرفته شد. همچنین تناقض یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج تحقیق کاروگر و همکاران (۲۰۰۹) نیز می‌تواند به‌دلیل تأثیرات متفاوت تمرینات واقعیت مجازی بر روی آزمودنی‌های مختلف باشد. به‌طوری‌که آنها از افراد دارای جراحت سوختگی به‌عنوان شرکت‌کننده استفاده کرده بودند، درحالی‌که نمونه‌های پژوهش حاضر را کودکان مبتلا به فلج‌مغزی تشکیل می‌دادند. کودکان همی‌پلاژی به دلیل ترس و خجالت از انجام نامناسب فعالیت‌ها با اندام مبتلا، ناکافی بودن و همچنین نداشتن تجارب حسی – حرکتی طبیعی و تجربیات منفی ناشی از کاربرد اندام سمت مبتلا به‌صورت تدریجی یاد می‌گیرند که فعالیت‌ها را منحصراً با سمت سالم خود انجام دهند (پورآذر و همکاران، ۲۰۲۲). از طرفی، با استفاده از فناوری واقعیت مجازی، کودکان پژوهش حاضر می‌توانستند در محیط کنترل‌شده به اجرای تمرینات بپردازند. این تمرینات می‌تواند از وظایف ساده تا وظایف پیچیده تغییر کنند، چراکه در این محیط می‌توان سرعت، شدت و سطح حرکات را به‌نحو دقیقی تنظیم کرد (جانگ و همکاران، ۲۰۲۲). همچنین کودکان فلج مغزی پژوهش حاضر می‌توانستند میزان موفقیت خود در اجرای

1. Horlings
2. Levac
3. Fong
4. Choy
5. Bolton
6. Ryu
7. Quality of Upper Extrimity (QUEST)

تمرینات را مشاهده کنند و به اجرای وظایف متفاوت بپردازند. در طول به‌کارگیری تمرینات واقعیت مجازی، درمانگر نیز می‌تواند حرکات کودکان را دنبال کند و آنها را آنالیز نماید. بنابراین، می‌توان واقعیت مجازی را محیطی برتر جهت ارتقای روند درمان در نظر گرفت جایی که در آن شخص بدون هیچ‌گونه احساس ترسی می‌تواند به اجرای فعالیت و اکتشاف محیط بپردازد. از محدودیت‌های تحقیق حاضر می‌توان تعداد آزمودنی‌ها (۲۰ کودک فلج مغزی تحقیق حاضر)، نوع فلج‌مغزی(تنها فلج مغزی همی‌پلاژی)، دامنهٔ سنی (فقط سنین بین ۷ تا ۱۲)، جنسیت (تنها گروه پسران)، تکلیف واقعیت مجازی (فقط بازی بولینگ) و طول مدت مداخلات مجازی (دورهٔ سه‌هفته‌ای) را نام برد. بنابراین یافته‌های پژوهش حاضر را نمی‌توان به انواع دیگر ابتلا به فلج مغزی تعمیم داد. با توجه به ویژگی‌هایی مانند لذت‌بخشی، آزادانه بودن فعالیت، بازی و تمرین در محیط واقعیت مجازی، چنانچه مربیان و معلمان و کاردرمان‌ها بازی‌های واقعیت مجازی مرتبط با سن، جنسیت و ویژگی‌های فردی کودکان فلج مغزی را طراحی کنند، می‌تواند با نتایج مطلوبی همراه باشد. ازاین‌رو پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی نقش جنسیت، نوع تمرین و بازی و همچنین سایر جنبه‌های حرکتی کودکان فلج مغزی نظیر تعادل، راه رفتن و ... بررسی و نتایج آن با یافته‌های پژوهش حاضر مقایسه شود.

## تقدیر و تشکر

از تمامی کودکان همی‌پلاژی و خانواده‌هایشان به‌دلیل همکاری در اجرای پژوهش حاضر سپاسگزاری می‌شود.

