

Elderly, Consequences of Falling, and Evolutionary Exercises: A Review

Hamed Arghavani^{1*}, Vahid Zolaktaf², Shahram Lenjannejadian³

- 1- PhD Candidate of Corrective Exercise and Sport Injury, Faculty of Physical Education, Isfahan University, Isfahan, Iran
- 2- Associate Professor of Sport Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education, Isfahan University, Isfahan, Iran
- 3- Assistance professor of Sport Biomechanics, Faculty of Physical Education, Isfahan University, Isfahan, Iran

Received: 2017.December.11

Revised: 2018. March.07

Accepted: 2018.March.22

Abstract

Background and Aim: Attention to the phenomenon of aging, fall, consequences of falling, and finding methods to prevent falling in the elderly are points of interest to many researchers. On the other hand, choosing exercises that, in limited time, can bring about high effects with minimum facilities, are their ultimate goal. Therefore, the aim of the present review study was to investigate the consequences of falling and evolution of training in the elderly.

Materials and Methods: In the current study by searching among related articles published from 1984 to 2017 in the field of elderly training and valid scientific databases, based on the research criteria, 55 articles were selected as the final articles for the present review study.

Results: Increasing age is associated with impaired systematicity of the human body and overall the ability to respond to perturbation decreases affecting the balance control and leading to increase in the chances of falling, which is one of the main causes of mortality in the elderly. Risk factors of strength disorder, balance, and reaction time are the most important causes of falls, and finally, balance disorder is one of the strongest and most important factors in the control of balance and falling in the elderly. In addition, various training protocols for improving balance and preventing falling have been shown to have conflicting outcomes.

Conclusion: According to the results, if the main mechanisms of postural neurological control and balance are not properly strengthened, any perturbation such as glide, stinging to the edge of the carpet, and like can disrupt the balance and fall and result in irreversible problems. Therefore, further studies are needed to illustrate the effect of training focused on balance control mechanisms in preventing falls and persistence rate of this exercises.

Keywords: Elder; Exercise; Balance; Fall

Cite this article as: Hamed Arghavani, Vahid Zolaktaf, Shahram Lenjannejadian. Consequences of Falling and Evolutionary Exercises: A Review. J Rehab Med. 2019; 7(4): 268-277

* **Corresponding Author:** Hamed Arghavani, PhD Candidate of Corrective Exercise and Sport Injury, Faculty of Physical Education, Isfahan University, Isfahan, Iran.

Email: hamed_arghavani1365@yahoo.com

DOI: 10.22037/jrm.2018.111084.1747

سالمندان، عواقب افتادن و سیر تکاملی تمرینات: مطالعه مروری

حامد ارغوانی^{۱*}، وحید ذوالاکتاف^۲، شهرام لنجان نژادیان^۳

۱. دانشجوی دکتری حرکات اصلاحی و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
۲. دانشیار گروه حرکات اصلاحی و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
۳. استادیار بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

* دریافت مقاله ۱۳۹۶/۰۹/۲۰ بازنگری مقاله ۱۳۹۶/۱۲/۱۶ پذیرش مقاله ۱۳۹۶/۱۲/۲۱ *

چکیده

مقدمه و اهداف

امروزه توجه به پدیده سالمندی، افتادن و عواقب آن و نهایتاً دستیابی به روش‌هایی برای جلوگیری از افتادن از موارد مورد توجه محققان است. از طرفی دیگر، انتخاب تمرینی که در زمان کم، با تاثیرگذاری زیاد و با حداقل امکانات بتواند در زمینه سالمندان مفید باشد، هدف نهایی محققین است؛ بنابراین هدف مطالعه مروری حاضر بررسی عواقب افتادن و سیر تکاملی تمرینات در زمینه سالمندان است.

مواد و روش‌ها

در تحقیق حاضر با جستجوی مقالاتی که از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۷ در زمینه تمرینات سالمندان و افتادن در بانک‌های اطلاعاتی معتبر منتشر شده بود، بر اساس معیارهای تحقیق تعداد ۵۵ مقاله به عنوان مقالات نهایی برای مطالعه مروری حاضر انتخاب شد.

یافته‌ها

یافته‌ها نشان داد افزایش سن با اختلال در سیستم‌های مختلف بدن انسان همراه بوده و در مجموع توانایی پاسخ به اغتشاش قامت کاهش یافته و کنترل تعادل را تحت تاثیر قرار می‌دهد و احتمال افتادن را که یکی از دلایل اصلی مرگ‌ومیر سالمندان است، افزایش می‌دهد. ریسک‌فاکتورهای اختلال قدرت، تعادل و زمان عکس‌العمل، مهمترین دلایل مرتبط با افتادن‌ها می‌باشد و در نهایت نقص تعادل به عنوان قویترین و مهمترین عامل اختلال در کنترل تعادل و افتادن در سالمندان است. از طرفی دیگر، پروتکل‌های تمرینی مختلف در جهت بهبود تعادل و پیشگیری از افتادن نتایج متناقضی ارائه کرده است.

نتیجه‌گیری

به نظر می‌رسد اگر مکانیسم‌های اصلی کنترل عصبی پاسچر و تعادل به درستی تقویت نشود، ایجاد هر گونه اغتشاشی مانند سر خوردن، گیر کردن پا به لبه فرش و موارد مشابه می‌تواند باعث اختلال در تعادل و افتادن و مشکلات جبران‌ناپذیر شود؛ بنابراین مطالعات بیشتری مورد نیاز است تا اثر تمرینات متمرکز بر مکانیسم‌های کنترل تعادل را در پیشگیری از افتادن و میزان ماندگاری اثر این تمرینات نشان دهد.

واژه‌های کلیدی

سالمندان؛ تمرینات؛ تعادل؛ افتادن

نویسنده مسئول: حامد ارغوانی، دانشجوی دکتری حرکات اصلاحی و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی،

دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

آدرس الکترونیکی: Hamed_arghavanil365@yahoo.com

مقدمه و اهداف

طبق منابع علمی، سن سالمندی بالای ۶۰ سال اعلام شده است.^[۱] سالمندی بخشی از فرآیند زیستی است که تمام موجودات زنده از جمله انسان را دربر می‌گیرد. با پیشرفت بهداشت و ارائه مراقبت‌های پیشگیرانه و کنترل بیماری‌های واگیردار، طول عمر انسان بیشتر شده، به طوری که شمار سالمندان به خصوص در کشورهای پیشرفته و در حال توسعه به شدت افزایش یافته است. پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که تا سال ۲۰۲۵، افراد سالمند ۲۶ درصد از کل جمعیت جهان را تشکیل خواهند داد.^[۲] این آمار و ارقام ضرورت توجه به پدیده سالمندی را بیش از پیش به اثبات می‌رساند؛ از این رو تامین سلامت سالمندان در ابعاد مختلف جسمانی، حرکتی، روانی و اجتماعی همواره مورد توجه محققین بوده است.^[۳، ۴]

