دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته تربیت بدنی و علوم ورزشی

(گرایش رفتار حرکتی)

عنوان:

اثر شدت های مختلف فعالیت بدنی بر نوسانات پاسچری در وضعیت ایستاده قائم: تغییرپذیری و عملکرد

استاد راهنما:

دکتر عباس بهرام

نگارش:

محسن محمدی

شهریور ۹۲

بسم الله الرحمن الرحیم

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم

که دعای خیرشان همواره بدرقه راهم بود.

تقدیر و تشکر

شکر و سپاس پروردگاری را سزاست که سرمنشأ همه خوبی‌هاست، بدون اراده او هیچ کار مفیدی آغاز نمی‌گردد و به انجام نمی‌رسد.

لازم می‌دانم صمیمانه از زحمات و راهنمایی‌های موثر و راه‌گشای استاد خویش جناب آقای دکتر بهرام که بنده را در تهیه و تنظیم این تحقیق یاری نمودند، قدردانی کنم.

از جناب آقای دکتر ارشم به عنوان استاد داور قبول زحمت فرمودند تشکر می‌نمایم.

چکیده:

مطالعات مربوط به رابطه بین تغییرپذیری و عملکرد در کنترل پاسچر در وضعیت ایستاده قائم، نتایج متفاوت و گاه متناقضی داشته است. هدف از مطالعه حاضر بررسی تاثیر فعالیت بدنی و خستگی متعاقب آن در تکلیف تعادلی ایستادن بر عملکرد و تغییرپذیری حرکتی در نوسانات پاسچری بود. آزمودنی‌های پژوهش حاضر شامل ۱۵ مرد جوان با دامنه سنی بین ۲۰ تا ۲۴ بود که از آن‌ها خواسته‌شده بود پیش از فعالیت بدنی، پس از فعالیت بدنی با شدت ۵۰-۴۰٪، پس از فعالیت بدنی با شدت ۷۰-۶۰٪ و پس از فعالیت بدنی با شدت ۹۰-۸۰٪، به مدت ۳۰ ثانیه روی صفحه نیرو در وضعیت ایستاده قائم قرار گیرند و میزان ثبات (انحراف استاندارد) و تغییرپذیری حرکتی (به وسیله آنتروپی فازی) نوسانات پاسچری آن‌ها اندازه‌گیری شد. با افزایش شدت فعالیت بدنی و بروز خستگی بیشتر دامنه نوسانات پاسچری در هر دو محور قدامی خلفی و میانی جانبی افزایش یافت. آنتروپی فازی در هر دو محور قدامی خلفی و میانی جانبی با افزایش شدت فعالیت بدنی و بروز خستگی بیشتر کاهش یافت. این نتایج بیان می‌کند که با افزایش شدت فعالیت بدنی و بروز خستگی بیشتر، تغییرپذیری حرکتی در نوسانات پاسچری کاهش می‌یابد. همچنین با کاهش میزان ثبات در نوسانات پاسچری تغییرپذیری حرکتی در نوسانات پاسچری نیز کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی:

فعالیت بدنی، نوسانات پاسچری، آنتروپی فازی، خستگی

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول (طرح پژوهش)

مقدمه ۲
بیان مسئله ۳
اهمیت و ضرورت ۶
اهداف پژوهش ۷
فرضیه‌های پژوهش ۷
قلمروی پژوهش ۷
محدودیت‌های پژوهش ۸
تعریف نظری و عملیاتی واژه‌ها ۸

فصل دوم (پیشینه پژوهش)

مقدمه ۱۱
تغییرپذیری حرکتی ۱۵
سابقه تاریخی تغییرپذیری حرکتی ۱۱
تغییرپذیری و همکوشی ۱۷
مشاهده و اندازه‌گیری تغییرپذیری حرکتی ۱۴
مدل های دینامیک (پویا) در حرکت ۱۴
استفاده از روش‌های غیرخطی در تحلیل رفتار ۱۵
تغییرپذیری و اندازه‌گیری‌های غیرخطی ۱۶
چرا تغییرپذیری بخش اساسی در سیستم های زیستی است ۱۷
چرا تغییرپذیری تنها خطا نیست ۱۷
اندازه‌گیری‌های غیرخطی: راهی جدید برای توصیف ماهیت تغییرپذیری ۱۸
تغییرپذیری و عملکرد ۱۸
تکلیف کنترل پاسچر ۱۹
معرفی سیستم ها در کنترل پاسچرال ۲۰
سیستم های عمل در کنترل پاسچرال ۲۱

