

بیومکانیک حرکات روزمره و تأثیر آن بر سلامت بدن و پیشگیری از مشکلات اسکلتی-عضلانی

سیده سوسن حیات الغیب

کارشناسی ارشد تربیت بدنی (گرایش بیومکانیک ورزشی)، دانشگاه آزاد بروجرد، بروجرد، ایران

چکیده

بیومکانیک حرکات روزمره انسان، شامل نشستن، ایستادن، راه رفتن، خم شدن و بلند کردن اجسام، نقش حیاتی در حفظ سلامت اسکلتی-عضلانی و پیشگیری از آسیب‌های مزمن دارد. با توجه به شیوه زندگی مدرن و افزایش فعالیت‌های نشسته و استفاده از ابزارهای دیجیتال، فشارهای مکانیکی بر ستون فقرات، مفاصل و عضلات افزایش یافته و مشکلاتی مانند کمردرد، گردن‌درد، ضعف عضلانی و کاهش دامنه حرکتی را به دنبال دارد. هدف این مقاله مروری، بررسی و تحلیل پژوهش‌های داخلی و خارجی مرتبط با بیومکانیک حرکات روزمره و ارائه راهکارهای پیشگیرانه برای کاهش خطرات اسکلتی-عضلانی است. در این مطالعه، بیش از ۱۲۰ مقاله علمی از پایگاه‌های معتبر بین‌المللی و داخلی بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۴ بررسی شد. یافته‌ها نشان دادند که وضعیت‌های نادرست نشستن و ایستادن، عدم تقارن در راه رفتن، بلند کردن ناصحیح بار و استفاده طولانی‌مدت از ابزارهای دیجیتال، به طور مستقیم بر افزایش فشارهای مکانیکی و بروز دردهای مزمن تأثیر دارند. همچنین، اصلاح وضعیت بدن، آموزش اصول بیومکانیک و ارگونومی، استفاده از تجهیزات مناسب و استراحت‌های کوتاه مکرر، از جمله راهکارهای مؤثر در کاهش خطر آسیب‌ها است. یافته‌های این مرور نشان داد که حتی تغییرات جزئی در الگوی حرکتی و طراحی محیط کار یا خانه می‌تواند اثرات قابل توجهی بر کاهش فشارهای وارده بر مفاصل و ستون فقرات داشته باشد. علاوه بر این، استفاده از ابزارهای پیشرفته اندازه‌گیری و تحلیل حرکت، مانند سنسورهای پوشیدنی، آنالیز سه‌بعدی و مدل‌سازی المان محدود، امکان شناسایی نقاط ضعف حرکتی و طراحی مداخلات اصلاحی را فراهم می‌کند. در مجموع، بیومکانیک حرکات روزمره نه تنها برای ورزشکاران حرفه‌ای، بلکه برای تمامی افراد جامعه اهمیت دارد و توجه به اصول آن می‌تواند به بهبود کیفیت زندگی، افزایش بهره‌وری و پیشگیری از آسیب‌های اسکلتی-عضلانی کمک کند. این مقاله با جمع‌بندی مطالعات موجود، ضرورت آموزش، اصلاح حرکتی و طراحی محیط‌های مناسب را نشان می‌دهد و مسیر پژوهش‌های آینده در حوزه سلامت حرکتی و ارگونومی را روشن می‌سازد.

واژه‌های کلیدی: بیومکانیک، حرکات روزمره، سلامت بدن، مشکلات اسکلتی-عضلانی، پیشگیری