افزایش سن به واسطه اختلال در عملکرد حرکتی، با کاهش توانایی نگهداری قامت بدن و افت عملکرد سیستم‌های کنترل قامت مانند کاهش قدرت، سرعت، سیستم‌های حسی، هماهنگی و کنترل عصبی همراه است که خود باعث کاهش تحرک عملکردی، مشکلات اجتماعی و فیزیولوژیکی شده و در نهایت باعث افزایش ریسک افتادن می‌شود.^[۵] افتادن‌ها یک عامل اصلی آسیب و مرگ‌ومیر در میان سالمندان و یک موضوع مهم سلامت عمومی می‌باشد و یک سوم افراد بالای ۶۵ سال و یک دوم افراد بالای ۸۰ سال یک بار در سال افتادن را تجربه می‌کنند.^[۶] مشکل تعادل و افتادن در سالمندان و پیامدهای بعد آن به پنجمین عامل مرگ‌ومیر آنها تبدیل شده است؛ در نتیجه اگر بتوان با استفاده از مداخلات مختلف (دارویی، بینایی، تمرینات ورزشی و غیره) این اختلالات را معکوس یا کم کرد، می‌توان از ریسک افتادن و پیامدهای جبران‌ناپذیر آن کم کرد.^[۷] تعدادی از مقالات متاآنالیزی و تحقیقات مروری نشان داده اند که از میان همه مداخلات موجود، تمرینات ورزشی بیشترین اهمیت را از نظر اثربخشی و تعمیم‌پذیری به گروه بیشتری از سالمندان جهت پیشگیری از افتادن دارد.^[۸، ۹] تعدادی از مقالات تاثیر تمرینات قدرتی، استقامتی و هوازی، تعادلی، انعطاف‌پذیری^[۱۰] و برخی دیگر تاثیرات ترکیبی این تمرینات^[۱۱] را بررسی کردند و برخی به تاثیرگذاری و برخی به عدم تاثیرگذاری آنها در پیشگیری از افتادن اشاره کرده‌اند.

توجه به پدیده سالمندی، تغییرات سیستم‌های بدن، افتادن و عواقب آن و نهایتاً دستیابی به روش‌هایی برای کاهش سرعت پیری و جلوگیری از افتادن از موارد مورد توجه محققان بوده است. از طرفی دیگر، انتخاب تمرینی که در زمان کم، با تاثیرگذاری زیاد و با حداقل امکانات بتواند در زمینه سالمندان مفید باشد، هدف نهایی محققین بوده است؛ بنابراین هدف مطالعه مروری حاضر از ۲ بخش تشکیل شده است. در بخش اول به تعریف سالمندی، عواقب افتادن و تغییرات سیستم کنترل قامت بدن ناشی از پیری پرداخته می‌شود و بخش دوم مطالعه حاضر به سیر تکاملی تمرینات در سالمندان برای انتخاب بهترین و موثرترین پروتکل تمرین پرداخته است.

مواد و روش‌ها

مقالات مرتبط با موضوع سالمندان و تمرینات با استفاده از موتورهای جستجوگر Science، Google Scholar، PubMed، Direct، Scopus و ProQuest با جستجوی کلمات سالمندان، تمرین، افتادن و تعادل در بازه زمانی ۱۹۸۴ میلادی تا ۲۰۱۷ میلادی انجام شد. در مقاله مروری حاضر کلیه مقالاتی که حاوی کلیدواژه‌های افتادن، سالمندان و تمرین، سالمندان و افتادن، سالمندان و تعادل بودند، مورد جستجو و بررسی قرار گرفت. جستجوی کلی اولیه منجر به دستیابی حدود ۱۳۰۰ مقاله پژوهشی مرتبط شد. پس از بررسی عنوان و خلاصه مقالات یافت‌شده، حدود ۱۴۰ مقاله برای بررسی بعدی انتخاب شد. در نهایت از میان این مقالات و پس از بررسی متن کامل مقالات و با در نظر گرفتن مواردی نظیر اثر تمرین در پیشگیری از افتادن سالمندان و حذف مداخلات غیرتمرینی در پیشگیری از افتادن، تعداد ۵۵ مقاله به عنوان مقالاتی که ارتباط مستقیم با موضوع اصلی داشتند، انتخاب و مورد بررسی قرار گرفتند.

یافته‌ها

سالمندی و عواقب افتادن

سالمندی بخشی از فرآیند زیستی است که تمام موجودات زنده از جمله انسان را دربر می‌گیرد. این تغییرات زیستی با کاهش نیروی حیاتی و تطابقی یعنی کاهش ظرفیت انطباق فرد با شرایط ناگهانی و ناتوانی در ایجاد تعادل مجدد همراه بوده و به تدریج دگرگونی‌هایی را در ساختار و عملکرد اعضای مختلف بدن فرد به وجود می‌آورد.^[۱۲] همچنین با افزایش سن، سیستم‌های اصلی حسی درگیر در تعادل یعنی سیستم بینایی، حسی-پیکری و دهلیزی افول می‌کنند که به موجب آن بدن قادر به شناسایی انحرافات مرکز ثقل و تولید پاسخ‌های عضلانی مناسب و سریع برای اصلاح وضعیت قامت نخواهد بود.^[۱۳] از طرفی دیگر، با پیشرفت بهداشت و ارائه مراقبت‌های پیشگیرانه و کنترل بیماری‌های واگیردار، طول عمر انسان بیشتر شده؛ به طوری که شمار سالمندان به خصوص در کشورهای پیشرفته و در حال توسعه

به شدت افزایش یافته است و پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که تا سال ۲۰۲۵، افراد سالمند ۲۶ درصد از کل جمعیت جهان را تشکیل خواهند داد و انتظار می‌رود تعداد افراد بالای ۶۰ سال در جهان به حدود ۲ میلیارد تا سال ۲۰۵۰ برسد.^[۱۴]