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

راهبردهای حرکتی طی وضعیت ایستاده ساکن ۲۲
هم کوشی در کنترل پاسچر ۲۲
تغییرپذیری حرکتی در کنترل پاسچر ۲۳
خستگی ۳۱
دستگاه‌های انرژی (ATP-PCr)، گلیکولیز، اکسیداسیون هوازی) ۲۴
تجمع فراورده‌های جانبی متابولیسم ۳۳
سیستم عصبی ۲۵
اختلال در مکانیزم انقباضی تار عضلانی ۲۵
دستگاه عصبی مرکزی ۲۵
تاثیر خستگی بر کنترل پاسچر ۲۶
تاثیر خستگی بر تغییرپذیری در سیستم کنترل پاسچر ۲۶
ادبیات تحقیق ۳۸
فصل سوم (روش شناسی)
مقدمه ۳۴
روش تحقیق ۳۴
جامعه آماری، نمونه آماری و نحوه گزینش نمونه‌ها ۳۴
متغیرهای تحقیق ۳۴
متغیر مستقل ۳۴
متغیر وابسته ۳۴
تجهیزات و وسایل آزمایش ۳۵
نحوه اجرای آزمون ۳۷
روش تجزیه تحلیل آماری ۳۷
فصل چهارم (تحلیل آماری)
تحلیل آماری ۴۰
نتایج و تحلیل‌های آزمایش ۴۱

فهرست مطالب

عنوان صفحه

توصیف خصوصیات آزمودنی‌ها..... ۴۱
بررسی پیش‌فرض‌ها..... ۵۳
آزمون کولموگروف اسمیرنوف برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها ۵۳
فرض یکنواختی کوواریانس یا کرویت ۴۳
آزمون فرضیه های تحقیق ۴۴
بحث و نتیجه گیری
بحث و نتیجه‌گیری ۸۲
نتیجه‌گیری ۹۲
پیشنهادها بر خواسته از پژوهش ۹۹
پیشنهادات کاربردی ۱۰۹

فهرست جداول

عنوان صفحه

جدول شماره ۱-۴: آمار توصیفی شرکت‌کنندگان به صورت کلی..... ۴۱

جدول ۲-۴: نتایج آزمون کولموگروف_ اسمیرنوف در محور قدامی_ پشتی (**AP**)..... ۴۲

جدول ۲-۴: نتایج آزمون کولموگروف_ اسمیرنوف در محور قدامی_ پشتی (**AP**)..... ۴۲

جدول ۳-۴: نتایج آزمون کولموگروف_ اسمیرنوف در محور میانی جانبی (**ML**)..... ۴۲

جدول ۴-۴: نتایج آزمون کرویّت ماچولی برای نمره‌های ثبات و تغییرپذیری..... ۴۳

جدول ۵-۴: میانگین و انحراف استاندارد امتیازات ثبات در محور قدامی پشتی..... ۴۴

جدول ۶-۴: آماره‌های استنباطی مربوط به ثبات در محور قدامی پشتی (**AP**)..... ۴۵

جدول ۷-۴: نتایج مربوط به مقایسه‌های جفتی برای تعیین محل تفاوت شدت‌های فعالیت..... ۴۶

نمودار ۱-۴: میانگین نمرات ثبات در محور قدامی خلفی پس از شدت‌های متفاوت تمرینی..... ۴۶

جدول ۸-۴: میانگین و انحراف استاندارد امتیازات ثبات در محور میانی جانبی..... ۴۷

جدول ۹-۴: آماره‌های استنباطی مربوط به ثبات در محور میانی جانی (**ML**)..... ۴۸

جدول ۱۰-۴: نتایج مربوط به مقایسه‌های جفتی برای تعیین محل تفاوت شدت‌های فعالیت..... ۴۸

نمودار ۲-۴: میانگین نمرات ثبات در محور میانی جانبی پس از شدت‌های متفاوت تمرینی..... ۴۹

جدول ۱۱-۴: میانگین و انحراف استاندارد امتیازات تغییرپذیری حرکتی در محور قدامی خلفی..... ۵۰

جدول ۱۲-۴: آماره‌های استنباطی مربوط به تغییرپذیری حرکتی در محور قدامی خلفی (**AP**)..... ۵۱

جدول ۱۳-۴: نتایج مربوط به مقایسه‌های جفتی برای تعیین محل تفاوت شدت‌های فعالیت..... ۵۱

