DOI: 10.22122/jrrs.v13i5.3008 Published by Vesnu Publications

سینرژی‌های حرکتی در فیزیوتراپی: رویکرد منیفولد کنترل نشده (یک مطالعه مروری سنتی)

معصومه حسام[1]، رضا صالحی[2]، محمد مهرآور[3]، محمد جعفر شاطرزاده یزدی[4]، حسین نگهبان[5]، شهرام رفیع[6]

مقاله مروری

چکیده

مقدمه: حرکت، هویت اصلی و مبنای تمرین درمانی در حرفه و دانش فیزیوتراپی می‌باشد و به همین دلیل، پیشرفت‌های انجام شده در علوم کنترل حرکت و یادگیری و تکامل حرکت با این حرفه عجین شده است. هدف از انجام مطالعه مروری حاضر، توصیف رویکرد جدیدی در کنترل حرکت جهت فراهم کردن قابلیت شناخت و تشخیص بهتر اختلالات حرکتی بود.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، تحقیقات انجام شده طی سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۷ در پایگاه‌های اطلاعاتی PubMed، Web of Science و Google Scholar با کلمات کلیدی «Synergy، Uncontrolled manifold، Motor control و Anticipatory synergy adjustment» بررسی گردید.

یافته‌ها: ۳۷ مقاله مورد مطالعه قرار گرفت که در آن‌ها مسأله فراوانی درجات آزادی در حرکات انسان، تاریخچه سینرژی، ویژگی‌های سینرژی، معرفی روش منیفولد کنترل نشده به عنوان ابزاری جهت کمی کردن سینرژی و کاربردهای بالینی این روش در ارزیابی اختلالات حرکتی مورد بحث قرار گرفته بود.

نتیجه‌گیری: استفاده از روش منیفولد کنترل نشده، توانایی شناسایی ارتباط بین فعالیت‌های عملکردی و سینرژی‌های حرکتی، قدرت سینرژی و تعدیل‌های پیش‌بینانه آن را فراهم می‌کند. رویکرد منیفولد کنترل نشده، نوعی رویکرد مبتنی بر علم جهت هدایت تصمیم‌گیری بالینی درباره این که آیا لازم است سینرژی‌ها در بیماران مبتلا به اختلالات حرکتی شکسته شود، تقویت گردد و یا سینرژی‌های جدید ایجاد شود را ارایه می‌دهد.

کلید واژه‌ها: حرکت، ارزیابی عملکرد، بیماری‌های حرکتی، توانمندی‌های حرکتی

ارجاع: حسام معصومه، صالحی رضا، مهرآور محمد، شاطرزاده یزدی محمد جعفر، نگهبان حسین، رفیع شهرام. **سینرژی‌های حرکتی در فیزیوتراپی: رویکرد منیفولد کنترل نشده (یک مطالعه مروری سنتی).** پژوهش در علوم توانبخشی ۱۳۹۶؛ ۱۳ (۵): ۳۰۲-۲۹۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۷/۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۸/۱۷

مقدمه

انجمن فیزیوتراپی آمریکا در سال ۲۰۱۳، چشم‌انداز فیزیوتراپی را «تغییر رفتار جامعه به واسطه بهینه‌سازی حرکت با هدف ارتقای تجربیات انسانی» بیان کرد. بر اساس چنین چشم‌اندازی، حرکت، هویت اصلی یک فیزیوتراپیست و مبنای آموزش، پژوهش و فعالیت‌های حرفه‌ایی او می‌باشد. در همین راستا، «فیزیوتراپیست مسؤول نظارت بر سیستم حرکتی در طول زندگی با هدف بهبود تکامل، تشخیص اختلالات حرکتی و فراهم‌سازی مداخلات در جهت پیشگیری و یا بهبود محدودیت‌های حرکتی و مشارکت‌های اجتماعی» است (۱). بر اساس چنین نقشی، علم کنترل حرکت، یادگیری و تکامل با پیشرفت حرفه‌ایی و فعالیت‌های بالینی فیزیوتراپی پیوندی ناگسستنی دارد.

بی‌شک این تئوری‌های علمی، در فعالیت‌های حرفه‌ایی فیزیوتراپی تأثیرگذار خواهد بود. به عنوان مثال، بسیاری از مراجعه‌کنندگان به کلینیک‌های فیزیوتراپی، نیازمند یادگیری مجدد و یا تطابق در الگوهای حرکتی خود که در اثر بیماری و یا اختلال حرکتی ایجاد شده است، هستند. از این‌رو، رویکرد فیزیوتراپیست در شیوه ارزیابی، تحلیل و درمان اختلالات حرکتی بیماران، تحت تأثیر دانش پایه درباره کنترل حرکت می‌باشد و به همین دلیل یکی از ضرورت‌های پژوهش در علم فیزیوتراپی، تحلیل و یکپارچه کردن پیشرفت‌های نظری و روش‌شناختی در حوزه علم حرکت است.