افتادن‌ها یک عامل اصلی آسیب در میان سالمندان و یک موضوع مهم سلامت عمومی می‌باشد. در ساده‌ترین شکل، افتادن زمانی رخ می‌دهد که مقداری از تعادل بدن هنگام ایجاد اغتشاش داخلی و خارجی دچار اختلال شده و به دنبال آن با یک عدم پاسخ مناسب برای بازبایی تعادل همراه است.^[۱۵] شواهد نشان می‌دهد که یکی از دلایل اصلی مرگ‌ومیر سالمندان به آسیب‌های ناشی از افتادن مربوط می‌شود.^[۱۶] تقریباً یک سوم سالمندان بالای ۶۰ سال هنگام انجام فعالیت‌های روزمره یک بار در سال افتادن را تجربه می‌کنند و یک بار افتادن باعث افزایش تعداد افتادن‌های بعدی خواهد شد. نرخ شیوع بین ۲۶۷ تا ۶۶۸ افتادن برای ۱۰۰۰ سالمند در سال تخمین زده شده است. در سال ۲۰۱۲ حدود ۲/۴ میلیون افتادن‌های غیرکشنده که نیاز به درمان‌های اورژانسی داشته است، در ایالات متحده ثبت شده است که آمار کل افتادن مطمئناً بیش از آمار گزارش شده می‌باشد و شواهد نشان می‌دهد ۸۰ درصد افتادن‌ها که منجر به آسیب نمی‌شود، گزارش نمی‌شود.^[۱۷-۱۹] مشخص شده است که ریسک و نرخ افتادن با افزایش سن سالمندی نیز افزایش می‌یابد و پس از افتادن احتمال تکرار در این افراد ۳ برابر سایرین خواهد بود.^[۲۰] مشکل تعادل و افتادن در سالمندان باعث آسیب‌های بدنی (دردها، شکستگی‌ها و مرگ)، فیزیولوژیکال (ترس از افتادن و افسردگی) و مشکلات اجتماعی (گوشه‌گیری و تنهایی، از دست دادن استقلال و هزینه‌های مراقبت پزشکی) می‌شود.^[۲۱] هزینه‌های پزشکی و درمانی ناشی از افتادن تأثیرات منفی زیادی بر جامعه و به خصوص بر خانواده فرد می‌گذارد، همچنین هزینه‌های درمانی که به دولت‌ها در زمینه افتادن‌ها و پیامدهای آن وارد می‌شود، حدود ۱ تا ۱٫۵ درصد کل هزینه‌های درمانی حوزه پزشکی می‌باشد.^[۲۲] بزرگترین نگرانی سازمان بهداشت کانادا، افتادن‌ها و شکستگی‌های ناشی از آن برای زنان بالای ۶۰ تا ۹۰ سال می‌باشد. شواهدی وجود دارد که نرخ افتادن‌ها در سه دهه گذشته به شدت افزایش یافته است.^[۲۳] در یک مطالعه، ۷۴ درصد سالمندان افتادن و ۸۰ درصد آنها پوکی استخوان را عامل شکستگی عنوان کرده‌اند و از آنها به عنوان نگرانی‌های اصلی نام برده‌اند.^[۲۴]

عواقب افتادن محدوده گسترده‌ای از آسیب‌های فیزیکی و غیرفیزیکی را شامل می‌شود. آسیب‌های فیزیکی بین ۱۶ تا ۶۴ درصد افتادن‌ها گزارش شده است.^[۲۵] شکستگی‌ها به خصوص شکستگی ران و لگن به دلیل عدم ترمیم زود هنگام و عواقب بعد آن به عنوان خطرناک‌ترین پیامدهای افتادن از نظر آسیب‌های فیزیکی عنوان شده و بین ۳ تا ۷ درصد افتادن‌ها منجر به شکستگی می‌شود. همچنین شکستگی‌ها از پرهزینه‌ترین آسیب‌های غیرکشنده مرتبط با افتادن است.^[۲۶]

عواقب غیرفیزیکی افتادن‌ها نیز با افزایش وابستگی عملکردی، افزایش هزینه‌های فرد، خانواده و جامعه، افزایش احتمال رفتن به خانه سالمندان و ترس و نگرانی از افتادن همراه است که خود به مرور زمان باعث کاهش عملکرد حرکتی، افسردگی، از بین رفتن استقلال، ایجاد احساس وابستگی به کمک دیگران و تنهایی می‌شود.^[۲۵] تأثیر افتادن و ترس از آن بر کیفیت زندگی به طور بحث‌برانگیزی یکی از مهمترین مسائل مربوط به افتادن است. ۸۰ درصد زنان بالای ۸۰ سال اعلام کرده‌اند ترجیح می‌دهند که بمیرند تا اینکه رنج و مشکلات غیرفیزیکی ناشی از شکستگی‌های ران و لگن که باعث وابستگی آنها به دیگران، افزایش هزینه‌ها و کاهش کیفیت زندگی آنها می‌شود را تحمل کنند و گزارش شده که تأثیراتی که افتادن و آلزایمر بر کیفیت زندگی افراد سالمند وارد می‌کند، از عواقب ناشی از سکت و سرطان بیشتر است.^[۲۷] پیامدهای مالی هم از دیگر مواردی است که به دنبال افتادن می‌تواند برای سالمندان و خانواده‌های آنها مشکل ایجاد کند.^[۲۵] این موارد نشان از اهمیت مشکل افتادن در کیفیت زندگی سالمندان دارد و این آمار و ارقام ضرورت توجه به پدیده سالمندی را بیش از پیش به اثبات می‌رساند.

تحقیقات حاکی از آن است که علل زمین خوردن سالمندان به دو دسته عوامل داخلی و خارجی تقسیم می‌شود: عوامل داخلی عبارتند از ضعف عضلات اندام تحتانی، کاهش تعادل، کاهش توانایی ذهنی، کاهش اطلاعات حسی و کند شدن پاسخ حرکتی و عوامل خارجی شامل مصرف داروهای خواب‌آور، شرایط محیطی مانند روشنایی کم در محل‌های تردد، ناهمواری سطوح، متحرک بودن سطح اتکا، سر خوردن و همچنین وجود اسباب و وسایل دست‌وپاگیر در مسیر رفت‌وآمد.^[۲۸] برخی محققین معتقدند که کاهش تعادل به عنوان اصلی‌ترین عامل موثر در زمین خوردن سالمندان به شمار می‌رود و به همین دلیل فاکتور تعادل و بازتوانی آن در این گروه سنی مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است.^[۲۹]

اختلال کنترل قامت و سالمندی

پروسه طبیعی افزایش سن با اختلال و کاهش عملکرد در بسیاری از سیستم‌های بدن همراه است که این موارد کنترل تعادل را تحت تاثیر قرار داده و احتمال افتادن را افزایش می‌دهد.^[۳۰] در زیر به عوامل حسی، عصبی و عضلانی که با روند پیری دچار تغییر شده و باعث اختلال کنترل قامت، تعادل و در نهایت ریسک افتادن را افزایش می‌دهد، اشاره می‌شود.

تغییرات ساختاری و عملکردی در سیستم‌های حسی به علت افزایش سن شامل کاهش بینایی، اختلال در درک عمق، کاهش دید محیطی، تعادل، عملکرد دهلیزی، حساسیت حرکتی، حس حرکت مفصل و کاهش عملکرد گیرنده‌های پوستی می‌باشد که در نهایت باعث افزایش ناپایداری قامت در افراد مسن می‌شود.^[۳۱] برخی از تغییرات وابسته به سن در سیستم عصبی شامل انحطاط در حجم قسمت خاکستری و سفید مغز، آتروفی بافت مغز و نازک شدن بافت قشری، تخریب نرون‌های حرکتی آلفا و کاهش در تراکم سیناپس‌ها می‌باشد.^[۳۲] برخی از تغییرات ساختاری در عضلات اسکلتی شامل کاهش پروتئین‌های عضلات، افزایش چربی بین عضلانی، کاهش در قابلیت کشش‌پذیری تاندون و ضعف تاندون، کاهش در سایز و تعداد فیبرهای عضلانی می‌باشد.^[۳۳] تغییرات عملکردی در سیستم عصبی-عضلانی شامل کاهش واحدهای حرکتی مناسب، کاهش سرعت انتقال آکسون و کاهش روند تحریک انقباض عضله که به طور کلی منجر به کاهش پاسخ به اغتشاش می‌شود، می‌باشد.^[۳۴] این عوامل در نهایت باعث سازماندهی مجدد فعال‌سازی عضلانی در پاسخ به تنظیمات تعادل می‌شود و علاوه بر این قدرت و حجم عضله در افراد مسن کاهش می‌یابد.^[۳۵]