فهرست جداول

عنوان صفحه

نمودار ۳-۴: میانگین نمرات تغییرپذیری حرکتی در محور قدامی خلقی پس از شدت‌های متفاوت تمرینی..... ۵۲

جدول ۱۴-۴: میانگین و انحراف استاندارد امتیازات تغییرپذیری حرکتی در محور میانی جانبی..... ۵۲

جدول ۱۵-۴: آماره‌های استنباطی مربوط به تغییرپذیری حرکتی در محور میانی جانبی (**ML**)..... ۵۳

جدول ۱۶-۴: نتایج مربوط به مقایسه‌های جفتی برای تعیین محل تفاوت شدت‌های فعالیت..... ۵۴

نمودار ۴-۴: میانگین نمرات تغییرپذیری حرکتی در محور میانی جانبی پس از شدت‌های متفاوت تمرینی..... ۵۵

جدول ۱۹-۴: ارتباط بین جفت متغیرها (تغییرپذیری حرکتی و ثبات) در محور قدامی خلفی..... ۵۶

جدول ۲۰-۴: ارتباط بین جفت متغیرها (تغییرپذیری حرکتی و ثبات) در محور میانی جانبی..... ۵۷

جدول ۲۳-۴: ماتریس همبستگی، رابطه بین تغییرپذیری حرکتی اولیه و میزان درصد کاهش تغییرپذیری حرکتی بعد از فعالیت بدنی با شدت‌های متفاوت در محور قدامی خلفی..... ۵۸

جدول ۲۴-۴: ماتریس همبستگی، رابطه بین تغییرپذیری حرکتی اولیه و تغییرپذیری حرکتی بعد از فعالیت بدنی با شدت‌های متفاوت در محور میانی جانبی..... ۵۹

جدول ۲۵-۴: خلاصه آماره‌های مربوط به برازش مدل در مورد ارتباط بین مورد تغییرپذیری حرکتی اولیه به عنوان متغیر مستقل جهت پیش‌بینی تغییرات متغیر وابسته میزان درصد کاهش تغییرپذیری حرکتی بعد از فعالیت بدنی در شدت ۵۰-۴۰٪..... ۶۰

جدول ۲۶-۴: نتایج مربوط به ضرایب رگرسیونی متغیر مستقل شدت فعالیت بدنی بر متغیر وابسته میزان درصد کاهش تغییرپذیری حرکتی بعد از فعالیت بدنی با شدت ۵۰-۴۰٪..... ۶۲

شکل ۱-۴: نمودار مقایسه احتمال تجمعی مشاهده شده با احتمال تجمعی مورد انتظار..... ۶۲

فهرست جداول

عنوان *صفحه*

جدول ۲۷-۴: خلاصه آماره‌های مربوط به برازش مدل در مورد ارتباط بین مورد تغییرپذیری حرکتی اولیه به عنوان متغیر مستقل جهت پیش‌بینی تغییرات متغیر وابسته میزان درصد کاهش تغییرپذیری حرکتی بعد از فعالیت بدنی در شدت ۷۰-۶۰٪..... ۶۳

جدول ۲۸-۴: نتایج مربوط به ضرایب رگرسیونی متغیر مستقل شدت فعالیت بدنی بر متغیر وابسته میزان درصد کاهش تغییرپذیری حرکتی بعد از فعالیت بدنی با شدت ۷۰-۶۰٪..... ۶۴

شکل ۲-۴ نمودار مقایسه احتمال تجمعی مشاهده شده با احتمال تجمعی مورد انتظار..... ۶۵

جدول ۲۹-۴: خلاصه آماره‌های مربوط به برازش مدل در مورد ارتباط بین مورد تغییرپذیری حرکتی اولیه به عنوان متغیر مستقل جهت پیش‌بینی تغییرات متغیر وابسته میزان درصد کاهش تغییرپذیری حرکتی بعد از فعالیت بدنی در شدت ۹۰-۸۰٪..... ۶۵

جدول ۳۰-۴: نتایج مربوط به ضرایب رگرسیونی متغیر مستقل شدت فعالیت بدنی بر متغیر وابسته تغییرپذیری حرکتی بعد از فعالیت بدنی با شدت ۹۰-۸۰٪..... ۶۷

شکل ۳-۴ نمودار مقایسه احتمال تجمعی مشاهده شده با احتمال تجمعی مورد انتظار..... ۶۷

جدول ۳۱-۴: خلاصه آماره‌های مربوط به برازش مدل در مورد ارتباط بین مورد تغییرپذیری حرکتی اولیه به عنوان متغیر مستقل جهت پیش‌بینی تغییرات متغیر وابسته میزان درصد کاهش تغییرپذیری حرکتی بعد از فعالیت بدنی در شدت ۵۰-۴۰٪..... ۶۸