یکی از مفاهیم بنیادی در کنترل حرکت، سینرژی است. مفهومی که برای بسیاری از فیزیوتراپیست‌ها آشنا بوده و در طی سال‌های گذشته تعاریف متعددی

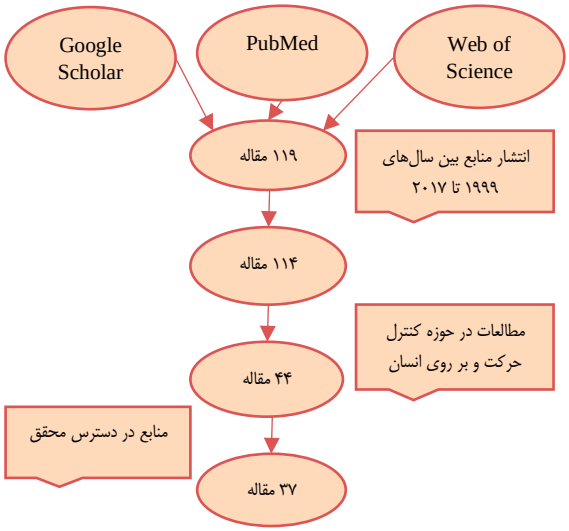
۱- دانشجوی دکتری، مرکز تحقیقات توان‌بخشی عضلانی- اسکلتی و گروه فیزیوتراپی، دانشکده علوم توان‌بخشی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران
۲- دانشیار، مرکز تحقیقات توان‌بخشی عضلانی- اسکلتی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز و مرکز تحقیقات توان‌بخشی و گروه مدیریت توان‌بخشی، دانشکده علوم توان‌بخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
۳- کارشناس ارشد، مرکز تحقیقات توان‌بخشی عضلانی- اسکلتی و گروه فیزیوتراپی، دانشکده علوم توان‌بخشی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران
۴- دانشیار، مرکز تحقیقات توان‌بخشی عضلانی- اسکلتی و گروه فیزیوتراپی، دانشکده علوم توان‌بخشی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران
۵- استاد، گروه فیزیوتراپی، دانشکده علوم پیراپزشکی و مرکز تحقیقات ارتوپدی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران
۶- استادیار، گروه نورولوژی، دانشکده پزشکی و بیمارستان گلستان، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز. ایران
نویسنده مسؤول: معصومه حسام
Email: hessam_pt81@yahoo.com

از آن ارایه شده است. به طور کلی، سینرژی به معنای «کار کردن در کنار یکدیگر» می‌باشد. بر اساس همین تعریف، در گذشته سینرژی به مجموعه‌ای از اجزای حرکتی (مفاصل و عضلات) گفته می‌شد که در کنار یکدیگر فعالیت دارند. این تعریف تا حد زیادی به ابزارهای در دسترس محققان جهت آنالیز و کمی‌سازی حرکت وابستگی داشت که بیشتر بر پایه اندازه‌گیری گشتاور مفاصل و یا فعالیت عضلانی استوار بود. به همین دلیل، در مطالعات گذشته فقط به یک ویژگی سینرژی (میزان مشارکت اجزا) توجه شده است؛ در حالی که امروزه بر اساس تئوری فراوانی و با استفاده از ابزارهای معرفی شده توسط این تئوری، محققان قادر خواهند بود تمام ویژگی‌های سینرژی شامل میزان مشارکت اجزا، انعطاف‌پذیری آن‌ها و تعدیل پیش‌بینانه آن‌ها را به دقت اندازه‌گیری کنند.

هدف از انجام تحقیق مروری حاضر، معرفی و توصیف تئوری فراوانی و ابزارهای لازم جهت کمی‌سازی ویژگی‌های سینرژی بود که قابلیت شناسایی و تشخیص اختلالات حرکتی در مراحل اولیه و یا تغییرات آن‌ها در طی مداخلات توان‌بخشی را به خوبی فراهم می‌کند.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه مروری سنتی، کلید واژه‌های «Synergy، Uncontrolled manifold، Motor control و Anticipatory synergy adjustment» در پایگاه‌های اطلاعاتی PubMed، Web of Science و Google Scholar، انتشار یافته طی سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۷ مورد جستجو قرار گرفت. معیارهای انتخاب پژوهش‌ها شامل مقالات پژوهشی اصیل به زبان انگلیسی، انجام شده بر روی انسان و استفاده از روش منیفولد کنترل نشده جهت ارزیابی حرکت بود. مقالات غیر از زبان انگلیسی و مطالعاتی که در آن‌ها از روش منیفولد کنترل نشده جهت اندازه‌گیری ویژگی‌های سینرژی استفاده نشده بود، از تحقیق خارج شدند. مطالعه حاضر حاصل بررسی ۳۷ مقاله انگلیسی زبان سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۷ می‌باشد. شکل ۱ شیوه انتخاب مقالات و کتب مطالعه مروری حاضر را نشان می‌دهد.



شکل ۱. روند جستجو، بررسی و انتخاب منابع

یافته‌ها

با توجه به هدف مطالعه و کلید واژه‌ها، ۳۷ مقاله مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. در مطالعات به طور عمده درباره مسأله فراوانی درجات آزادی در حرکات انسان، تاریخچه سینرژی، ویژگی‌های سینرژی، معرفی روش منیفولد کنترل نشده به عنوان ابزاری جهت کمی کردن سینرژی و کاربردهای بالینی این روش در ارزیابی اختلالات حرکتی بحث شده بود که به تفصیل در ادامه آمده است.

مسؤله درجات آزادی و اصل فراوانی حرکت: از آن‌جایی که مفاصل و عضلات زیادی در حرکات انسان فعالیت دارند (۲)، چگونگی انتخاب یک الگوی حرکتی توسط سیستم اعصاب مرکزی، از مجموع بی‌نهایت راه‌حل، از زمان طرح این مسأله توسط Bernstein در سال ۱۹۶۷، مورد علاقه دانشمندان علوم حرکت بوده است (۳). به نظر می‌رسد که در انجام هر فعالیتی، تعداد اجزای دخیل در حرکت (مفاصل و گروه‌های عضلانی) بسیار بیشتر از اجزای مورد نیاز برای انجام آن فعالیت است. به عنوان مثال، در انجام بسیاری از فعالیت‌های اندام فوقانی، به ۳ تا ۶ درجه آزادی نیاز است؛ در حالی که اندام فوقانی حداقل دارای ۱۰ درجه آزادی است. وجود درجات آزادی زیاد این سؤال را ایجاد می‌کند که چگونه درجات آزادی جهت انجام یک فعالیت، کنترل و سازماندهی می‌شوند؟ این پرسش برای سال‌های متمادی به عنوان مسأله درجات آزادی شناخته می‌شد و الهام‌بخش پژوهش‌های بسیاری در حوزه کنترل حرکت بوده است (۴).