مقدمه

بیومکانیک به عنوان علمی میان رشته‌ای که از تلفیق دانش مکانیک، فیزیولوژی، آناتومی و مهندسی به وجود آمده است، در دهه‌های اخیر نقش پررنگی در درک حرکات انسان و پیشگیری از مشکلات اسکلتی-عضلانی ایفا کرده است. انسان در زندگی روزمره خود طیف وسیعی از حرکات تکراری همچون نشستن، برخاستن، راه رفتن، خم شدن، حمل و جابه‌جایی اشیاء، کار با رایانه و تلفن همراه و حتی استراحت کردن در حالت‌های مختلف را انجام می‌دهد. اگرچه این حرکات در ظاهر ساده و طبیعی به نظر می‌رسند، اما از دیدگاه بیومکانیک، هر یک از این فعالیت‌ها مستلزم هماهنگی دقیق میان عضلات، مفاصل، رباط‌ها و استخوان‌ها است و کوچک‌ترین انحراف از الگوهای حرکتی صحیح می‌تواند فشارهای غیرمعمولی را بر اندام‌ها وارد کند. این فشارها اگر به صورت مداوم و در طولانی مدت ادامه یابند، می‌توانند به بروز اختلالات شایع اسکلتی-عضلانی نظیر کمردردهای مزمن، دردهای گردنی، سندرم تونل کارپال، مشکلات زانو و تغییرات ساختاری ستون فقرات منجر شوند. درواقع، آنچه در بسیاری از موارد به عنوان «فرسودگی طبیعی بدن» تلقی می‌شود، در اصل ناشی از سال‌ها استفاده نادرست از بدن در فعالیت‌های روزمره است؛ مسأله‌ای که با آگاهی و به کارگیری اصول بیومکانیکی می‌توان از آن پیشگیری کرد. البته یکی از عوامل مهمی که ضرورت توجه به بیومکانیک حرکات روزمره را برجسته می‌سازد، تغییر سبک زندگی انسان در قرن بیست و یکم است. با گسترش فناوری‌های دیجیتال و افزایش مشاغل اداری، بخش زیادی از فعالیت‌های افراد در محیط‌های بسته و پشت میز انجام می‌شود. نشستن‌های طولانی مدت با وضعیت نامناسب بدن، کار مداوم با صفحه‌کلید و ماوس، استفاده مکرر از تلفن‌های هوشمند و کاهش سطح فعالیت بدنی، شرایطی را ایجاد کرده است که میلیون‌ها نفر در سراسر جهان با مشکلات اسکلتی-عضلانی مواجه شوند. گزارش‌های سازمان جهانی بهداشت نشان می‌دهد که دردهای کمر و گردن از مهم‌ترین دلایل ناتوانی جسمی و کاهش کیفیت زندگی هستند و سالانه میلیاردها دلار هزینه مستقیم و غیرمستقیم به سیستم‌های بهداشتی و اقتصادی کشورها تحمیل می‌کنند. در این میان، بخش قابل توجهی از این مشکلات نه از بیماری‌های جدی، بلکه از الگوهای نادرست حرکتی و عادات غلط روزمره ناشی می‌شوند. بنابراین، توجه به بیومکانیک نه تنها در حوزه ورزش حرفه‌ای یا توان بخشی پزشکی، بلکه در زندگی روزمره تمام افراد جامعه اهمیتی حیاتی دارد.

بیومکانیک به ما این امکان را می‌دهد که با تحلیل دقیق نیروها، گشتاورها، فشارها و حرکات مفصلی، درک بهتری از بارهای وارده بر بدن در شرایط مختلف به دست آوریم و بر اساس آن، الگوهای حرکتی ایمن و بهینه را شناسایی کنیم. به عنوان مثال، بررسی‌های بیومکانیکی نشان داده‌اند که روش صحیح بلند کردن اشیاء از روی زمین باید با خم کردن زانوها و صاف نگه داشتن ستون فقرات همراه باشد، نه با خم کردن کامل کمر؛ زیرا در غیر این صورت، فشارهای فشاری و برشی زیادی بر دیسک‌های کمری وارد شده و خطر فتق دیسک یا آسیب‌های مزمن افزایش می‌یابد. یا در زمینه نشستن، تحلیل بیومکانیکی اثبات کرده است که نشستن طولانی مدت با زاویه نامناسب لگن و پشت خمیده موجب افزایش فشار بر دیسک‌های کمری، کاهش جریان خون در اندام تحتانی و خستگی زودرس عضلات می‌شود، در حالی که استفاده از صندلی ارگونومیک و رعایت اصول نشستن می‌تواند این فشارها را به حداقل برساند با توجه به این شواهد، روشن است که بیومکانیک صرفاً یک حوزه نظری و دانشگاهی نیست، بلکه دانشی کاربردی است که در بهبود کیفیت زندگی، افزایش بهره‌وری کاری و ارتقای سلامت عمومی نقشی انکارناپذیر دارد. علاوه بر این، یافته‌های بیومکانیکی در طراحی ابزارها و محیط‌های کاری نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ به گونه‌ای که امروزه بسیاری از وسایل اداری، تجهیزات ورزشی و حتی فناوری‌های پوشیدنی بر اساس اصول بیومکانیک و ارگونومی طراحی می‌شوند تا فشارهای مضاعف بر بدن کاهش یابد.

بنابراین، هدف اصلی این مقاله مروری، بررسی نقش بیومکانیک در تحلیل و اصلاح حرکات روزمره و تأثیر آن بر سلامت عمومی و پیشگیری از مشکلات اسکلتی-عضلانی است. در این راستا، ابتدا مبانی نظری بیومکانیک و مفاهیم اساسی آن مرور خواهد شد، سپس با بررسی پژوهش‌های پیشین داخلی و خارجی، شواهد علمی موجود در این حوزه تحلیل می‌شود و در نهایت، پیشنهادهایی برای کاربرد اصول بیومکانیکی در زندگی روزمره ارائه خواهد شد. انتظار می‌رود که نتایج این مرور بتواند هم برای پژوهشگران و متخصصان حوزه علوم ورزشی، فیزیوتراپی و پزشکی سودمند باشد و هم برای عموم مردم راهنمایی عملی جهت بهبود کیفیت حرکات روزمره و پیشگیری از آسیب‌های اسکلتی-عضلانی فراهم آورد.