به طور خلاصه کاهش در کنترل قامت به علت روند طبیعی پیری منجر به سازماندهی مجدد ادغام حسی-حرکتی برای حفظ تعادل و جلوگیری از افتادن می‌شود. این سازماندهی مجدد به صورت ناقص بوده و باعث اختلال در مکانیسم‌های کنترل تعادل و اصلاحات کمتر از حد مطلوب می‌شود و در نهایت احتمال از دست دادن تعادل و افتادن را افزایش می‌دهد.^[۳۶]

بررسی تمرینات در سالمندان

افزایش سن با اختلال در سیستم‌های مختلف بدن انسان همراه بوده و در مجموع توانایی پاسخ به اغتشاش قامت کاهش یافته و ریسک افتادن افزایش می‌یابد.^[۳۷]؛ در نتیجه اگر بتوان با استفاده از مداخلات مختلف (دارویی، بینایی، تمرینات ورزشی و غیره) این اختلالات را معکوس یا کم کرد، می‌توان از ریسک افتادن و پیامدهای جبران‌ناپذیر آن کم کرد.^[۷] تعدادی از مقالات متاآنالیزی و تحقیقات مروری نشان داده اند که از میان همه مداخلات موجود، تمرینات ورزشی بیشترین اهمیت را از نظر اثربخشی و تعمیم‌پذیری به گروه بیشتری از سالمندان جهت پیشگیری از افتادن، دارد.^[۸-۹] تعدادی از مقالات تاثیر تمرینات قدرتی، استقامتی و هوازی، تعادلی، انعطاف‌پذیری و برخی دیگر تاثیرات ترکیبی این تمرینات و تعدادی دیگر از مداخلات غیرورزشی استفاده کردند و به تاثیرات مثبت آنها در پیشگیری از افتادن اشاره کرده‌اند.^[۳۸-۳۹] شواهد نشان می‌دهد که تمرین اثر قوی بر پیشگیری از افتادن دارد.^[۴۰] محققان به این نتیجه رسیده‌اند که تمرینات پیشگیری از افتادن باید اجزای آمادگی جسمانی شامل قدرت، توان، تعادل و راه رفتن که مرتبط با خطر افتادن هستند، هدف قرار دهند، به علاوه مشخص شده تمریناتی که تعادل را هدف قرار نمی‌دهند، چندان تاثیری در پیشگیری از افتادن ندارند.^[۴۱] مشخص شده تمرینات ورزشی که تمرکز بیشتر آنها بر جز تعادلی باشد، به دلیل بهبود کنترل COM بر بالای BOS بیشتر از سایر موقعیت‌های تمرینی موثر است. همچنین تمرینات تایچی به علت پرنگ بودن تمرینات تعادلی در آن تاثیرات مثبتی بر افتادن داشته است.^[۴۲] جدول زیر به طور خلاصه به تحقیقاتی که با استفاده از مداخلات مختلف جهت تاثیرگذاری بر تعادل و پیشگیری از افتادن پرداخته‌اند، اشاره می‌کند.

جدول ۱. نمونه‌ای از نتایج ضدونقیض پروتکل‌های تمرینی در بهبود تعادل سالمندان

نام محقق و سال انتشار	عنوان	نتیجه
لورد (۱۹۹۶)	برنامه دوازده‌ماهه تمرین برای بهبود پایداری پاسچر پویای زنان سالمند	بهبود در تست‌های تعادل و هماهنگی نسبت به گروه کنترل، بهبود در برخی از فاکتورهای قدرت و انعطاف‌پذیری
باچنر و همکاران (۱۹۹۷)	تاثیر تمرینات قدرتی استقامتی بر تعادل سالمندان	تمرینات تاثیر قابل توجه و معناداری بر تعادل ایستا و پویا نداشت.
انجل و همکاران (۱۹۹۸)	بررسی تمرینات هوازی بر تعادل ایستای سالمندان	تمرینات هوازی ۶۰ دقیقه‌ای تأثیری بر تعادل ایستای سالمندان ندارد.
کاسیولیمبا و همکاران (۲۰۰۳)	تمرینات ثابت مرکزی بر روی توپ سویسی و بر روی زمین بر تعادل	تمرینات آثار مشابهی بر تعادل دارند و هر دو برنامه تمرینی موجب بهبود تعادل می‌شود.
بارنت (۲۰۰۳)	تاثیر تمرینات گروهی بر تعادل و ترس از افتادن سالمندان	متعاقب برنامه تمرینی، تفاوت معناداری در ترس از افتادن وجود نداشت.
بلو (۲۰۰۳)	تاثیر تمرینات کم‌شدت تقویتی بر تعادل مردان و زنان سالمند	این شیوه تمرینی بر تعادل زنان سالمند تأثیری نداشت، ولی تعادل مردان سالمند در جهت داخلی خارجی بهبود یافت.
لی و همکاران (۲۰۰۴)	مقایسه اثربخشی سه پروتکل تمرینی تمرینات تایچی، برنامه-هایی با شدت پایین و پروتکل عملکردی تعادل	تمرینات تایچی نسبت به سایر تمرینات باعث بهبود معنادارتر تعادل (برگ، شاخص گام‌برداری) شده بود.
بهم (۲۰۰۴)	تاثیر تمرینات کششی ایستا بر قدرت، تعادل، زمان عکس‌العمل و زمان حرکت سالمندان	تمرینات انعطاف‌پذیری تأثیری در بهبود تعادل قدرت و زمان عکس‌العمل سالمندان نداشت.
کلاری و همکاران (۲۰۰۶)	تاثیر تمرینات تقویتی عضلات ناحیه مرکزی بر تعادل سالمندان	تمرینات ثابت مرکزی تأثیری بر تعادل نداشت.
هنوو (۲۰۰۶)	تاثیر تمرینات مقاومتی کوتاه‌مدت بر بهبود قدرت عضلانی و اجرای حرکتی	تمرینات تاثیر معناداری در بهبود قدرت عضلانی و اجرای عملکردی نداشتند.
بیسون و همکاران (۲۰۰۷)	مقایسه ۱۰ هفته تمرینات واقعیت مجازی و تمرینات بیوفیدبک کنترل تعادل	تفاوت معناداری در بهبود تعادل ایستا و پویا در هر دو گروه نسبت به کنترل و عدم تفاوت معنادار بین دو نوع تمرین مشاهده شد.
مانینی و همکاران (۲۰۰۷)	تاثیر تمرینات عملکردی همراه با تمرینات قدرتی را بر بهبود تعادل ایستای سالمندان	تمرینات تأثیری بر تعادل ایستای سالمندان نداشت.
کروتول و همکاران (۲۰۰۷)	بررسی تمرینات عملکردی بر تعادل پویای سالمندان	تمرینات تاثیر معناداری بر تعادل پویای سالمندان نداشته است.
دی بروین (۲۰۰۷)	تاثیر تمرینات عملکردی بر تعادل سالمندان	تمرینات عملکردی ابداع شده بر تعادل سالمندان تأثیری نداشت.
مدلنیا (۲۰۰۹)	تاثیر تمرینات مقاومتی و انعطاف‌پذیری بر تعادل سالمندان	تمرینات مقاومتی و انعطاف‌پذیری تاثیرگذار بود.
لیوی (۲۰۱۰)	مقایسه اثر سه نوع برنامه تمرینی تقویت سرینی میانی، تمرینات تعادلی و ترکیبی بر تعادل پویا	تمرینات تقویت سرینی میانی به تنهایی بر تعادل پویا تأثیری ندارد.
رابرتسن (۲۰۱۰)	تأثیر برنامه تمرینات تعادل عملکردی بر خودکارآمدی تعادل	تمرینات تاثیر معناداری بر خودکارآمدی تعادل نداشت.
فرنادا (۲۰۱۰)	تاثیر برنامه تمرینی فعال بر تعادل ایستا و استقلال عملکردی زنان سالمند	تمرینات بدنی باعث بهبود تعادل ایستا و فعالیت عملکردی سالمندان شده بود.
اولمان و همکاران (۲۰۱۰)	تاثیر تمرینات فلدنکرایس بر تعادل، تحرک‌پذیری، اطمینان از حرکت، راه رفتن در سالمندان	متعاقب این برنامه تمرینی، تعادل، تحرک و اعتماد به تعادل به طور معناداری افزایش یافت.
ولز (۲۰۱۲)	تاثیر تمرینات پیلاتس بر تعادل سالمندان: مطالعه مروری	این مطالعه مروری نتیجه گرفت که تمرینات پیلاتس باعث بهبود تعادل سالمندان می‌شود.
سیلوا و همکاران (۲۰۱۵)	بررسی اثر تمرینات سوماتوسنسوری بر بهبود تعادل افراد مسن دیابتیک	فاکتورهای کنتیک با ایستادن روی صفحه‌نیرو، فقط بهبود در جهت قدمی-خلفی تفاوت نسبت به کنترل
مسکوینتا و همکاران (۲۰۱۵)	مقایسه اثربخشی تمرینات PNF و پیلاتس در بهبود تعادل زنان سالمند	تمرینات PNF تعادل ایستا و پویا را بهبود می‌بخشد، تمرینات پیلاتس فقط تعادل پویا را بهبود می‌بخشد و تفاوتی بین دو تمرین در بهبود تعادل پویا دیده نشد.
آولار و همکاران (۲۰۱۶)	تاثیر یک پروتکل آب‌درمانی در کنترل تعادل ۱۰ زن سالمند چاقی	با صفحه‌نیرو و شاخص چربی: تمرین تأثیری بر شاخص چربی نداشت، فقط جابجایی COP در جهت داخلی-خارجی با چشم باز بهبود داشت.
پارک (۲۰۱۷)	تاثیر تمرینات حرکتی چشم روی تعادل و پیشگیری از افتادن	تعادل ایستا با صفحه‌نیرو و تعادل پویا با TUG و پرسش‌نامه برای اثربخشی روی افتادن: تاثیر معنادار در هر ۳ متغیر اندازه‌گیری