در همین راستا، راه‌حل‌های زیادی از جمله حذف (Elimination) و توابع بهینه‌سازی هزینه (Cost optimization functions) ارایه شده است. فرض اصلی این راه‌حل‌ها آن است که سیستم اعصاب مرکزی، درصدد یافتن یک الگوی حرکتی مشخص و واحد از میان همه گزینه‌های حرکتی ممکن است (۵، ۴).

بر اساس اصل فراوانی حرکت (Motor abundance)، مسأله درجات آزادی حرکت به طور اشتباه مطرح شده است. وجود درجات آزادی زیاد در طی حرکات، گنجینه حرکتی ارزشمندی به شمار می‌رود که انجام حرکات در حضور اغتشاشات و همچنین، انجام هم‌زمان فعالیت‌ها را فراهم می‌کند. بنابراین، فایق آمدن بر مسأله درجات آزادی حرکت، نه تنها شامل انتخاب یک راه‌حل حرکتی بهینه نمی‌شود، بلکه شامل تسهیل مجموعه‌ای از راه‌حل‌های حرکتی مختلف برای انجام موفقیت‌آمیز یک فعالیت حرکتی است (۶).

تغییر دیدگاه درباره سینرژی (به عنوان راه‌حل سیستم اعصاب مرکزی در حل مسأله درجات آزادی و پیدا کردن یک راه‌حل حرکتی) به دیدگاه جدید و این که سینرژی مجموعه‌ای از راه‌حل‌های حرکتی است، منجر به ارایه دیدگاه جدیدی درباره سینرژی‌های حرکتی شده است. چنین تحول نگرشی منجر به ایجاد تعریفی کاربردی از سینرژی و در نهایت، معرفی یک رویکرد محاسباتی جدید در شناسایی و کمی کردن سینرژی به نام فرضیه منیفولد کنترل نشده (Uncontrolled manifold یا UCM) شد (۶).

تاریخچه سینرژی: واژه سینرژی در اصل به معنای «کار کردن در کنار یکدیگر» است. واژه‌ای که برای بسیاری از فیزیوتراپیست‌ها آشنا است و طی سال‌های گذشته تعاریف متعددی از آن ارایه شده است.

شاید بتوان گفت Jackson، نورولوژیست انگلیسی، اولین کسی بود که به طور ضمنی به مفهموم سینرژی اشاره کرد. هرچند وی در توضیح تئوری خود درباره سطوح سه‌گانه پردازش در سیستم اعصاب مرکزی از واژه سینرژی

http://jrrs.mui.ac.ir

استفاده نکرد، بلکه گفت: «سیستم اعصاب مرکزی عضلات را نمی‌شناسد و فقط حرکت را می‌شناسد» و در ادامه بیان کرد «همان‌گونه که حرکات پیچیده و خاص در سطوح بالای مراکز حرکتی (لوب‌های پرفرونتال) نمایش داده می‌شود، یک عضله خاص نیز به شکل‌های مختلف و ترکیب‌های غیر قابل شمارش نمایش داده می‌شود» (۶).

واژه سینرژی برای اولین بار توسط نورولوژیست فرانسوی، Babinski معرفی شد. او که بر روی هماهنگی عضلات در بیماران مبتلا به ضایعه نورولوژی و مقایسه آن با افراد سالم مطالعه می‌کرد، در سال ۱۸۹۹ اختلال در هماهنگی عضلات را به وجود پاتولوژی در مخچه مرتبط دانست و وجود حرکات ناهماهنگ را به عنوان «سینرژی‌های مخچه‌ای» معرفی کرد (۶). پس از آن، Brunnstrom رده‌بندی معروف خود را درباره سینرژی‌های پاتولوژیک در بیماران دچار سکته مغزی ارایه نمود (۷). در هر دو تعریف ارایه شده از سینرژی، این واژه نشان دهنده جنبه منفی از هماهنگی عضلات و مفاصل است و در هر دو تعریف، به ترتیب بر درجات آزادی زیاد و یا الگوهای حرکتی کلیشه‌ای تأکید شده است.

برای بسیاری از پژوهشگران در حوزه علم حرکت، واژه سینرژی در کنار نام Bernstein قرار می‌گیرد و از مسأله فراوانی درجات آزادی مطرح شده توسط این دانشمند، جدا نشدنی است. همان‌گونه که اشاره شد، وی شکل‌گیری سینرژی را به عنوان راه‌حل سیستم اعصاب مرکزی و حذف درجات آزادی دانست. در سال‌های اخیر، این نظریه توسط تئوری فراوانی حرکت مورد چالش قرار گرفته است. بر اساس این تئوری، هیچ کدام از درجات آزادی حذف نمی‌شود و سیستم اعصاب مرکزی به گونه‌ای تمامی اجزای دخیل در حرکت را کنترل می‌کند که نه تنها بتواند خطاهای یکدیگر را جبران نماید، بلکه بتواند خطاهای احتمالی که ممکن است به دلیل اغتشاشات غیر قابل پیش‌بینی ایجاد شود را نیز جبران کند (۸). چنین نگرشی منجر به ایجاد تعریفی کاربردی از سینرژی شده است.