جدول ۳۲-۴: نتایج مربوط به ضرایب رگرسیونی متغیر مستقل شدت فعالیت بدنی بر متغیر وابسته میزان درصد کاهش تغییرپذیری حرکتی بعد از فعالیت بدنی با شدت ۵۰-۴۰٪..... ۶۹

شکل ۴-۴: نمودار مقایسه احتمال تجمعی مشاهده شده با احتمال تجمعی مورد انتظار..... ۷۱

فهرست جداول

عنوان صفحه

جدول ۳۲-۴: خلاصه آماره‌های مربوط به برازش مدل در مورد ارتباط بین مورد تغییرپذیری حرکتی اولیه به عنوان متغیر مستقل جهت پیش‌بینی تغییرات متغیر وابسته میزان درصد کاهش تغییرپذیری حرکتی بعد از فعالیت بدنی در شدت ۷۰-۶۰٪ ۷۱

جدول ۳۳-۴: نتایج مربوط به ضرایب رگرسیونی متغیر مستقل شدت فعالیت بدنی بر متغیر وابسته میزان درصد کاهش تغییرپذیری حرکتی بعد از فعالیت بدنی با شدت ۷۰-۶۰٪ ۷۲

شکل ۵-۴: نمودار مقایسه احتمال تجمعی مشاهده شده با احتمال تجمعی مورد انتظار ۷۲

جدول ۳۴-۴: خلاصه آماره‌های مربوط به برازش مدل در مورد ارتباط بین مورد تغییرپذیری حرکتی اولیه به عنوان متغیر مستقل جهت پیش‌بینی تغییرات متغیر وابسته میزان درصد کاهش تغییرپذیری حرکتی بعد از فعالیت بدنی در شدت ۹۰-۸۰٪ ۷۳

جدول ۳۵-۴: نتایج مربوط به ضرایب رگرسیونی متغیر مستقل شدت فعالیت بدنی بر متغیر وابسته میزان درصد کاهش تغییرپذیری حرکتی بعد از فعالیت بدنی با شدت ۹۰-۸۰٪ ۷۴

شکل ۶-۴ نمودار مقایسه احتمال تجمعی مشاهده شده با احتمال تجمعی مورد انتظار ۷۵

فصل اول:

طرح پژوهش

مقدمه

طرفداران نظریه سیستم های پویا[1] کنترل حرکت انسان را نظام پیچیده‌ای می‌دانند که به روش‌های مشابه با هر نظام پیچیده زیستی یا فیزیکی عمل می‌کند. کنترل حرکتی انسان، همانند یک نظام پیچیده، باید از زاویه دینامیک غیرخطی[2] ملاحظه شود، بدین معنی که تغییرات رفتاری طی زمان از یک پیشروی خطی پیروی نمی‌کند. اساس این نظریه، مفهوم ثبات[3] است. در شرایط پویا، ثبات، به حالت پایای رفتاری در نظام اشاره می‌کند و با مفهوم تغییرناپذیری تفاوت دارد. ثبات، عقیده به تغییرپذیری[4] را در بر می‌گیرد (مگیل، ۲۰۱۲). تغییرپذیری در عملکرد انسان و تغییرات غیرخطی ویژگی‌های حرکت در طول زمان، انعکاسی از پیچیدگی در سیستم حرکت است. همچنان که برنشتاین توصیف کرد درجات آزادی چندگانه در بدن شامل مفاصل، عضلات و سیستم عصبی با نیروهای خارجی در طول حرکت برای تولید الگوهای[5] بیشمار، فرم ها[6] و راهبردها[7] ترکیب می‌شوند. فزونی[8] در سیستم اجازه می‌دهد که راهبردهای چندگانه‌ای به منظور اجرای هر تکلیف مشخص استفاده شود. با این استدلال عملکردهای چندگانه متعددی برای هر حرکت وجود دارد که وابسته به محدودیت‌های سیستم افراد است.