مبانی نظری

بیومکانیک به عنوان علمی که در مرز میان علوم ورزشی، پزشکی، فیزیولوژی، آناتومی و مهندسی مکانیک قرار دارد، با هدف تحلیل و درک حرکت انسان و موجودات زنده شکل گرفته است. اساس این علم بر بررسی نیروها و اثرات آن‌ها بر بدن، تحلیل الگوهای حرکتی، و بررسی پاسخ‌های عضلانی-اسکلتی به محرک‌های مکانیکی استوار است. از دیدگاه نظری، بیومکانیک حرکات روزمره به مطالعه تعامل میان دستگاه‌های مختلف بدن می‌پردازد؛ به گونه‌ای که مشخص می‌شود چگونه عضلات، مفاصل، استخوان‌ها و بافت‌های نرم به‌طور هماهنگ عمل می‌کنند تا حرکتی ساده مانند راه رفتن یا نشستن انجام گیرد. اهمیت این موضوع زمانی آشکار می‌شود که بدانیم هر یک از این دستگاه‌ها در صورت بروز اختلال کوچک می‌توانند کل سیستم حرکتی را دچار مشکل کنند و پیامدهای بلندمدتی همچون دردهای مزمن، تغییر راستای قامتی و محدودیت عملکردی به دنبال داشته باشند. البته از نظر تاریخی، بیومکانیک ریشه در تلاش‌های دانشمندانی چون آریستوتل، گالیله و لئوناردو داوینچی دارد که حرکت بدن انسان را از منظر قوانین مکانیک بررسی کردند. با پیشرفت فناوری‌های تصویربرداری و ابزارهای اندازه‌گیری مانند الکترومایوگرافی (EMG)، آنالیز سه‌بعدی حرکت (۳D motion analysis) و حسگرهای پوشیدنی، امکان تحلیل دقیق‌تر حرکات روزمره فراهم شده است. امروزه این ابزارها به محققان اجازه می‌دهند تا الگوهای حرکتی افراد را در شرایط واقعی زندگی مورد بررسی قرار دهند و تأثیر عواملی همچون سن، جنسیت، وضعیت بدنی و شرایط محیطی را در بروز فشارهای مکانیکی ارزیابی کنند.

یکی از اصول بنیادی در مبانی نظری بیومکانیک، قانون‌های نیوتن در حرکت و دینامیک بدن است. اصل اول نیوتن بیان می‌کند که یک جسم در حالت سکون یا حرکت یکنواخت باقی می‌ماند مگر آنکه نیرویی خارجی بر آن وارد شود. این اصل در حرکات انسانی نیز مصداق دارد؛ برای مثال، فردی که نشسته است، تحت تأثیر نیروهای واکنشی زمین و تعادل نیروهای عضلانی در وضعیت پایدار قرار دارد. اصل دوم نیوتن که ارتباط میان نیرو، جرم و شتاب را بیان می‌کند، به‌ویژه در تحلیل حرکاتی همچون پریدن، دویدن یا بلند کردن اجسام کاربرد دارد. اصل سوم نیوتن که به واکنش برابر و مخالف اشاره دارد، مبنای درک نیروهای عکس‌العمل زمین (Ground Reaction Forces) در هنگام راه رفتن یا دویدن است؛ نیروهایی که در صورت مدیریت نادرست می‌توانند منجر به آسیب‌های اندام تحتانی شوند. در حوزه حرکات روزمره، بیومکانیک تأکید دارد که حتی فعالیت‌های ساده مانند ایستادن یا حمل کیف می‌تواند فشارهای قابل توجهی بر بدن ایجاد کند. به‌عنوان نمونه، ایستادن طولانی‌مدت با زانوهای قفل‌شده می‌تواند باعث افزایش فشار بر مفاصل زانو و ستون فقرات شود، در حالی که ایستادن با اندکی خمیدگی زانو و توزیع مناسب وزن می‌تواند فشارهای مکانیکی را کاهش دهد. همچنین، حمل بار سنگین در یک سمت بدن (مثلاً کیف دستی یا کوله‌پشتی نامتعادل) منجر به ایجاد عدم تقارن در نیروهای وارده بر ستون فقرات می‌شود که در بلندمدت می‌تواند سبب تغییرات ساختاری و دردهای مزمن شود.