تعریف کاربردی سینرژی: بر اساس تئوری فراوانی، سینرژی سه ویژگی اساسی دارد؛ الف) وابسته به نوع فعالیت حرکتی است، ب) با هدف رسیدن به یک عملکرد خاص، سازماندهی می‌شود و همه اجزای دخیل در حرکت (گروه‌های عضلانی و مفاصل) در عملکرد حرکتی مشارکت دارند (Sharing pattern) و ج) با هدف حفظ ثبات در عملکرد، سینرژی‌ها انعطاف‌پذیری خود نشان می‌دهند؛ به طوری که تغییر در رفتار هر یک از اجزا، با تغییر متناسب در رفتار دیگر اجزا همراه است تا بدین طریق عملکرد حرکتی در چارچوب مشخص و مورد نظر حفظ شود (Error compensation/Flexibility) (۹). بر اساس چنین ویژگی‌هایی، Scholz و Schoner در سال ۱۹۹۹ سینرژی را یک سازماندهی عصبی و مجموعه‌ای از اجزا که با هدف ثبات و یا پایداری در انجام یک فعالیت مشخص در کنار هم قرار گرفته‌اند، تعریف کردند (۱۰). یکی از کلید واژه‌های اصلی در این تعریف، ثبات و یا پایداری است که در ادامه به تفصیل بیان شده است.

در این تعریف، ثبات به معنای انجام موفقیت‌آمیز و تکرارپذیر یک فعالیت حرکتی در تکرارهای مختلف و با وجود اغتشاشات مختلف است. از آن‌جایی که تا حدودی تمامی حرکات انسان در محیط‌های غیر قابل پیش‌بینی صورت می‌گیرد، ثبات حرکت در انجام فعالیت‌های روزانه، یک اصل اساسی است (۱۱). لازم به ذکر است که در ارزیابی حرکات، مفهوم ثبات در برابر مفهوم تغییرپذیری (Variability) قرار می‌گیرد. در گذشته و در دیدگاه متداول علوم حرکت، این دو مفهوم متضاد یکدیگر در نظر گرفته می‌شد؛ به طوری که اگر در رفتار حرکتی میزان تغییرپذیری کم بود، آن رفتار حرکتی به عنوان رفتار باثبات و سالم سیستم حرکتی در نظر گرفته می‌شد و اگر میزان تغییرپذیری رفتار حرکتی زیاد بود، آن رفتار را به عنوان بی‌ثباتی و یا اختلال در سیستم حرکتی تلقی می‌کردند؛ در حالی که امروزه بر اساس تئوری فراوانی، گفته می‌شود که لازمه ثبات در عملکرد، وجود تغییرپذیری در فعالیت اجزای دخیل در حرکت (مفاصل، عضلات و واحدهای حرکتی) است. امروزه وجود تغییرپذیری مطلوب در سیستم حرکتی را به عنوان یکی از نشانه‌های سلامت آن سیستم در نظر می‌گیرند (۱۲).

فرضیه منیفولد کنترل نشده، ابزاری جهت کمی کردن سینرژی: در مطالعه هر پدیده‌ای از جمله سینرژی، در کنار یک تعریف کاربردی، به معرفی ابزارهای لازم جهت اندازه‌گیری ویژگی‌های آن نیاز است. همان‌گونه که در تعریف کاربردی اشاره شد، یکی از ویژگی‌های مطرح شده برای سینرژی، الگوی مشارکت اجزای حرکتی است. ابزار معرفی شده جهت محاسبه این ویژگی، تحلیل مؤلفه‌های اصلی (Principal component analysis یا PCA) می‌باشد. در این روش، میزان همبستگی بین اجزای حرکتی (برای مثال مفاصل دخیل در حرکت) در طی تکرارهای مختلف یک فعالیت (به طور مثال گرفتن یک شیء و یا راه رفتن) و یا در زمان‌های مختلف از یک تکرار محاسبه می‌شود. این همبستگی بین اجزا از طریق بردارهای عمود بر هم تعریف می‌شود؛ به طوری که اولین بردار (یا همان مؤلفه اصلی)، نشان دهنده جهتی است که بیشترین همبستگی اجزا در آن جهت است و بردار دوم نشان دهنده جهتی است که همبستگی اجزا در آن کمتر از بردار اول است و به همین ترتیب، بردار و یا مؤلفه انتهایی بیان‌کننده جهتی است که اجزای دخیل در حرکت، کمترین مقدار همبستگی را با هم دارند (۱۴، ۱۳). در انتهای آنالیز PCA، هرچه مؤلفه‌های اصلی در یک الگوی حرکتی کمتر باشد، به معنای این است که سیستم اعصاب مرکزی برای کنترل حرکت، به سینرژی‌های کمتری نیاز دارد و در نتیجه، تلاش کنترلی کمتری نیز از سوی سیستم اعصاب مرکزی نیاز است (۶).

شاید بتوان گفت که مهم‌ترین ویژگی سینرژی، وجود انعطاف‌پذیری در اجزای حرکت در تکرارهای مختلف یک فعالیت با هدف ثبات در عملکرد است. در تمام سیستم‌های زیستی به دلیل تعامل پیچیده و غیر خطی اجزا با یکدیگر، پدیده اجتناب‌ناپذیری به نام تغییرپذیری وجود دارد. یکی از ویژگی‌های مثبت مطرح شده در تئوری فراوانی، در نظر گرفتن مفهوم تغییرپذیری به عنوان یک ویژگی ذاتی و البته عملکردی در سیستم‌های زیستی می‌باشد (۱۵، ۱۲).