کنترل پاسچر نیز یک تکلیف کنترلی پیچیده برای سیستم عصبی است و این کنترل به وسیله یکپارچه‌سازی انواع مختلفی از اطلاعات دریافت شده از گیرنده‌های مختلف ایجاد می‌شود (کوک و ولکات، ۲۰۱۲). در واقع کنترل پاسچر محصولی از یک تعامل پیچیده بین تعداد زیادی از سیستم های بدنی است که با یکدیگر برای کنترل توازن و ثبات در بدن همکاری می‌کنند. سیستم کنترل پاسچر نوسانات قامتی را از طریق تعامل بین گیرنده‌های تنی، شبکه‌های بازخوردی دهلیزی و بینایی تعدادی از مناطق مغز و سیستم عضلانی_اسکلتی

[1] Dynamic systems theory
[2] Nonlinear
[3] Stability
[4] Variability
[5] Patterns
[6] Forms
[7] Strategies
[8] Redundancy

تنظیم می‌کند (لاتاش و لستین، ۲۰۰۶). برنشتاین کنترل تعادل و تداوم وضعیت عمودی را یک توضیح و نمونه عینی از مفهوم هم کوشی[1] تلقی کرد و هم کوشی را به عنوان ترکیبات هماهنگ شده درون ساختی دستورات حرکت مختص تعدادی از مفاصل که منجر به یک هدف مشترک که همان حفظ پاسچر است، تعریف کرد. مطابق با نظریه سیستم های پویا برای تکلیف کنترل پاسچر عملکردهای چندگانه متعددی وجود دارد که وابسته به محدودیت‌های سیستم افراد است. این عملکردها به دو شیوه خطی و غیرخطی در سطوح مختلف کنترل حرکت اندازه‌گیری می‌شود. اندازه‌گیری‌های خطی مقدار تغییرپذیری و اندازه‌گیری‌های غیرخطی ساختار تغییرپذیری را برآورد می‌کند. در تکلیف کنترل پاسچر اغلب تغییرپذیری در دو سطح فعالسازی عضلانی و نوسانات پاسچری بررسی می‌گردد.

فعالیت بدنی و خستگی ناشی از آن یکی از محدودیت‌هایی است که سیستم حرکتی افراد با آن مواجه است. فعالیت بدنی پیگیر موجب ایجاد خستگی می‌شود و عملکرد افراد تحت تاثیر سطوح مختلف خستگی قرار می‌گیرد. خستگی موجب ایجاد آشفتگی در سیستم عصبی _عضلانی می‌شود که شامل تغییرات در قدرت عضلات، کنترل عصبی _عضلانی مانند دامنه حرکت و سرعت حرکت می‌شود. لذا کنترل پاسچر که یک تکلیف کنترلی پیچیده برای سیستم عصبی است نیز متأثر می‌شود. این‌گونه می‌توان پنداشت که اگرچه اختلال در گیرنده‌های اطلاعات محیطی و برونداد حرکتی به طور نسبی و یا به طور کامل برای سطحی از خستگی جبران[2] می‌شود ولی به محض اینکه خستگی مرکزی ایجاد شد، جبران برای اختلالات ایجادشده در کنترل پاسچر تنها برای مدت زمان کوتاهی امکان‌پذیر خواهد بود (پیلارد، ۲۰۱۲).

با توجه به اینکه سیستم کنترل پاسچر راهبردهای جبرانی را در پاسخ به سطوح مختلف خستگی ایجاد می‌کند مطالعه برای تعیین تاثیرات راهبردهای جبرانی در سیستم کنترل پاسچر، بر تغییرپذیری در سطح نوسانات پاسچری (تغییرات مرکز فشار) ضروری است.