یکی دیگر از مباحث کلیدی در مبانی نظری بیومکانیک، ارگونومی است. ارگونومی به طراحی محیط‌ها، ابزارها و وظایف کاری به گونه‌ای می‌پردازد که با ویژگی‌های فیزیکی و روانی انسان سازگار باشد. از دیدگاه بیومکانیک، ارگونومی نه تنها یک مبحث کاربردی بلکه بخشی از مبانی نظری محسوب می‌شود، زیرا طراحی نادرست صندلی، میز کار، وسایل خانگی یا ابزارهای صنعتی می‌تواند منجر به افزایش فشارهای بیومکانیکی و بروز آسیب‌های اسکلتی-عضلانی شود. به عنوان مثال، تنظیم ارتفاع نادرست صندلی و مانیتور رایانه، فرد را وادار به خم شدن یا کشیدن گردن می‌کند که پیامد آن افزایش فشار بر مهره‌های گردنی و ایجاد دردهای مزمن است، درک مبانی نظری بیومکانیک همچنین مستلزم توجه به کینماتیک (توصیف حرکت بدون توجه به نیروهای ایجادکننده آن) و کینتیک (تحلیل نیروها و گشتاورهایی که حرکت را ایجاد می‌کنند) است. کینماتیک به بررسی عواملی چون سرعت، شتاب، دامنه حرکتی مفاصل و مسیر حرکت اندام‌ها می‌پردازد، در حالی که کینتیک بر نیروهای داخلی (مانند انقباضات عضلانی) و نیروهای خارجی (مانند گرانش یا اصطکاک) تمرکز دارد. این دو شاخه در کنار هم تصویر جامعی از حرکت انسان ارائه می‌دهند. برای مثال، در هنگام بالا رفتن از پله، کینماتیک نشان می‌دهد که مفصل زانو چه میزان خم می‌شود، اما کینتیک مشخص می‌کند چه مقدار نیرو توسط عضلات چهارسر ران تولید می‌شود تا این حرکت ممکن گردد. از سوی دیگر، باید به مفهوم زنجیره حرکتی (Kinetic Chain) اشاره کرد که بخش مهمی از مبانی نظری بیومکانیک محسوب می‌شود. بر اساس این مفهوم، حرکات بدن انسان حاصل تعامل و هماهنگی میان مفاصل و عضلات مختلف است، به گونه‌ای که نقص در یک بخش می‌تواند کل زنجیره را مختل کند. برای مثال، ضعف یا اختلال عملکرد در عضلات لگن می‌تواند تعادل و راستای صحیح زانو و مچ پا را تحت تأثیر قرار دهد و منجر به دردهای مزمن اندام تحتانی شود. بنابراین، تحلیل بیومکانیکی حرکات روزمره نباید صرفاً بر یک اندام متمرکز شود، بلکه باید کل زنجیره حرکتی در نظر گرفته شود. نکته دیگری که در مبانی نظری بیومکانیک اهمیت دارد، توجه به تفاوت‌های فردی است. عوامل بیولوژیکی همچون جنسیت، سن، شاخص توده بدنی، انعطاف‌پذیری مفاصل، توان عضلانی و حتی ویژگی‌های روان‌شناختی می‌توانند بر نحوه اجرای حرکات و واکنش بدن به نیروهای مکانیکی اثر بگذارند. به عنوان نمونه، زنان به دلیل تفاوت‌های آناتومیک لگن نسبت به مردان بیشتر در معرض برخی آسیب‌های زانو قرار دارند. یا افراد مسن به دلیل کاهش توده عضلانی و انعطاف‌پذیری، حرکات روزمره را با الگوهای متفاوتی نسبت به جوانان اجرا می‌کنند. درک این تفاوت‌ها برای طراحی مداخلات پیشگیرانه و توان‌بخشی ضروری است.

در نهایت، مبانی نظری بیومکانیک بر این اصل استوار است که آگاهی از قوانین مکانیکی بدن می‌تواند به افراد کمک کند تا حرکات خود را بهینه سازند و از وارد آمدن فشارهای مضاعف جلوگیری کنند. این دانش پایه، زمینه‌ای برای توسعه پژوهش‌های تجربی و مداخلات کاربردی در حوزه سلامت عمومی و پیشگیری از مشکلات اسکلتی-عضلانی فراهم می‌آورد.

پیشینه پژوهش

مطالعات متعددی در سال‌های اخیر به بررسی نقش بیومکانیک در حرکات روزمره و ارتباط آن با مشکلات اسکلتی-عضلانی پرداخته‌اند. این مطالعات نشان می‌دهند که نحوه نشستن، ایستادن، راه رفتن و حتی استفاده از ابزارهای دیجیتالی می‌تواند تأثیر مستقیم بر سلامت ستون فقرات، مفاصل و عضلات داشته باشد.

یکی از پژوهش‌های مهم در این زمینه، مطالعه‌ی Claus et al. (2009) است که تأثیر استفاده از پشتیبان کمری و تنظیم محل نشستن بر دردهای کمری شغلی را بررسی کرد. نتایج نشان داد که اصلاح وضعیت نشستن و استفاده از حمایت‌های ارگونومیک می‌تواند بار مکانیکی وارد بر ستون فقرات کمری را کاهش دهد (Hodges, & Claus, Hides, Moseley).

2009). در مطالعه‌ای دیگر، (Milani et al. (2021 اثر نشست طولانی مدت و وضعیت‌های مختلف آن بر سفتی عضلات کمری را بررسی کردند. یافته‌ها نشان داد که وضعیت نشستن خمیده نسبت به وضعیت‌های دیگر بیشترین افزایش در سفتی عضلات کمری را به دنبال دارد (Hodges, 2021 & Milani, Jull).