به طور خلاصه جدول ۱ نشان می‌دهد پروتکل‌های مختلف تمرینی در برخی موارد تأثیری معنادار بر تعادل سالمندان نداشته است؛ بنابراین محققان به بررسی مکانیسم‌های کنترل تعادل در افراد مختلف برای یافتن راهی جدید توجه ویژه کرده و توانستند به صورت کنترل شده این مکانیسم‌ها را بررسی و روش‌هایی که می‌تواند روی این مکانیسم‌ها تأثیر گذارد را تا حدودی ارائه کنند.

مکانیسم‌های عصبی کنترل تعادل و سالمندی

سیستم عصبی مرکزی از دو مکانیسم کنترلی مختلف برای نگهداری، بازیابی و کنترل تعادل در مواجهه با اغتشاش استفاده می‌کند. مکانیسم اول شامل کنترل تعادل فیدفوروارد یا تنظیمات پیش‌بین قامت است. این مکانیسم تغییرات در پیش‌زمینه فعالیت عضلانی را قبل از اغتشاش واقعی قامت ارائه می‌کند. این مکانیسم بر اساس تجربیات قبلی در حداقل کردن اختلال تعادل به خاطر اغتشاش خارجی قابل پیش‌بینی یا اغتشاش داخلی مانند حرکات اجزای بدن عمل می‌کند، مکانیسم دوم شامل تغییر در فعالیت عضلات قامت بعد از اتفاق افتادن اغتشاش می‌باشد. این مکانیسم به عنوان تنظیم‌کننده جبرانی قامت یا فیدبک کنترل تعادل شناخته می‌شود.^[۴۳] گرچه مکانیسم یک هنگام مواجهه با یک اغتشاش قابل پیش‌بینی تولید می‌شود، اختلال تعادل تنها به وسیله حضور این مکانیسم خنثی نمی‌شود و این مکانیسم به تنهایی نمی‌تواند با اختلالات تعادل مقابله کند، در نتیجه مکانیسم دوم یا فعالیت عضلانی جبرانی همیشه پیرو تنظیمات اولیه مکانیسم فیدفوروارد به منظور بازیابی تعادل بعد از اغتشاش عمل می‌کند.^[۴۴] با این حال وقتی اغتشاش غیرقابل پیش‌بینی است، CNS فقط به مکانیسم فیدبک برای بازیابی تعادل تکیه می‌کند؛ بنابراین کنترل تعادل در انسان به میزان موثر بودن استفاده از این دو مکانیسم بستگی دارد. در نتیجه دو مکانیسم ذکر شده، روش‌های مهم کنترلی در نگهداری و بازیابی پایداری و جهت‌یابی بدن هستند.

مواردی که ممکن است با افزایش سن اجزای مکانیسم‌های کنترل تعادل را تحت تأثیر قرار دهد، در تحقیقات گذشته اشاره شده است. به طور کلی مشخص شده که با افزایش سن، زمان‌بندی شروع فعالیت عضلات پیش‌بین، الگوهای فعال‌سازی عضلانی، به‌کارگیری عضلات قامت، تغییرات الگوهای بیومکانیکی و اجرای حرکت ارادی انتخابی ممکن است دچار اختلال شود.^[۴۵] در یک مطالعه که در آن بازو با سرعت انتخابی و یا واکنش نسبت به یک محرک بلند می‌شد، در بین افراد مسن در شروع به‌کارگیری مکانیسم یک بین دو حرکت تفاوتی وجود نداشت، اما افراد جوان تفاوت را نشان دادند. گفته شده که افراد مسن ممکن است قادر به سازماندهی مجدد پاسخ نباشند یا از طرف دیگر افراد مسن استراتژی‌های پاسخ‌دهی اکثراً مشابه و کمتر متغیر را نشان می‌دهند؛ یعنی برخلاف افراد جوان، همیشه از یک استراتژی مشخص استفاده می‌کنند.^[۴۶] در تحقیق دیگری گزارش شد که افراد مسن در انجام یک حرکت پیچیده نسبت به ساده، شروع تأخیری بزرگ‌تری را ارائه می‌کنند.^[۴۶] یافته‌های تحقیقی جدیدتر نشان داده که کنترل تعادل در افراد مسن کمتر خودکار است و در طول بسیاری از حرکاتی که بدن را به چالش می‌کشد، ناکارآمد است. مشخص شده است که تغییرات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی با افزایش سن در ساختارهای عصبی دخیل در تنظیم‌کننده‌های آماده‌سازی قامت اتفاق می‌افتد. در نتیجه ساختارهایی که در سیستم عصبی مرکزی کنترل تعادل را انجام می‌دهد، در افراد مسن دچار تغییرات می‌شود.^[۴۷] برخی محققین گزارش کردند که افراد مسن در اجرای حرکات با سرعت پایین نسبت به حرکات با سرعت بالا بهتر عمل می‌کنند و اجرای وظیفه حرکتی را مطمئن‌تر انجام می‌دهند؛ در نتیجه گمان می‌رود که افراد مسن وظایف حرکتی سودمند را آهسته به کار می‌گیرند؛ بنابراین برای رسیدن به وضعیت مطلوب آمادگی قامت مشکل دارند.^[۴۸] با توجه به موارد ذکر شده مشخص می‌شود که مکانیسم‌های کنترل تعادل ریشه اصلی بحث کنترل تعادل بوده و این مکانیسم‌ها در افراد مسن دچار اختلال می‌شود.^[۴۹، ۵۰]