[1] Synergy
[2] Compensation

بیان مسئله

تغییرپذیری مفهومی است که به عنوان توانمندی ارگانیسم زنده برای سازگاری خودش به منظور تعدیل و ایجاد تغییرات در محیط تعریف می‌شود. این تغییرپذیری هم در ساختار و هم در کارکرد سیستم رخ می‌دهد. همچنین تغییرپذیری حرکتی به عنوان انعکاسی از پیچیدگی در سیستم کنترل ممکن است با پیشرفت آهسته‌تر خستگی همراه و انعکاسی از راهبردهای سازگاری باشد که می‌تواند از تاثیر خستگی روی بافت‌ها بکاهد (بارتلت و همکاران، ۲۰۰۷). برای توضیح چگونگی ایجاد این راهبردهای سازگاری دو فرضیه وجود دارد. فرضیه اول به عنوان فرضیه تغییرپذیری جبرانی بیان می‌کند عملکرد استوار و ماهرانه در پاسخ به محدودیت‌ها به وسیله حرکات ثابت‌شده و یکنواخت ایجاد نمی‌شود بلکه به وسیله راهبردهای حرکتی ایجاد می‌شود که تغییرپذیری در یک پارامتر را به وسیله تغییرپذیری جبرانی در دیگر پارامترها کنترل می‌کنند (لاتاش و همکاران، ۲۰۰۲). فرضیه دوم که فرضیه عدم کنترل چندگانه[1] نام دارد، بیان می‌کند موفقیت در اجرای یک تکلیف نه به وسیله انتخاب یک راه حل منفرد، بلکه به وسیله انتخاب راهبردهای دارای کنترل کم بر اجزای دارای تاثیر ناچیز بر عملکرد، در مقابل اجزای دارای کنترل دقیق بر اجزای تأثیرگذار و اساسی تکلیف، حاصل می‌شود. این کنترل دقیق به وسیله تثبیت درجات آزادی در این اجزا ایجاد می‌شود (لاتاش و همکاران، ۲۰۰۲). این ایده به تقسیم تغییرپذیری کلی به دو بخش اصل زیستی و هماهنگی در حرکات پیچیده قائل است. هر دوی این فرضیه‌ها اعتقاد دارند تغییرپذیری حرکتی دارای نقش کلیدی در محافظت از عملکرد مقابل برهم زننده‌ها می‌باشد، با این تفاوت که فرضیه تغییرپذیری جبرانی بر کنترل از طریق راهبردهای جبرانی تاکید دارد که موجب ایجاد یک الگوی حرکتی متناسب با محدودیت‌ها می‌شود ولی فرضیه عدم کنترل چندگانه بر تثبیت انتخابی درجات آزادی اجزا اصلی حرکت تاکید دارد که موجب حفظ ویژگی‌های اصلی الگوی حرکتی می‌شود. در واقع فرضیه تغییرپذیری جبرانی بیان می‌کند که با تحت فشار قرار گرفتن سیستم از سوی یک محدودیت همچون خستگی، تغییرپذیری حرکتی افزایش می‌یابد در مقابل فرضیه عدم کنترل چندگانه بیان می‌کند که

[1] Uncontrolled manifold (UCM)

سیستم در برابر عوامل فشار زا همچون خستگی تغییرپذیری حرکتی را کاهش می‌دهد (سریواسان و ماتیاسن، ۲۰۱۲).

برخی از تحقیقات در این زمینه نشان داده اند خستگی موجب افزایش تغییرپذیری حرکتی از راه ایجاد راهبردهای جبرانی می‌شود (سیگنیتی و همکاران، ۲۰۱۲ و فالا وفارینا، ۲۰۰۷). یعنی در هنگام اجرای یک تکلیف حرکتی در حالت خستگی، راهبردهای حرکتی مجدد سازماندهی می‌شوند تا کارایی عملکرد حفظ شود. مثلاً در تکلیف بلند کردن وزنه، کاهش دامنه حرکتی از طریق افزایش دامنه حرکتی تنه جبران شد. همچنین در مطالعه‌ای مشابه مشاهده شد آزمودنی‌ها، راهبُرد جبرانی جهت کاهش فشار از کمربند شانه‌ای را به وسیله انتقال مرکز ثقل ایجاد می کند. (سلن وهمکاران، ۲۰۰۷). در واقع نتایج این مطالعات از فرضیه تغییرپذیری جبرانی پشتیبانی می‌کنند یعنی در حضور خستگی، جستجوی سریعی برای یک راه حل حرکتی جدید اتفاق می‌افتد که به حفظ عملکرد کمک می‌کند (سریواسان و ماتیاسن، ۲۰۱۲).

در مقابل در مطالعاتی که روی تکالیف هدف‌گیری و تعقیبی صورت گرفته، نتایج نشانگر کاهش دقت با بروز خستگی است (هیسمنز و همکاران، ۲۰۰۸). این‌گونه استدلال می‌شود که با بروز خستگی سیستم کنترل حرکت جهت حفظ عملکرد، درجات آزادی در اجزا اصلی حرکت را تثبیت می‌کند، بنابراین تغییرپذیری حرکتی سیستم کاهش می‌یابد که با عدم قابلیت پاسخ دقیق از طرف سیستم همراه می‌شود. نتایج حاصل از این مطالعات از فرضیه عدم پشتیبانی می‌کند.