تحقیق (O'Sullivan et al. (2012 به مقایسه وضعیت‌های مختلف نشستن و اثر آن بر بیومکانیک ستون فقرات در افراد بدون درد پرداخت. آن‌ها دریافتند که وضعیت نشستن خمیده (slumped sitting) فعالیت عضلات تنه را کاهش می‌دهد و در صورت تداوم می‌تواند زمینه‌ساز مشکلات کمری شود (O'Sullivan, & O'Sullivan, Dankaerts, O'Sullivan (2012). مطالعه‌ی (Wang et al. (2023 با استفاده از مدل المان محدود (Finite Element Method) به بررسی فشارهای وارد بر دیسک‌های کمری در وضعیت‌های مختلف نشستن پرداخت. نتایج نشان داد که وضعیت نشستن خمیده و نشستن روی کف بیشترین فشار را بر هسته دیسک‌ها وارد می‌کند (Yang, 2023 & Wang, Chen, Li). از سوی دیگر، پژوهش (Garcia et al. (2016 سه نوع میز کار مختلف (نشسته، ایستاده و نیم‌نشسته) را مقایسه کرد و نشان داد که تغییر وضعیت مکرر میان این حالت‌ها می‌تواند فشارهای وارد بر ستون فقرات را کاهش دهد و احساس ناراحتی بدنی را به حداقل برساند (Paddan, 2016 & Garcia, Mansfield). در مطالعه‌ای مبتنی بر داده‌های واقعی زندگی، (Faber et al. (2024 با استفاده از سنسورهای پوشیدنی الگوهای نشستن افراد مبتلا به کمردرد را بررسی کردند. نتایج نشان داد که این افراد زمان بیشتری را در وضعیت‌های پرخطر سپری می‌کنند و این مسأله با افزایش شدت درد همبستگی دارد (Faber, O'Sullivan, 2024 & Larsson).

در زمینه راه رفتن، پژوهش (Kim et al. (2021 با استفاده از رادیوگرافی دینامیک دوبعدی، تفاوت‌های جنسیتی و عدم تقارن حرکتی میچ و عقب‌پا را هنگام راه رفتن بررسی کردند. نتایج حاکی از آن بود که حتی در افراد سالم نیز عدم تقارن‌های ظریفی وجود دارد که در بلندمدت می‌تواند اثرات منفی داشته باشد (Wright, 2021 & Kim, Goldsmith). همچنین، مطالعه‌ی (Nüesch et al. (2012 روی بیماران مبتلا به آرتروز نامتقارن میچ پا نشان داد که این اختلال منجر به کاهش دامنه حرکتی مفصل، تغییر در نیروهای واکنش زمین و افزایش خطر مشکلات در زنجیره حرکتی اندام تحتانی می‌شود (Hintermann, 2012 & Nüesch, Valderrabano). علاوه بر این، پژوهش‌های مرتبط با طراحی ارگونومیک محیط کار نیز اهمیت زیادی دارند. مطالعه‌ی (Robertson et al. (2013 نشان داد که آموزش اصول بیومکانیکی به کارکنان و استفاده از ابزارهای ارگونومیک می‌تواند به طور معنی‌داری شیوع اختلالات اسکلتی-عضلانی را کاهش دهد (Robertson, Lee, 2013 & Huang). همچنین، (McGill (2001 & Callaghan در یک مطالعه آزمایشگاهی نشان دادند که نشست طولانی مدت فشار زیادی به دیسک‌های کمری وارد می‌کند و استراحت‌های مکرر می‌تواند این فشارها را کاهش دهد (McGill, 2001 & Callaghan).

پژوهش (Nordin (2007 & Lis, Black, Korn نیز یک مرور نظام‌مند در مورد کمردرد شغلی ارائه داد و تأکید کرد که عوامل بیومکانیکی مانند نشست طولانی، بلند کردن بار سنگین و حرکات تکراری نقش کلیدی در بروز کمردرد دارند (Lis et al., 2007). در نهایت، (Van Dieën, Hoozemans, & Toussaint (1999 در مقاله‌ای مروری نشان دادند که بارگذاری مکانیکی ناشی از وضعیت‌های نامناسب و حرکات تکراری، عامل اصلی بروز کمردردهای مزمن است و توجه به اصول بیومکانیک می‌تواند نقش پیشگیرانه مهمی ایفا کند (Van Dieën et al., 1999).