تئوری فراوانی با معرفی روش منیفولد کنترل نشده بیان می‌کند که میزان تغییرپذیری باید در دو سطح اجزای دخیل در حرکت (مفاصل و یا گروه‌های عضلانی) و عملکرد نهایی حرکت (به طور مثال جابه‌جایی مرکز فشار و یا مرکز جرم) اندازه‌گیری شود. این فرضیه عنوان می‌نماید که سیستم اعصاب مرکزی میزان تغییرپذیری در فعالیت هر جزء را در زیرفضایی (UCM sub-space) محدود می‌کند؛ به گونه‌ای که تغییرپذیری اجزا در این زیرفضا ثبات عملکرد نهایی حرکت را به همراه دارد و از این تغییرپذیری به عنوان تغییرپذیری خوب و یا واریانس UCM نام می‌برد. در نقطه مقابل، میزان تغییرپذیری در فضای عمود بر زیرفضای UCM یا همان فضای متعامد (Orthogonal) را محدود می‌کند؛ چرا که وجود تغییرپذیری در این فضا، عملکرد نهایی حرکت را به مخاطره می‌اندازد و باعث بی‌ثباتی در عملکرد نهایی می‌گردد و از این تغییرپذیری به عنوان تغییرپذیری بد یا واریانس ارتوگونال نام برده می‌شود (۱۷، ۱۶).

http://jrrs.mui.ac.ir

میزان بالای تغییرپذیری خوب (واریانس UCM)، نشان دهنده انعطاف‌پذیری در انجام یک فعالیت است که در مواجهه با اغتشاشات غیر قابل پیش‌بینی، خستگی و یا انجام دو فعالیت به طور هم‌زمان لازم و ضروری است. در مقابل، مقادیر پایین این واریانس نشان دهنده وجود الگوهای حرکتی کلیشه‌ای می‌باشد (۹).

با در اختیار داشتن مقادیر واریانس UCM و واریانس ارتوگونال، قدرت سینرژی (شاخص سینرژی) قابل محاسبه خواهد بود. به عنوان مثال، نتایج مطالعات صورت گرفته حاکی از آن است که در فعالیت تولید نیرو توسط انگشتان، مقدار شاخص سینرژی در افراد سالمند در مقایسه با جوانان کمتر است (۱۸) و تمرین می‌تواند منجر به بهبودی قابل ملاحظه‌ای در شاخص سینرژی این گروه شود (۱۹). نتایج مشابهی در بیماران مبتلا به سندرم داون (۲۰)، پارکینسون (۲۱) و مالتیپل اسکلروزیس (۲۲) نیز گزارش شده است. هرچه نسبت بین تغییرپذیری خوب به تغییرپذیری بد بالاتر باشد، سینرژی قوی‌تر خواهد بود. لازم به ذکر است که قوی بودن یک سینرژی به معنای الگوهای حرکتی بیشتر و انعطاف‌پذیر در انجام یک عملکرد حرکتی است و یا به عبارت دیگر، به معنای ثبات در عملکرد حرکتی می‌باشد (۹).

ذکر این نکته ضروری است، با وجود این که ثبات و پایداری لازمه انجام فعالیت‌های حرکتی است، اما توانایی تغییر بین فعالیت‌های حرکتی مختلف نیز (گام برداشتن جهت شروع راه رفتن) به همان اندازه اهمیت دارد و وجود سینرژی قوی می‌تواند مانعی برای تغییر وضعیت حرکتی باشد (۱۱). در همین راستا، سیستم اعصاب مرکزی نیازمند راهکاری جهت تعدیل و برقراری ثبات حرکتی است که از آن به عنوان تعدیل‌های پیش‌بینانه سینرژی (Anticipatory synergy adjustments یا ASAs) نام برده می‌شود. این پدیده ۱۱ سال پیش برای اولین بار در مطالعه بر روی سینرژی‌های تولید نیروی انگشتان گزارش گردید (۲۳). جهت ارزیابی توانایی سیستم اعصاب مرکزی در ASAs، رفتار حرکتی در دو بخش ارزیابی می‌شود. بخش اول، حالت پایدار (Steady state) نام دارد که در آن سیستم اعصاب مرکزی تلاش دارد با ایجاد سینرژی مناسب و شاخص سینرژی مثبت، ثبات در رفتار حرکتی را حفظ کند. بخش دوم، انجام حرکت جدید از حالت پایدار است (مانند گام برداشتن برای شروع راه رفتن و یا عبور از مانع) که در این بخش، سیستم اعصاب مرکزی، ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌ثانیه قبل از شروع حرکت جدید تلاش می‌کند تا شاخص سینرژی را کاهش دهد؛ به طوری که مانعی بر سر راه حرکت جدید نباشد (۲۴).

به طور کلی، توانایی کنترل ثبات حرکت از دو بخش تشکیل شده است. بخش اول توانایی ثبات عملکرد حرکتی را نشان می‌دهد و در آن وجود شاخص سینرژی بالا (نسبت بالای واریانس خوب به واریانس بد) به این معنی است که به دنبال اعمال اغتشاش، سیستم اعصاب مرکزی قادر خواهد بود عملکرد حرکتی را حفظ کند. بخش دوم نشان دهنده توانایی تعدیل ثبات در عملکرد در شروع حرکات جدید می‌باشد که در این بخش عدم وجود تأخیر در ASAs، توانایی سیستم در شروع حرکت جدید را نشان می‌دهد (۱۱).