در همین زمینه برای بررسی وجود اختلال و تمرین‌پذیری مکانیسم‌های کنترل تعادل، آروین و همکاران به بررسی مکانیسم‌های پیش‌بین و جبران‌کننده کنترل تعادل افراد ام.اس در مواجهه با اغتشاش خارجی پرداختند. نتایج آنها نشان داد که افراد مبتلا به ام.اس تاخیر بیشتری در شروع فعالیت عضلانی در مکانیسم پیش‌بین نسبت به افراد سالم دارند. همچنین گزارش کردند که جابجایی COP افراد ام.اس از افراد سالم بیشتر است. آنها نتیجه‌گیری کردند که مکانیسم‌های پیش‌بین و جبران‌کننده در افراد ام.اس دچار اختلال شده و پیشنهاد کردند تمرین درمان‌ها برای بهبود کنترل تعادل روی تمریناتی که بر این مکانیسم‌ها تأثیر می‌گذارد، متمرکز شوند. آنها پیش‌زمینه‌ای برای توسعه استراتژی‌های توانبخشی تعادلی در افراد ام.اس ایجاد کردند.^[۴۸] سایتو و همکاران به بررسی ارتباط بین اجرای حرکتی و تغییر در مکانیسم پیش‌بین پرداختند. تمرینات شامل اجرای ۱۰۰ حرکت دسترسی عملکردی با بازوی راست به مدت ۳ روز بود. نتایج تحقیق او نشان داد تمرینات باعث تغییر در مکانیسم پیش‌بین (شروع سریع‌تر و قوی‌تر) و در نتیجه بهبود اجرای حرکتی (افزایش حداکثر سرعت حرکت دست) می‌شود. آنها نتیجه گرفتند که CNS می‌تواند از طریق بهبود به‌کارگیری مکانیسم پیش‌بین اجرای حرکتی را در همان اندام و حتی روی اندامی که تمرین نکرده، ایجاد کند.^[۴۹]

یک ارتباط بسیار نزدیکی بین مکانیسم‌های کنترل تعادل و حفظ تعادل وجود دارد^[۵۱]؛ تمریناتی که بتوانند بر این جزء کنترل تعادل تاثیر گذارند، می‌توانند به بهبود تعادل و کاهش افتادن‌ها در سالمندان منجر شود؛ در نتیجه انتخاب نوع تمرین مساله مهمی می‌باشد، پس انتخاب تمریناتی که بتواند مکانیسم‌های کنترل تعادل را تحت تاثیر قرار دهند، احتمالا می‌تواند بیشترین تاثیر را داشته باشد.^[۵۲] در ادامه به تحقیقاتی که به اثر تمرین روی مکانیسم‌های کنترل تعادل پرداخته‌اند، اشاره می‌شود:

کانکار و آروین تحقیقی با عنوان بررسی تاثیر یک جلسه تمرین همراه با پرتاب توپ طبی روی مکانیسم پیش‌بین کنترل تعادل افراد جوان انجام دادند. آنها شروع فعالیت عضلانی و جابجایی‌های COP را در طول دوره پیش‌بین تحلیل کردند. نتایج آنها نشان داد که یک جلسه تمرینی ۳۰ دقیقه‌ای باعث شروع سریع‌تر مکانیسم پیش‌بین و کاهش جابجایی مرکز ثقل می‌شود. آنها گزارش کردند که تمرینات طراحی شده باعث بهبود فعال‌سازی زمان مکانیسم پیش‌بین و کاهش جابجایی COP می‌شود و از این طریق می‌تواند باعث پایداری بهتر قامت و بهبود عملکردهای تعادل شود. آنها گزارش کردند که مکانیسم پیش‌بین با زودتر فعال شدن نسبت به قبل تمرین باعث کاهش جابجایی مرکز ثقل می‌شود.^[۵۳] کاسی کائو تحقیقی با هدف بررسی تمرینات اغتشاش تعادلی بر بهبود مکانیسم‌های کنترل تعادل در افراد با ناپایداری مچ پا انجام دادند. آنها فعالیت عضلانی را حین مکانیسم پیش‌بین و جبران‌کننده کنترل تعادل و جابجایی مرکز ثقل را قبل و بعد از یک دوره تمرین ۳۰ دقیقه‌ای که همراه با ضربه زدن به توپ با پا در شرایط مختلف بود، اندازه‌گیری کردند. نتایج آنها نشان داد که گروه تمرینی فعالیت عضلانی کمتری در مرحله مکانیسم جبران‌کننده داشته و پیامد آن جابجایی کمتر مرکز ثقل است.^[۵۴] اسکاریتو و همکاران تحقیقی با هدف بررسی تاثیر ایستادن روی سطوح مختلف بر مکانیسم پیش‌بین و جبران‌کننده هنگام اغتشاش خارجی پرداختند. بدین منظور فعالیت عضلانی اندام تحتانی و تنه در مراحل مکانیسم پیش‌بین و جبران‌کننده کنترل تعادل ۱۶ فرد سالم و جوان روی ۳ سطح پایدار، فوم و ترامپولین هنگام اغتشاش قدامی-خارجی که توسط یک توپ طبی یک کیلویی در سطح قفسه سینه ایجاد می‌شد را توسط پرتاب آزمونگر اندازه‌گیری کردند. نتایج آنها نشان داد که CNS مکانیسم ۱ و ۲ را هنگام ایستادن روی سطوح مختلف تغییر می‌دهد. آنها پیشنهاد کردند فیزیوتراپ‌ها، حرکت‌درمان‌ها و تمرین‌دهنده‌های ورزشی با نتایج این تحقیق فهم بهتری از کنترل تعادل هنگام ایستادن روی سطوح مختلف به دست می‌آورند و می‌توانند در بهبود پروتکل‌های تمرینی تعادلی خود، تمرین روی سطوح مختلف را برای اثرگذاری روی مکانیسم پیش‌بین و جبران‌کننده برای پیشگیری از نقص تعادل و بازتوانی آن در افراد نیازمند مد نظر قرار دهند.^[۵۵] در نهایت آروین در تحقیقی یک رویکرد جدید به توانبخشی تعادل در سالمندان را معرفی کرد که با بهبود مکانیسم‌های پیش‌بین و جبران‌کننده باعث بهبود کنترل تعادل شد. رویکرد جدید شامل پرتاب و دریافت توپ بود. او گزارش کرد که شواهد قابل توجهی وجود دارد که کاهش تولید و استفاده از تنظیمات پیش‌بین قامت با اختلال تعادل همراه است و تنظیمات پیش‌بین قامت می‌تواند با آموزش بهبود یابد. او گزارش کرد که احتمالا مداخلات بر اساس مکانیسم تنظیمات پیش‌بین کنترل تعادل می‌تواند یک رویکرد جدید توانبخشی تعادل در بهبود کنترل قامت، تعادل عملکردی، موبیلیتی و کیفیت زندگی افراد مبتلا به کمبود تعادل شود. با این حال او گزارش کرد مطالعاتی برای بررسی این تمرینات و تعریف ویژگی‌های پروتکل‌های تمرینی ضروری است.^[۵۶]