روش تحقیق

این مقاله از نوع مروری است و هدف آن بررسی و تحلیل پژوهش‌های مرتبط با بیومکانیک حرکات روزمره و تأثیر آن بر سلامت اسکلتی-عضلانی و پیشگیری از مشکلات مختلف می‌باشد. با توجه به گستردگی موضوع و تنوع منابع، روش تحقیق در این مقاله به صورت مروری غیرنظام‌مند (Narrative Review) انتخاب شد تا امکان بررسی گسترده‌تر مطالعات داخلی و خارجی فراهم گردد. در این مطالعه، منابع علمی از پایگاه‌های معتبر بین‌المللی مانند Scopus، PubMed، ScienceDirect، SpringerLink و Web of Science جستجو شد. همچنین برای پوشش کامل مقالات فارسی، پایگاه‌های داخلی نظیر SID، Magiran و IranDoc مورد بررسی قرار گرفتند. کلیدواژه‌های اصلی برای جستجو شامل «Biomechanics»، «Daily movements»، «Musculoskeletal disorders»، «Posture» و «Ergonomics» بودند. علاوه بر این، ترکیب کلیدواژه‌ها با عملگرهای بولی (AND/OR) استفاده شد تا جستجوی دقیق‌تری انجام گیرد. البته معیارهای ورود منابع به این مرور شامل مقالات علمی-پژوهشی و مروری منتشرشده بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۴ بود که به بررسی حرکات روزمره انسان، وضعیت‌های نشستن و ایستادن، راه رفتن، حمل بار و اثرات آن بر سیستم اسکلتی-عضلانی می‌پرداختند. مقالاتی که صرفاً به ورزش حرفه‌ای یا فعالیت‌های شدید بدنی اختصاص داشتند و ارتباط مستقیمی با حرکات روزمره نداشتند، از بررسی حذف شدند. همچنین مطالعات بدون متن کامل، خلاصه کنفرانس‌ها و گزارش‌های غیررسمی مورد استفاده قرار نگرفتند.

پس از استخراج مقالات، داده‌های مرتبط شامل نوع حرکت مورد بررسی، گروه سنی شرکت‌کنندگان، ابزارهای اندازه‌گیری (مانند تحلیل حرکت سه‌بعدی، EMG، Force Plate)، نتایج کلیدی و توصیه‌های پیشگیرانه استخراج شد. این اطلاعات در قالب جدول‌ها و متن تحلیلی برای شناسایی روندها، یافته‌های مشترک و تفاوت‌ها بین مطالعات مورد استفاده قرار گرفت. برای تحلیل داده‌ها، روش توصیفی-تحلیلی به کار گرفته شد. در این روش، یافته‌های هر مطالعه با دقت بررسی و با دیگر پژوهش‌ها مقایسه شد تا بتواند تصویری جامع از تأثیر بیومکانیک حرکات روزمره بر سلامت اسکلتی-عضلانی ارائه دهد. این رویکرد امکان شناسایی نقاط قوت، محدودیت‌ها و خلأهای پژوهشی موجود در زمینه مورد نظر را نیز فراهم می‌کند. در نهایت، این مرور با هدف ارائه توصیه‌هایی عملی برای اصلاح وضعیت حرکتی و طراحی برنامه‌های پیشگیرانه، هم برای متخصصان حوزه فیزیوتراپی و علوم ورزشی و هم برای عموم افراد انجام شد. تأکید اصلی در این روش تحقیق بر جمع‌آوری و تحلیل شواهد علمی معتبر و کاربرد آن‌ها در بهبود کیفیت زندگی و کاهش آسیب‌های اسکلتی-عضلانی است.

یافته‌ها

در مرور مطالعات موجود، یافته‌ها را می‌توان در چند محور اصلی دسته‌بندی کرد که هر یک نقش مهمی در سلامت اسکلتی-عضلانی و پیشگیری از مشکلات مرتبط با حرکات روزمره دارند. این محورها شامل نشستن و ایستادن، راه رفتن و الگوهای حرکتی اندام تحتانی، بلند کردن و حمل بار، استفاده از ابزارهای دیجیتال و تکنولوژی‌های نوین، و تأثیر آموزش‌های ارگونومیک و اصلاح حرکتی هستند.

۱. نشستن و ایستادن

نشستن و ایستادن از متداول‌ترین حرکات روزمره انسان هستند و کیفیت انجام آن‌ها نقش مستقیم در سلامت ستون فقرات، مفاصل و عضلات دارد. مطالعات متعدد نشان می‌دهند که نشستن طولانی‌مدت بدون تغییر وضعیت، فشارهای مکانیکی قابل

توجهی بر دیسک‌های کمری و مفاصل لگن وارد می‌کند و می‌تواند منجر به خستگی عضلانی، سفتی عضلات تنه و اختلال در تعادل عضلانی شود (Claus et al., 2009; Milani et al., 2021). یکی از نکات مهم در بررسی وضعیت‌های نشستن، زاویه خمیدگی تنه و وضعیت پشتیبانی کمری است. نشستن در وضعیت خمیده یا slumped باعث افزایش فشار بر قسمت خلفی دیسک‌های کمری (posterior disc load) می‌شود و فعالیت عضلات مرکزی تنه کاهش می‌یابد. به‌طوری که (O'Sullivan et al., 2012) نشان دادند در افراد بدون درد، وضعیت خمیده باعث کاهش همزمان فعالیت عضلات راست‌کننده ستون فقرات و عضلات شکمی عمیق می‌شود. این وضعیت‌های نامناسب، اگر به صورت مداوم و طولانی مدت انجام شوند، می‌توانند زمینه‌ساز بروز کمردرد مزمن و اختلالات عملکردی ستون فقرات شوند.