## References

Allegrucci, M., Whitney, S., Lephart, S., Irrgang, J., & Fu, F. (1995). Shoulder kinesthesia in healthy unilateral athletes participating in upper extremity sports. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, 21*, 220-226. https://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.1995.21.4.220

Berry, T., Howcroft, J., Klejman, S., Fehlings, D., Wright, V., & Biddiss, E. (2012). Variations in movement patterns during active video game play in children with cerebral palsy. *J. Bioeng. Biomed. Sci. S, 1*. http://dx.doi.org/10.4172/2155-9538.S1-001

Bolton, D. A., Brown, K. E., McIlroy, W. E., & Staines, W. R. (2012). Transient inhibition of the dorsolateral prefrontal cortex disrupts somatosensory modulation during standing balance as measured by electroencephalography. *Neuroreport, 23*(6),369-372.https://doi.org/ 10.1097/WNR.0b013e328352027c

Carrougher, G. J., Hoffman, H. G., Nakamura, D., Lezotte, D., Soltani, M., Leahy, L., ... & Patterson, D. R. (2009). The effect of virtual reality on pain and range of motion in adults with burn injuries. *Journal of Burn Care & Research, 30*(5), 785-791. https://doi.org/10.1097/BCR.0b013e3181b485d3

Chen, Y., Garcia-Vergara, S., & Howard, A. M. (2015). Effect of a home-based virtual reality intervention for children with cerebral palsy using super pop VR evaluation metrics: a feasibility study. *Rehabilitation research and practice, 2015*. https://doi.org/10.1155/2015/812348

Choy, N. L. (1980). The relationship of the vestibular and proprioceptive systems to dysfunction in verticality perception, posture and movement, after stroke. *Australian Journal of Physiotherapy, 26*(1), 5-16. https://doi.org/10.1016/S0004-9514(14)60797-2

Fong, K. N., Tang, Y. M., Sie, K., Yu, A. K., Lo, C. C., & Ma, Y. W. (2022). Task-specific virtual reality training on hemiparetic upper extremity in patients with stroke. *Virtual Reality*, 1-12. https://doi.org/10.1007/s10055-021-00583-6

Gharebaghi, S., Hadian, M. R., Abdolvahab, M., Dehghan, L., & Faghih Zadeh, S. (2010). The effects of simultaneous activation of exteroception and proprioception on function of upper extremity in children with diplegic spastic cerebral palsy, 3-7 years old. *Journal of Modern Rehabilitation, 4*(3), 53-57. (In Persian).

Gross, M.T. (1987). Effects of recurrent lateral ankle sprains on active and passive judgments of joint position. *Physical Therapy*, 67, 1505-1509. https://doi.org/10.1093/ptj/67.10.1505

Harris, K., & Reid, D. (2005). The influence of virtual reality play on children's motivation. *Canadian journal of occupational therapy*, *72*(1), 21-29. https://doi.org/10.1177/000841740507200107

Horlings, C. G., Carpenter, M. G., Küng, U. M., Honegger, F., Wiederhold, B., & Allum, J. H. (2009). Influence of virtual reality on postural stability during movements of quiet stance. *Neuroscience letters*, *451*(3), 227-231. https://doi.org/10.1016/j.neulet.2008.12.057

Howcroft, J., Klejman, S., Fehlings, D., Wright, V., Zabjek, K., Andrysek, J., & Biddiss, E. (2012). Active video game play in children with cerebral palsy: potential for physical activity promotion and rehabilitation therapies. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, *93*(8), 1448-1456. https://doi.org/10.1016/j.apmr.2012.02.033

Jung, Y. G., Chang, H. J., Jo, E. S., & Kim, D. H. (2022). The Effect of a Horse-Riding Simulator with Virtual Reality on Gross Motor Function and Body Composition of Children with Cerebral Palsy: Preliminary Study. *Sensors*, *22*(8), 2903. https://doi.org/10.3390/s22082903

Katırcı, E., Adıgüzel, H., Katırcı Kırmacı, Z. İ., & Ergun, N. (2023). The relationship between the backward walking and proprioception, trunk control, and muscle strength in children with cerebral palsy. *Irish Journal of Medical Science (1971-)*, 1-9. https://doi.org/10.1007/s11845-022-03270-w