تأثیر خستگی روی تغییرپذیری حرکتی در تحقیقات مختلف همسان نیست. شاید بخشی از این تفاوت به ویژگی‌های خود تکالیف مربوط است و بخشی دیگر به عوامل فردی نظیر ظرفیت متفاوت افراد در پاسخ به خستگی و سطح مهارت که همگی بر توانایی سیستم حرکتی جهت سازگاری با خستگی تاثیر می‌گذارد (گاندویا، ۲۰۰۱). آنچه مشخص است نگاه به رابطه خستگی و عملکرد از جنبه تغییرپذیری حرکتی، مسئله‌ای جدید است که برای درک جامع نسبت به آن نیازمند استفاده از تکالیفی متفاوت با ویژگی‌های خاص است. در این راستا می‌توان به تکلیف کنترل پاسچر اشاره کرد. کنترل پاسچر یک عمل حرکتی بنیادی است و پایه‌ای برای جابجایی

و اغلب تکلیف حرکتی به حساب می‌آید و انتظار می رود تضعیف کنترل پاسچر موجب عملکردی همراه با خطا در سایر تکالیف حرکتی همراه شود. افراد پاسچر خود را با به حداکثر رساندن مدت تماس مرکز فشار بدن با مرزهای ثبات در هر لحظه تنظیم می‌کند (لاتاش و لیستین، ۲۰۰۶). به طور مکانیکی می‌توان گفت اگر محور فرضی عمودی مرکز ثقل[1] از سطح اتکا خارج شود بدن قادر به بازیابی وضعیت قائم خود نخواهد بود. بنابراین حد فاصل سطح اتکا می‌تواند به عنوان مرز کنترل پاسچر در نظر گرفته شود (لاتاش و لیستین). عملکرد در تکلیف کنترل پاسچر باهدف حفظ تعادل به طور متداول در دو سطح نوسانات پاسچر (تغییرات مرکز فشار[2]) و فعالسازی عضلانی بررسی می‌شود در واقع تغییرات مرکز فشار و فعالسازی شاخصی از عملکرد در اجزا اصلی کنترل حرکت در این تکلیف به حساب می‌آید (پیلارد، ۲۰۱۲).

برخی تحقیقات نشان داده‌اند تغییرپذیری در کنترل پاسچر تحت تأثیر محدودیت‌های تکلیف (مانند سطوح مختلف دشواری تکلیف تعادلی) و دستکاری گیرنده‌های حسی (بینایی،حس عمقی و سیستم دهلیزی) و سن شرکت‌کنندگان تغییریافته (ماریلو و همکاران، ۲۰۱۲، ویلن کارت و نیوول، ۲۰۰۲ و موریسون و همکاران، ۲۰۰۷). و خستگی ناشی از فعالیت بدنی موجب نوسانات پاسچری می‌شود. بنابراین این سؤال مطرح می‌شود به هنگام خستگی ناشی از فعالیت بدنی، مکانیزم های کنترلی کدام یک از راهبردها را برای حفظ عملکرد اتخاذ می‌کنند؟ به بیان دیگر آیا تغییرپذیری حرکت افزایش می‌یابد یا کاهش؟

در این زمینه، موضوع رابطه بین پیشرفت خستگی و میزان تغییرپذیری حرکتی سیستم نیز مطرح است. مطالعات انجام گرفته در این زمینه نشان داده‌اند در حالت پایه یا حالتی که هنوز خستگی بروز نکرده است هر چقدر تغییرپذیری حرکتی بیشتر باشد با خستگی کمتری همراه است (مانور و همکاران، ۲۰۱۰ و ماریلو و همکاران، ۲۰۱۲). تغییرپذیری حرکتی بالا قابلیتی را برای سیستم ایجاد می‌کند که بتواند در مقابل فشارها

[1] Center of gravity
[2] Center of pressure

بیشتر مقاومت کند. بنابراین رابطه میان خستگی و عملکرد پاسچری از جنبه تغییرپذیری در شدت‌های مختلف خستگی موضوعی قابل‌بحث است که در تحقیق حاضر به آن پرداخته خواهد شد.

وقتی فعالیت بدنی موجب ایجاد خستگی می‌شود با تاثیری که روی کیفیت اطلاعات گیرنده‌ها و دستورات حرکتی می‌گذارد، سیستم کنترل پاسچر را متأثر می‌کند. در تحقیق حاضر تاثیر سطوح متفاوت فعالیت بدنی و متعاقب آن خستگی ایجادشده که یکی از ویژگی‌های اساسی زمینه هدف اکثر مهارت‌های ورزشی است را روی ثبات پاسچر سنجیده می‌شود. به طور دقیق تر با توجه به اینکه می‌دانیم خستگی موجب تضعیف کنترل پاسچر می‌شود (گاندویا، ۲۰۰۱) در نظر داریم تاثیر شدت های مختلف فعالیت بدنی و خستگی متعاقب آن را روی تغییرپذیری در سیستم کنترل پاسچر بررسی کنیم.