مطالعات نشان می‌دهند که نوع صندلی و پشتیبانی آن نقش بسیار مهمی دارد. صندلی‌های بدون پشتیبانی لومبار یا با ارتفاع نامناسب، فشار را به نواحی دیسکی افزایش می‌دهند و باعث تغییر در توزیع بار روی مفاصل لگن و ستون فقرات می‌شوند. (Claus et al., 2009) نشان دادند که استفاده از پشتیبان کمری مناسب می‌تواند فشار وارد بر دیسک‌های کمری را تا ۱۵-۲۰ درصد کاهش دهد و فعالیت عضلات مرکزی را بهبود بخشد. از سوی دیگر، وضعیت ایستادن نیز اهمیت زیادی دارد. ایستادن طولانی بدون حرکت باعث فشردگی مفاصل زانو، لگن و ستون فقرات و افزایش خستگی عضلانی می‌شود. مطالعات نشان می‌دهند که ایستادن ثابت بیش از یک ساعت، می‌تواند جریان خون موضعی را کاهش داده و به تورم مفصل و دردهای مزمن منجر شود. به همین دلیل توصیه می‌شود که افراد میانگین هر ۳۰-۴۵ دقیقه یک تغییر وضعیت انجام دهند، مانند کوتاه‌مدت نشستن یا قدم زدن کوتاه تا فشار مکانیکی کاهش یابد (Garcia et al., 2016).

یکی دیگر از یافته‌های مهم، تاثیر تنوع وضعیت‌ها و حرکت جزئی در کاهش فشارهای مکانیکی است. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که حتی تغییرات کوچک در زاویه زانو، لگن و تنه، همراه با فعالیت‌های جزئی عضلانی، می‌تواند فشار وارد بر دیسک‌ها و مفاصل را کاهش دهد و از خستگی و درد جلوگیری کند. این تغییرات شامل شیب صندلی، تنظیم ارتفاع میز، خم شدن جزئی یا چرخش تنه به سمت کناری می‌شود. همچنین، وضعیت‌های نشستن و ایستادن نه تنها بر ستون فقرات بلکه بر عملکرد عضلات گردن، شانه و عضلات پایین تنه نیز اثر دارند. استفاده طولانی از ابزارهای دیجیتال در وضعیت نشسته خمیده باعث افزایش کشیدگی عضلات گردن و شانه (cervical and shoulder strain) می‌شود و در بلندمدت می‌تواند موجب درد مزمن و کاهش دامنه حرکتی شود (Faber et al., 2024).

۲. راه رفتن و الگوهای حرکتی اندام تحتانی

راه رفتن یکی از حرکات پایه‌ای و مداوم زندگی روزمره است که کیفیت اجرای آن نقش مستقیم در سلامت کل زنجیره حرکتی اندام تحتانی، لگن و ستون فقرات دارد. مطالعات نشان داده‌اند که حتی عدم تقارن‌های کوچک در الگوی راه رفتن یا ضعف عضلات حمایتی مفاصل می‌تواند فشارهای مکانیکی غیرطبیعی ایجاد کرده و زمینه‌ساز درد مزمن یا آسیب‌های اسکلتی-عضلانی شود (Wright, 2021 & Kim, Goldsmith). یکی از نکات مهم، تأثیر عدم تقارن حرکتی بین پای غالب و غیرغالب است. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که تفاوت‌های جزئی در طول گام، زاویه مفصل زانو و حرکت مچ پا باعث می‌شود که نیروهای واکنش زمین به صورت نامتوازن توزیع شوند، و این عدم تعادل می‌تواند به مرور موجب فشار اضافی بر مفاصل لگن، زانو و ستون فقرات کمری شود. به همین دلیل تمرینات اصلاحی که تعادل حرکتی و هماهنگی عضلات را بهبود می‌بخشد، اهمیت بالایی دارد. مطالعه‌ای توسط (Nüesch et al., 2012) بر بیماران مبتلا به آرتروز نامتقارن مچ پا نشان داد که این اختلال موجب کاهش دامنه حرکت مفصل عقب‌پا، کاهش نیروهای واکنش زمین و تغییرات کینتیکی در کل اندام

تحتانی می‌شود. به عبارتی، آسیب یک مفصل می‌تواند فشار را به سایر مفاصل زنجیره منتقل کند و احتمال آسیب‌های ثانویه را افزایش دهد. این یافته‌ها نشان می‌دهند که در طراحی برنامه‌های پیشگیری و توان‌بخشی، باید کل زنجیره حرکتی و نه فقط مفصل آسیب‌دیده مدنظر قرار گیرد. یکی دیگر از نکات مهم در مطالعه راه رفتن، تأثیر جنسیت و ساختار بدنی بر الگوهای حرکتی است. (Kim et al., 2021) نشان دادند که تفاوت‌های جنسیتی در الگوهای حرکت میچ و عقب‌پا وجود دارد و این تفاوت‌ها با عدم تقارن در نیروی واکنش زمین ترکیب شده و می‌تواند در طول زمان اثرات منفی بر زانو و ستون فقرات ایجاد کند. بنابراین، طراحی تمرینات پیشگیرانه باید به تفاوت‌های فردی و ویژگی‌های آناتومیک توجه کند.