Levac, D., Rivard, L., & Missiuna, C. (2012). "Defining the active ingredients of interactive computer play interventions for children with neuromotor impairments: a scoping review". *Research in Developmental Disabilities*, 33, pp: 214-223. https://doi.org/10.1016/j.ridd.2011.09.007

Levin, M. F., Knaut, L. A. M., Magdalon, E. C., & Subramanian, S. (2009). Virtual reality environments to enhance upper limb functional recovery in patients with hemiparesis. In *Advanced Technologies in Rehabilitation* (pp. 94-108). IOS Press. https://doi.org/10.3233/978-1-60750-018-6-94

Monica, S., Nayak, A., Joshua, A. M., Mithra, P., Amaravadi, S. K., Misri, Z., & Unnikrishnan, B. (2021). Relationship between Trunk Position Sense and Trunk Control in Children with Spastic Cerebral Palsy: A Cross-Sectional Study. *Rehabilitation research and practice*, *2021*, 9758640. https://doi.org/10.1155/2021/9758640

Morone, G., Tramontano, M., Iosa, M., Shofany, J., Iemma, A., Musicco, M., ... & Caltagirone, C. (2014). The efficacy of balance training with video game-based therapy in subacute stroke patients: a randomized controlled trial. *BioMed research international*, *2014*. https://doi.org/10.1155/2014/580861

Pourazar, M., Bagherzadeh, F., & Houmanian, D. (2022). Effects of Movement Practices in Virtual Reality Environment on Range of Motion in Children with Cerebral palsy. *Journal of Sports and Motor Development and Learning*, *14*(1), 1-15. https://doi.org/10.22059/jsmdl.2022.223693.1197 (In Persian)

Pourazar, M., Bagherzadeh, F., & Mirakhori, F. (2021). Virtual reality training improves dynamic balance in children with cerebral palsy. *International Journal of Developmental Disabilities*, *67*(6), 422-427. https://doi.org/10.1080/20473869.2019.1679471

Pourazar, M., Firoozjah, M. H., & Ardakani, M. D. (2023). Improving dynamic balance by self-controlled feedback in children with cerebral palsy. *Human Movement Science*, *90*, 103123. https://doi.org/10.1016/j.humov.2023.103123

Reid, D., & Campbell, K. (2006). The use of virtual reality with children with cerebral palsy: a pilot randomized trial. *Therapeutic Recreation Journal*, *40*(4), 255.

Riyahi, A., Nobakht, Z., Soleimani, F., Rahmani, N., & Sajedi, F. (2022). Relationship Between Functional Classification Systems in Children With Cerebral Palsy. *Archives of Rehabilitation*, *23*(4), 502-517. https://doi.org/10.32598/RJ.23.4.3413.1 (In Persian)

Ryu, J. H., Han, S. H., Hwang, S. M., Lee, J., Do, S. H., Kim, J. H., & Park, J. W. (2022). Effects of Virtual Reality Education on Procedural Pain and Anxiety during Venipuncture in Children: A Randomized Clinical Trial. *Frontiers in Medicine*, *9*. https://doi.org/10.3389/fmed.2022.849541

Sheykh, A., Shahrbanian, S., & Minounejad, H. (2020). Comparison of Knee Proprioception and Postural Stability between Iranian Amateur and Professional Taekwondo Players. *Iranian Journal of Orthopedic Surgery*, *16*(3), 228-235. https://doi.org/10.22034/ijos.2020.121366 (In Persian)

Snider, L., Majnemer, A., & Darsaklis, V. (2010). Virtual reality as a therapeutic modality for children with cerebral palsy. *Developmental neurorehabilitation*, *13*(2), 120-128. https://doi.org/10.3109/17518420903357753

Wingert, J. R., Burton, H., Sinclair, R. J., Brunstrom, J. E., & Damiano, D. L. (2009). Joint-position sense and kinesthesia in cerebral palsy. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, *90*(3), 447-453. https://doi.org/10.1016/j.apmr.2008.08.217