کاربردهای بالینی فرضیه منیفولد کنترل نشده: بر اساس مطالعات انجام شده، فرضیه منیفولد کنترل نشده، ابزار قدرتمندی در بررسی ویژگی انعطاف‌پذیری سینرژی‌ها می‌باشد. در سال‌های اخیر، از روش منیفولد کنترل نشده جهت بررسی کنترل ثبات فعالیت‌های حرکتی مربوط به اندام فوقانی (۲۹-۲۵)، برخاستن از حالت نشسته (۳۳-۳۰)، راه رفتن (۳۶-۳۴)، گام برداشتن (۳۸، ۳۷) و عبور از موانع (۳۹) در افراد سالم، سالمندان و افراد مبتلا به اختلالات حرکتی گوناگون استفاده شده است. به نظر می‌رسد که توانایی کنترل ثبات حرکت و ASAs با افزایش سن و در بیماری‌های نورولوژیک مانند پارکینسون (۲۱)، مالتیپل اسکلروزیس (۲۲) و سکته مغزی (۴۰) با کاهش و تأخیر در شاخص سینرژی همراه است. بنابراین، فیزیوتراپیست‌ها با استفاده از این روش قادر خواهند بود الگوهای حرکتی غیر طبیعی در بیماران را تشخیص دهند. علاوه بر این، روش منیفولد کنترل نشده می‌تواند تغییرات در سینرژی‌ها را به واسطه تمرین درمانی نشان دهد (۳۶، ۲۸، ۲۷) و به نظر می‌رسد روش مناسبی جهت بررسی اثربخشی پروتکل درمانی و مقایسه مداخلات درمانی مختلف و توانایی آن‌ها در بهبود کنترل ثبات حرکت باشد.

محدودیت‌ها

دسترسی دشوار به متن کامل برخی مقالات، از جمله محدودیت‌های اصلی پژوهش حاضر بود که به منظور دریافت آن‌ها، هزینه پرداخت شد.

پیشنهادها

تحقیقات بومی انجام شده درباره ویژگی‌های سینرژی‌های حرکتی، تغییرات آن‌ها در ضایعات مختلف و پاسخدهی آن‌ها به مداخلات درمانی و توان‌بخشی، بسیار اندک بود و پیشنهاد می‌شود محققان ایرانی به بررسی این موارد بپردازند.

نتیجه‌گیری

در مطالعه مروری حاضر، نگرش جدید به مفهوم سینرژی ارایه شد و تعاریف کاربردی جهت اندازه‌گیری ویژگی‌های سینرژی و کمی کردن این مفهوم در قالب فرضیه منیفولد کنترل نشده معرفی گردید.

بر اساس تئوری فراوانی حرکت، سیستم اعصاب مرکزی به جای یک الگوی حرکتی، طیفی از الگوهای حرکتی را انتخاب می‌کند و طیف ساختاری به نام سینرژی را شکل می‌دهد. بنابراین، سینرژی یک سازماندهی عصبی و مجموعه‌ای از الگوهای حرکتی است که با هدف ثبات در انجام یک فعالیت حرکتی مشخص در کنار هم قرار می‌گیرند. بر پایه چنین تعریفی، سه ویژگی اساسی برای سینرژی تعریف می‌شود که شامل وابسته بودن به یک فعالیت مشخص و هدفمند بودن سینرژی، مشارکت همه اجزا در عملکرد نهایی و برخورداری از انعطاف‌پذیری در عملکرد اجزا می‌باشد.

با توجه به مطالعات انجام شده، به نظر می‌رسد که فرضیه منیفولد کنترل نشده و شاخص‌های کمی آن شامل واریانس UMC، واریانس ارتوگونال، شاخص سینرژی و ASAs، ابزار قدرتمندی جهت توسعه دانش در خصوص چگونگی کنترل حرکات مختلف توسط سیستم اعصاب مرکزی و همچنین، تحلیل تغییر در سینرژی‌های حرکتی به واسطه بیماری‌های گوناگون، گذر سن و طی مداخلات توان‌بخشی می‌باشد..

تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر بر اساس تحلیل مقالات و متون در دسترس در حوزه سینرژی‌های حرکتی و برگرفته از رساله مقطع دکتری تخصصی فیزیوتراپی با شماره PHT-۹۵۰۷، مصوب دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز می‌باشد.

http://jrrs.mui.ac.ir

نقش نویسندگان

معصومه حسام، طراحی و ایده‌پردازی مطالعه، جمع‌آوری داده‌ها، تحلیل و تفسیر نتایج، تنظیم دست‌نوشته، تأیید دست‌نوشته نهایی جهت ارسال به دفتر مجله، مسؤولیت حفظ یکپارچگی فرایند انجام مطالعه از آغاز تا انتشار و پاسخگویی به نظرات داوران، رضا صالحی، طراحی و ایده‌پردازی مطالعه، جذب منابع مالی، تحلیل و تفسیر نتایج، تنظیم دست‌نوشته، ارزیابی تخصصی دست‌نوشته از نظر مفاهیم علمی، تأیید دست‌نوشته نهایی جهت ارسال به دفتر مجله، محمد مهرآور، تحلیل و تفسیر نتایج، تنظیم دست‌نوشته، ارزیابی تخصصی دست‌نوشته از نظر مفاهیم علمی، تأیید دست‌نوشته نهایی جهت ارسال به دفتر مجله، محمد جعفر شاطرزاده، طراحی و ایده‌پردازی مطالعه، تحلیل و تفسیر نتایج، تنظیم دست‌نوشته، ارزیابی تخصصی دست‌نوشته از نظر مفاهیم علمی، تأیید دست‌نوشته نهایی جهت ارسال به دفتر مجله، حسین نگهبان، تحلیل و تفسیر نتایج، ارزیابی تخصصی دست‌نوشته از نظر مفاهیم علمی، تأیید دست‌نوشته نهایی جهت ارسال به دفتر مجله، شهرام رفیع، تحلیل و تفسیر نتایج، تأیید دست‌نوشته نهایی جهت ارسال به دفتر مجله را به عهده داشتند.