اهمیت و ضرورت

اولین قدم جهت فهم چگونگی کنترل مهارت‌های حرکتی، بنا نهادن نظریه‌ای درباره کنترل حرکتی است که راه‌های کنترل مهارت‌های حرکتی خاص را توضیح دهد. اما به دلیل اینکه ساز و کارهای زیربنا و تأثیرات دخیل در کنترل مهارت بسیار پیچیده است. تعیین و ارائه توضیحات قابل‌قبول برای اکثر مهارت‌ها غیرممکن است. توضیح قابل‌قبول برای یک مهارت زمانی میسر می‌شود که ویژگی‌های تکلیف را در کنار سایر محدودیت‌های فردی و محیطی بررسی کنیم.

مطالعات متعددی به بررسی تاثیر خستگی روی تغییرپذیری حرکتی در تکالیف مختلف صورت گرفته است ولی تاکنون در مطالعه‌ای به بررسی تاثیر خستگی روی تغییرپذیری حرکتی در سیستم کنترل پاسچر پرداخته نشده است. بررسی این موضوع از دو جهت ضرورت دارد اول اینکه در مطالعاتی که به بررسی تاثیر خستگی روی تغییرپذیری حرکتی در دستگاه کنترلی پرداخته‌اند نتایج متفاوتی به دست آمده است. برخی از این نتایج نشان می‌دهد که خستگی موجب تغییرپذیری بالاتر در سیستم می‌شود در مقابل نتایج حاصل از برخی از

تحقیقات اشاره به این دارد که با بروز خستگی در دستگاه کنترل حرکتی، تغییرپذیری حرکتی دستگاه کاهش پیدا می‌کند (سیریواسان و ماتیاسن، ۲۰۱۲).

دوم اینکه، با توجه به آنچه در بند اول ذکر شد برای توضیح صحیح کنترلی برای عملکرد حرکتی می‌بایست به ویژگی‌های تکلیف و محدودیت‌های فردی توجه کرد (موریسون و همکاران، ۲۰۱۲). مطالعاتی که به بررسی تغییرپذیری حرکتی در سیستم کنترل پاسچر پرداخته‌اند روی محدودیت های تکلیف، دستکاری گیرنده‌های حسی و تاثیر سن متمرکز شده‌اند (کوک و ولکات، ۲۰۱۲) و تا به حال مطالعه‌ای به بررسی تاثیر خستگی به عنوان یک محدودیت فردی روی تغییرپذیری حرکتی در سیستم کنترل پاسچر پرداخته نشده است. همچنین تحقیقات اخیر نشان داده که محاسبات خطی به درستی نمی‌تواند رفتار سیستم کنترل پاسچر را بررسی کند (هاربون و استرجیو، ۲۰۰۹). ابزارهای خطی برای اندازه‌گیری تغییرپذیری اطلاعات کمی را در مورد یک سیگنال مهیا می‌کند اما این ابزار ها در مورد ماهیت پیشرفت زمانی در سیگنال ها اطلاعاتی فراهم نمی‌کند. در مقابل ابزارهای غیرخطی اطلاعات اضافه‌ای در مورد ساختار تغییرپذیری مهیا می‌کند که ویژگی‌های حرکت را در طول زمان توصیف می‌کند (بورگ و لایسبک، ۲۰۱۲). خستگی یکی از متغیرهای عملکرد به حساب می‌آید که افراد چه در حین انجام امور روزمره و چه در حین ورزش با سطوحی متفاوتی از آن روبرو هستند به خصوص در زمینه ورزش هر چقدر مدت زمان فعالیت جسمانی فرد افزایش می‌یابد فرد با سطوح بالاتری از آن روبرو می‌شود (سیریواسان و ماتیاسن، ۲۰۱۲). افزایش اطلاعات در زمینه تغییرپذیری در تکلیف کنترل پاسچر در زمینه توان‌بخشی و در زمینه ورزش موجب ایجاد راهبردهای آموزشی و بازتوانی مناسب می‌شود. همچنین خستگی متغیر اجرائی و از ویژگی‌های زمینه هدف بسیاری از مهارت‌ها محسوب می‌شود. افراد طی تجربه‌های یادگیری می‌بایست راه‌های مقابله با این محدودیت را توسعه دهند. قطعاً فراهم آمدن اطلاعات در این زمینه در غنی کردن تجارب یادگیری سهم بسزایی خواهد داشت.