نتیجه‌گیری

بسیاری از محققین از گذشته پروتکل‌های تمرینی مختلفی مانند استقامتی، قدرتی، هماهنگی، تعادل و انعطاف‌پذیری برای غلبه بر چرخه معیوب سالمندی و پیشگیری از افتادن در سالمندان استفاده کرده‌اند و نتایج متناقضی از تاثیرگذاری این تمرینات بر فاکتورهای اندازه‌گیری داشته‌اند. در حالی که تمرینات انجام‌شده تاثیرات مثبتی در فاکتورهای اندازه‌گیری داشته، اما تعداد کمی از این مطالعات کاهش قابل توجهی از تعداد سقوط در سالمندان را نشان داده است و در چندین تحقیق مروری گزارش شده که نقص تعادل به عنوان قویترین و مهمترین عامل اختلال در کنترل تعادل و افتادن در سالمندان می‌باشد. از همین رو محققین زیادی به معرفی پروتکل‌های مختلف برای بهبود کنترل تعادل و پیشگیری از افتادن در سالمندان پرداخته‌اند و همچنان نتایجی متناقض از بهبود تعادل و کاهش افتادن‌ها گزارش کرده‌اند. موارد ذکر شده می‌تواند به دلیل عدم توجه کافی به مکانیسم‌های کنترل تعادل و تمرکز بر تمریناتی که روی این مکانیسم‌ها بیشترین تاثیر را دارند، باشد. در نتیجه شناخت مکانیسم‌های عصبی کنترل قامت، نحوه تاثیرگذاری این مکانیسم‌ها بر تعادل و چگونگی تاثیرپذیری این مکانیسم‌ها با تمرینات نیاز به بررسی بیشتری دارد. امروزه از تمرینات دریافت و پرتاب توپ به عنوان تمرینات نوین، مفرح و تاثیرگذار نام برده شده؛ با این وجود، تحقیقی که به طور مشخص و سیستماتیک نحوه تاثیرگذاری و ماندگاری تمرینات متمرکز بر دریافت و پرتاب توپ را بر مکانیسم‌های کنترل تعادل، تاثیر این تمرینات نوین بر نحوه فعالیت عضلانی، متغیرهای کینتیکی، تحرک عملکردی و نهایتاً کیفیت زندگی سالمندان را بررسی کرده باشد، یافت نشد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از تمام افرادی که ما را در انجام تحقیق حاضر یاری رساندند، تشکر و قدردانی مینماییم. همچنین این مقاله برگرفته از رساله دکتری با عنوان "تاثیر تمرینات اغتشاشی بر فاکتورهای کینتیکی، EMG و تست‌های عملکرد حرکتی سالمندان در مواجهه با اغتشاش خارجی" می‌باشد.

منابع

1. Muir, B. Improving gait characteristics in older adults: The effects of Biodex Balance System SD(TM) and wobble board balance training. West Lafayette, Indiana: Purdue University. 2011; 8(3):36-42.
2. Shigematsu, R. Dance-based aerobic exercise may improve indices of falling risk in older women. *Age and Ageing*. 2002; 10(2):261-266.
3. Lord, S. exercise effect on dynamic stability in older women: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 1996; 3(1):232-236.
4. M, Buchner M, Elaine C, Barbara J, Lateur DE, Peter C, et al. The effect of strength and endurance training on gait, balance, fall risk, and health services use in community-living older adults. *Journal Gerontology* 1997; 52:218-224.
5. Engels HJ, Druin J, Zhu W, Kazmierski JF. Effect of low-impact, moderate-intensity exercise training with and without wrist on functional capacities and mood states in older. 1998; 4(4):239-244.
6. Cosio-Lima, LM. Reinolds, KL. Winter, C. "Effects of physioball and conventional floor exercises on early phase adaptations in back and abdominal core stability and balance in women". *J of Strength and conditioning Research*. 2003; 17(4):721-725.
7. Prevention, U. C. Falls among older adults. <http://www.cdc.gov/Home and Recreational Safety /Fall /adult falls.html>.
8. Province, M. The effects of exercise on falls in elderly patients: a preplanned meta-analysis of the FICSIT trials. *JAMA*. 1995; 3(3):1341-7.
9. Gillespie LD, Gillespie WJ, Robertson MC, Lamb SE, Cumming RG, Rowe BH. Interventions for preventing falls in elderly people. *Cochrane Database Syst Rep*. 2001; 3(1):340-348.
10. Leavey J. The Comparative Effects of a Six-Week Balance Training Program, Gluteus Medius Strength Training Program, and Combined Balance Training/Gluteus Medius Strength Training Program on Dynamic Postural control. *J Sport Rehabil*. 2010; 19(3):268-87
11. Hornbrook MC, Stevens VJ, Wingfield DJ, Hollis JF, Greenlick MR, Ory MG. Preventing falls among community-dwelling older persons: results from a randomized trial. *Gerontologist*. 1994; 34(1):16-23.
12. Mesquita, A. Effects of two exercise protocols on postural balance of elderly women: a randomized controlled trial. *BMC Geriatrics*. 2015; 14(4): 2-9.
13. Haywood, K. Life Span Motor Development. *Human Kinetics*. 2009; 13(1) 391-396.
14. Bisson, E. Functional balance and dual-task reaction times in older adults are improved by virtual reality and biofeedback training. *Cyberpsychol Behav*. 2007; 7(3):16-23.
15. Fernanda D, Vale R, Giani T, Bacellar S, Dantas E. Effects of a physical activity program on static balance and functional autonomy in elderly women. *Macedonian Journal of Medical Sciences*. 2010; 3(1):21-6.
16. Henwood TR, Taaffe DR. Short-term resistance training and the older adult: The effect of varied programmes for the enhancement of muscle strength and functional performance. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2006; 26(5):305-13.
17. Li FZ, Harmer P, Fisher KJ, McAuley E, Chaumeton N, Eckstrom E, Wilson NL. Tai Chi and fall reductions in older adults: a randomized controlled trial. *J Gerontol*. 2005; 60(2):187-194.
18. Vellas BJ, Wayne SJ, Garry PJ, Baumgartner RN. A two-year longitudinal study of falls in 482 community-dwelling elderly adults. *J Gerontol*. 1998; 53A(4):M264-274.
19. Stevens JA, Ballesteros MF, Mack KA, Rudd RA, DeCaro E, Adler G. Gender differences in seeking care for falls in the aged Medicare population. *Am J Prev Med*. 2012; 43(1):59-62.
20. McMurdo MET, Millar AM, Daly F. A randomized controlled trial of fall prevention strategies in older people's homes. *Gerontology*. 2000; 4(6):83-87.
21. Madeleine B, Marie-Louise B, Keith H, Williams A. Effects of Resistance- and Flexibility-Exercise Interventions on Balance and Related Measures in Older Adults. *Journal of Aging and Physical Activity*. 2009; 17(2): 444-454.
22. Organisation, W.H. Report on falls: prevention in older age. *Ageing Life Course, FamCommunityHeal*. 2008.
23. Heinrich, S. Cost of falls in old age: a systematic review. *Osteoporosis International*. 2012; 9(4) 891-902.
24. Bauer C, Gröger I, Rupprecht R, Gaßmann KG. Intersession reliability of force platform parameters in community-dwelling older adults. *Arch Phys Med Rehabil*. 2008; 89(3): 1977-1982.
25. Tannenbaum C, Mayo N, Ducharme F. Older women's health priorities and perceptions of care delivery: the results of the W OW health survey. *Can Med Assoc J*. 2005; 173(2):153-159.
26. Carter, N. Exercise in the prevention of falls in older people: a systematic literature review examining the rationale and the evidence. *Sports medicine*. 2001; 16(2):427-438.