منابع مالی

مطالعه حاضر بر اساس تحلیل مقالات و متون در دسترس در حوزه سینرژی‌های حرکتی و برگرفته از رساله مقطع دکتری تخصصی فیزیوتراپی با شماره ۹۵۰۷-PHT، مصوب دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز می‌باشد. دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز در جمع‌آوری داده‌ها، تحلیل و گزارش آن‌ها، تنظیم دست‌نوشته و تأیید نهایی مقاله برای انتشار اعمال نظر نداشته است.

تعارض منافع

هیچ کدام از نویسندگان پژوهش دارای تعارض منافع نمی‌باشد. دکتر رضا صالحی از سال ۱۳۹۴ دانشیار دانشگاه جندی شاپور بوده و بودجه انجام مطالعه را از دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز جذب نموده است. معصومه حسام نیز از سال ۱۳۹۱ دانشجوی مقطع دکتری تخصصی رشته فیزیوتراپی در دانشکده علوم توان‌بخشی می‌باشد.

References

1. Bellamy J. Vision statement for the physical therapy profession and guiding principles to achieve the vision [Online]. [cited 2013]; Available from: URL: http://www.apta.org/Vision/
2. Turvey MT. Coordination. Am Psychol 1990; 45(8): 938-53.
3. Latash ML. The bliss (not the problem) of motor abundance (not redundancy). Exp Brain Res 2012; 217(1): 1-5.
4. Latash ML, Levin MF, Scholz JP, Schoner G. Motor control theories and their applications. Medicina (Kaunas) 2010; 46(6): 382-92.
5. Latash ML, Scholz JP, Schoner G. Toward a new theory of motor synergies. Motor Control 2007; 11(3): 276-308.
6. Latash ML. Synergy. Oxford, UK: Oxford University Press; 2008.
7. Bobath B. Adult hemiplegia: Evaluation and treatment. Oxford, UK: Heinemann Medical; 1990.
8. Latash ML, Gorniak S, Zatsiorsky VM. Hierarchies of synergies in human movements. Kinesiology (Zagreb) 2008; 40(1): 29-38.
9. Latash ML, Anson JG. Synergies in health and disease: relations to adaptive changes in motor coordination. Phys Ther 2006; 86(8): 1151-60.
10. Scholz JP, Schoner G. The uncontrolled manifold concept: Identifying control variables for a functional task. Exp Brain Res 1999; 126(3): 289-306.
11. Latash ML, Huang X. Neural control of movement stability: Lessons from studies of neurological patients. Neuroscience 2015; 301: 39-48.
12. Davids K, Bennett S, Newell KM. Movement System Variability. Champaign, IL: Human Kinetics; 2006.
13. Smith LI. A tutorial on Principal Components Analysis (Computer Science Technical Report No. OUCS-2002-12). Otago, New Zealand: Department of Computer Science, University of Otago; 2002.
14. Daffertshofer A, Lamoth CJ, Meijer OG, Beek PJ. PCA in studying coordination and variability: A tutorial. Clin Biomech (Bristol, Avon) 2004; 19(4): 415-28.
15. Davids K, Glazier P, Araujo D, Bartlett R. Movement systems as dynamical systems: the functional role of variability and its implications for sports medicine. Sports Med 2003; 33(4): 245-60.
16. Latash ML, Krishnamoorthy V, Scholz JP, Zatsiorsky VM. Postural synergies and their development. Neural Plast 2005; 12(2-3): 119-30.
17. Latash ML, Scholz JP, Schoner G. Motor control strategies revealed in the structure of motor variability. Exerc Sport Sci Rev 2002; 30(1): 26-31.
18. Olafsdottir H, Yoshida N, Zatsiorsky VM, Latash ML. Elderly show decreased adjustments of motor synergies in preparation to action. Clin Biomech (Bristol, Avon) 2007; 22(1): 44-51.
19. Olafsdottir HB, Zatsiorsky VM, Latash ML. The effects of strength training on finger strength and hand dexterity in healthy elderly individuals. J Appl Physiol (1985) 2008; 105(4): 1166-78.
20. Latash ML, Kang N, Patterson D. Finger coordination in persons with Down syndrome: atypical patterns of coordination and the effects of practice. Exp Brain Res 2002; 146(3): 345-55.
21. Park J, Wu YH, Lewis MM, Huang X, Latash ML. Changes in multifinger interaction and coordination in Parkinson's disease. J Neurophysiol 2012; 108(3): 915-24.

22. Jo HJ, Mattos D, Lucassen EB, Huang X, Latash ML. Changes in multidigit synergies and their feed-forward adjustments in multiple sclerosis. J Mot Behav 2017; 49(2): 218-28.
23. Shim JK, Olafsdottir H, Zatsiorsky VM, Latash ML. The emergence and disappearance of multi-digit synergies during force-production tasks. Exp Brain Res 2005; 164(2): 260-70.
24. Kim SW, Shim JK, Zatsiorsky VM, Latash ML. Anticipatory adjustments of multi-finger synergies in preparation for self-triggered perturbations. Exp Brain Res 2006; 174(4): 604-12.
25. Reisman DS, Scholz JP. Workspace location influences joint coordination during reaching in post-stroke hemiparesis. Exp Brain Res 2006; 170(2): 265-76.
26. Reisman DS, Scholz JP. Aspects of joint coordination are preserved during pointing in persons with post-stroke hemiparesis. Brain 2003; 126(Pt 11): 2510-27.
27. Domkin D, Laczko J, Djupsjobacka M, Jaric S, Latash ML. Joint angle variability in 3D bimanual pointing: uncontrolled manifold analysis. Exp Brain Res 2005; 163(1): 44-57.
28. Domkin D, Laczko J, Jaric S, Johansson H, Latash ML. Structure of joint variability in bimanual pointing tasks. Exp Brain Res 2002; 143(1): 11-23.
29. Mehravar M, Yadollah-Pour N, Tajali S, Shaterzadeh-Yazdi Mj, Majdinasab N. The role of anticipatory postural adjustments and compensatory control of posture in balance control of patients with multiple sclerosis. J Mech Med Biol 2015; 15(5): 1550087.
30. Tajali S, Negahban H, Shaterzadeh MJ, Mehravar M, Salehi R, Narimani R, et al. Multijoint coordination during sit-to-stand task in people with non-specific chronic low back pain. Biomed Eng Appl Basis Commun 2013; 25(01): 1350010.
31. Tajali S, Negahban H, Yazdi MJS, Salehi R, Mehravar M, Parnianpour M. The effects of postural difficulty conditions on variability of joint kinematic patterns during sit to stand task in normals and patients with non-specific chronic low back pain. Proceedings of the 1st Middle East Conference on Biomedical Engineering; 2011 Feb 22-25; Sharjah, United Arab Emirates. p. 300-03.
32. Reisman DS, Scholz JP, Schoner G. Coordination underlying the control of whole body momentum during sit-to-stand. Gait Posture 2002; 15(1): 45-55.
33. Reisman DS, Scholz JP, Schoner G. Differential joint coordination in the tasks of standing up and sitting down. J Electromyogr Kinesiol 2002; 12(6): 493-505.
34. Papi E, Rowe PJ, Pomeroy VM. Analysis of gait within the uncontrolled manifold hypothesis: stabilisation of the centre of mass during gait. J Biomech 2015; 48(2): 324-31.
35. Krishnan V, Rosenblatt NJ, Latash ML, Grabiner MD. The effects of age on stabilization of the mediolateral trajectory of the swing foot. Gait Posture 2013; 38(4): 923-8.
36. Black DP, Smith BA, Wu J, Ulrich BD. Uncontrolled manifold analysis of segmental angle variability during walking: preadolescents with and without Down syndrome. Exp Brain Res 2007; 183(4): 511-21.
37. Wang Y, Asaka T, Watanabe K. Multi-muscle synergies in elderly individuals: preparation to a step made under the self-paced and reaction time instructions. Exp Brain Res 2013; 226(4): 463-72.
38. Wang Y, Zatsiorsky VM, Latash ML. Muscle synergies involved in preparation to a step made under the self-paced and reaction time instructions. Clin Neurophysiol 2006; 117(1): 41-56.
39. Wang Y, Watanabe K, Asaka T. Muscle synergies in preparation to a step made with obstacle in elderly individuals. J Neuroeng Rehabil 2015; 12: 10.
40. Jo HJ, Maenza C, Good DC, Huang X, Park J, Sainburg RL, et al. Effects of unilateral stroke on multi-finger synergies and their feed-forward adjustments. Neuroscience 2016; 319: 194-205.

DOI: 10.22122/jrrs.v13i5.3008 Published by Vesnu Publications

Motor Synergies in Physical Therapy: The Uncontrolled Manifold Approach; A Narrative Review

Masumeh Hessam[1], Reza Salehi[2], Mohammad Mehravar[3], Mohammad Jafar Shaterzadeh-Yazdi[4], Hossein Negahban[5], Shahram Rafie[6]

Review Article

Abstract

Introduction: Movement is the main identity and the base of knowledge and practice in physical therapy; thus, the advances in motor control science, and motor learning and development are linked to physical therapy clinical activity. The purpose of this narrative review article was to describe a prominent approach in motor control with potential to better understanding and diagnosis of movement dysfunctions, the uncontrolled manifold (UCM).

Materials and Methods: In this narrative review, databases such as PubMed, Web of Science, and Google Scholar were searched from 1999 till 2017, using the key words “Synergy”, “Uncontrolled Manifold”, “Motor Control”, and “Anticipatory Synergy Adjustment”.

Results: Finally, 37 studies were included. Most studies discussed the degree of freedom problem in human movements, history of synergy, characteristics of synergy, introducing the uncontrolled manifold approach as a tool for quantifying the synergy, and clinical applications of this method in the assessments of movement dysfunctions.

Conclusion: Using this method provides the ability to identify the connections between functional activities with motor synergies, synergy strength index, and the anticipatory synergy adjustments. The uncontrolled manifold offers a science-based approach to guide clinical decision making on whether synergies have to be broken, reinforced, or created new synergies in patients with movement dysfunctions.

Keywords: Movement, Task performance and analysis, Movement disorders, Motor skills

Citation: Hessam M, Salehi R, Mehravar M, Shaterzadeh-Yazdi MJ, Negahban H, Rafie S. **Motor Synergies in Physical Therapy: The Uncontrolled Manifold Approach; A Narrative Review.** J Res Rehabil Sci 2017; 13(5): 296-302.

Received: 27.09.2017 Accepted: 08.11.2017

1- PhD Candidate, Musculoskeletal Rehabilitation Research Center, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran
2- Associate Professor, Musculoskeletal Rehabilitation Research Center, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz AND Rehabilitation Research Center AND Department of Rehabilitation Management, School of Rehabilitation Sciences, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
3- Musculoskeletal Rehabilitation Research Center, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran
4- Associate Professor, Musculoskeletal Rehabilitation Research Center, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran
5- Professor, Department of Physical Therapy, School of Paramedical Sciences AND Orthopedic Research Center, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran
6- Assistant Professor, Department of Neurology, Golestan Hospital, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran
Corresponding Author: Masumeh Hessam, Email: hessam_pt81@yahoo.com