27. Tinetti ME, Williams CS. Falls, injuries due to falls, and the risk of admission to a nursing home. *N Engl J Med.* 1997; 337:1279-1284.
28. Park, J.-H. The effects of eyeball exercise on balance ability and falls efficacy of the elderly who have experienced a fall. *Archives of Gerontology and Geriatrics.* 2017; 181-185.
29. Avelar, i. The influence of a protocol of aquatic exercises in postural control of obese elderly. *revista andaluza de medicina del deporte.* 2016; 19(1):2-7.
30. Ullmann G, Williams H, Hussey J, Durstine J, McClenaghan B. Effects of Feldenkrais exercises on balance, mobility, balance confidence, and gait performance in community-dwelling adults age 65 and older. *Journal of Alternative and Complementary Medicine.* 2010; 16(1):97-105.
31. Nair KS. Aging muscle. *Am J Clin Nutr.* 2005; 81(2): 953-963.
32. Wiesmeier IK, Dalin D, Maurer C. Elderly use proprioception rather than visual and vestibular cues for postural motor control. *Frontiers in Aging Neuroscience.* 2015; 7: 97. Doi: 10.3389/fnagi.2015.00097
33. Vandervoort AA. Aging of the human neuromuscular system. *Muscle Nerve.* 2002; 25(1):17-25.
34. Reeves ND. Adaptation of the tendon to mechanical usage. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2006; 6(3): 174-180.
35. Rivner MH, Swift TR, Malik K. Influence of age and height on nerve conduction. *Muscle and Nerve.* 2001; 24(6): 1134-1141.
36. Papegaaij S, Taube W, Baudry S, Otten E, Hortobagyi T. Aging causes a reorganization of cortical and spinal control of posture. *Front Aging Neurosci.* 2014; 6(1):28. Doi: 10.3389/fnagi.2014.00028.
37. Silva, P. Long-term benefits of somatosensory training to improve balance of elderly with diabetes mellitus. *Journal of Bodywork & Movement Therapies.* 2015; 18(3):453-457.
38. Allum JHJ, Carpenter MG, Honegger F, Adkin AL, Bloem BR. Age-dependent variations in the direction sensitivity of balance corrections and compensatory arm movements in man. *J Physiol.* 2002; 542(2):643-663.
39. Cherie W, Gregory S, Kolt AB. Defining Pilates exercise: A systematic review. *Complementary Therapies in Medicine* 2012; 20: 253-262.
40. Kenny RA, Rubenstein LZ, Martin FC, Tinetti ME. Guideline for the prevention of falls in older persons. American Geriatrics Society, British Geriatrics Society, and American Academy of Orthopaedic Surgeons Panel on Falls Prevention. *J A m Geriatr Soc.* 2001;49(5):664-672.
41. Day L, Fildes B, Gordon I, Fitzharris M, Flamer H, Lord S. Randomised factorial trial of falls prevention among older people living in their own homes. *BrM ed J.* 2002; 32(5):128-131.
42. Youkelatos A, Cumming RG, Lord SR, Rissel C. A randomized, controlled trial of tai chi for the prevention of falls: the central Sydney tai chi trial. *J A m Geriatr Soc.* 2007; 5(5):1185- 1191.
43. Aruin, A. Directional specificity of postural muscles in feed-forward postural reactions during fast voluntary arm movements. *Exp Brain Res.* 1995; 3(2):323-332.
44. Alexandrov, A. Feedback equilibrium control during human standing. *Biol Cybern.* 2005; 309-322.
45. Bleuse, s. Effect of age on anticipatory postural adjustments in unilateral arm movement. *Gait Posture,* 2006; 11(2):203-210.
46. Woollacott, M. Changes in posture control across the life span--a systems approach. *Phys Ther.* 1990; 799-807.
47. Laessoe, U. Anticipatory postural control strategies related to predictive perturbations. *Gait Posture,* 62-68.
48. Aruin, A. S. Anticipatory and compensatory postural adjustments in individuals with multiple sclerosis in response to external perturbations. *Neuroscience Letters.* 2015; 17(4):182-186.
49. Saito, H. Relationship between improvements in motor. *Human Movement Science performance and changes in anticipatory postural adjustments during whole-body reaching training.* 2014; 20(3):69-86.
50. Robertson A, Janice J, Eng J, Hung C. The effect of functional electrical stimulation on balance function and balance confidence in community-dwelling individuals with Stroke. *Physiotherapy Canada.* 2010; 62(2):114-9.
51. Behm DG, Bambury A, Cahill F, Power K. Effect of acute static stretching on force, balance, reaction time, and movement time. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 2004; 36(8):1397-402.
52. Aruin, A. Enhancing Anticipatory Postural Adjustments: A Novel Approach to Balance Rehabilitation. *Nov Physiother.* 2016; 17(1):1-6.
53. Kanekar, N. Improvement of anticipatory postural adjustments for balance control: effect of a single training session. *Electromyogr Kinesiol.* 2015; 14(3):400-405.
54. Conceicao, J. S. Changes in Postural Control After a Ball-Kicking Balance Exercise in Individuals With Chronic Ankle Instability. *Journal of Athletic Training.* 2016; 13(2):480-490.
55. Scariot, V. Both anticipatory and compensatory postural adjustments are adapted while catching a ball in unstable standing posture. *Journal of Bodywork & Movement Therapies.* 2016; 21(4):90-97.