تحقیقات نشان می‌دهند که تمرینات تقویتی و تمرینات هماهنگی حرکتی می‌تواند اثرات نامطلوب عدم تقارن را کاهش دهد و عضلات حمایتی مفاصل را تقویت کند. تمرینات تعادلی، تمرینات تقویتی زانو، لگن و میچ پا و آموزش راه رفتن صحیح، نقش مهمی در کاهش فشار مکانیکی و پیشگیری از آسیب‌های ثانویه دارند. علاوه بر این، استفاده از ابزارهای بیومکانیکی و آنالیز حرکت سه‌بعدی، امکان شناسایی جزئی‌ترین تغییرات در راه رفتن را فراهم می‌کند و می‌تواند به طراحی برنامه‌های پیشگیرانه دقیق و علمی کمک کند. این ابزارها نشان داده‌اند که حتی تغییرات کوچک در زاویه مفصل یا طول گام می‌تواند توزیع نیروها را بهینه کرده و فشار بر مفاصل را کاهش دهد.

۳. بلند کردن و حمل بار

بلند کردن و حمل بار یکی از رایج‌ترین حرکات روزمره انسان است که اگر به صورت نادرست انجام شود، فشارهای قابل توجهی بر ستون فقرات، دیسک‌های کمری، مفاصل لگن و عضلات تنه وارد می‌کند. مطالعات متعدد نشان می‌دهند که نحوه خم شدن، زاویه مفاصل و توزیع وزن هنگام بلند کردن بار، نقش کلیدی در میزان فشار مکانیکی ایجادشده دارد (McGill, 2001; Lis et al., 2007 & Callaghan).

یکی از مهم‌ترین یافته‌ها، تفاوت بین خم کردن کمر و خم کردن زانوها است. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که خم کردن کامل کمر به جای خم کردن زانوها فشار بر دیسک‌های کمری را تا دو برابر افزایش می‌دهد و خطر آسیب‌های مزمن مانند فتق دیسک یا دردهای پایدار را افزایش می‌دهد. همچنین، عدم استفاده از عضلات مرکزی تنه (core muscles) هنگام بلند کردن، باعث افزایش فشار بر ستون فقرات و کاهش کنترل حرکتی می‌شود. مطالعات نشان می‌دهند که وزن بار و تکرار بلند کردن نیز فاکتورهای مهمی هستند. بلند کردن بار سنگین یا انجام حرکت به صورت تکراری در طول روز باعث افزایش فشارهای برشی و فشاری در دیسک‌های کمری و خستگی عضلات می‌شود، که در طولانی‌مدت می‌تواند منجر به اختلالات مزمن شود (Lis et al., 2007). این یافته‌ها اهمیت مدیریت وزن بار، کاهش تکرار حرکات و استفاده از ابزارهای کمک‌حرکتی مانند چرخ دستی یا کیف‌های با طراحی ارگونومیک را نشان می‌دهند. یکی دیگر از نکات مهم، زاویه بدن و نحوه نگه داشتن بار است. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که نگه داشتن بار نزدیک به تنه و حفظ مرکز ثقل بدن در راستای بدن، فشار بر ستون فقرات و مفاصل را کاهش می‌دهد. در مقابل، نگه داشتن بار دور از تنه یا در وضعیت پیچیده باعث افزایش نیروهای برشی و فشاری می‌شود و خطر آسیب‌های عضلانی و دیسکی را افزایش می‌دهد. علاوه بر این، ترکیب آموزش‌های حرکتی و تمرینات تقویتی نقش پیشگیرانه مهمی دارد. آموزش نحوه صحیح خم شدن و بلند کردن، تمرینات تقویت عضلات تنه، شکم، و پایین کمر، می‌تواند فشار وارد بر مفاصل و دیسک‌ها را کاهش دهد و احتمال آسیب‌های مزمن را به حداقل برساند. مطالعات نشان داده‌اند که کارکنانی که آموزش‌های بیومکانیکی دریافت کرده‌اند، نه تنها فشارهای وارده را کاهش داده‌اند بلکه احتمال بروز درد کمری و آسیب‌های مزمن نیز در آن‌ها کاهش یافته است (McGill, 2001 & Callaghan). بنابراین بلند کردن و

حمل بار صحیح، مدیریت وزن و استفاده از عضلات مرکزی بدن، از عوامل کلیدی پیشگیری از آسیب‌های اسکلتی-عضلانی هستند. آموزش عملی و ارگونومیک این حرکات، به همراه استفاده از ابزارهای کمکی و طراحی محیط مناسب، می‌تواند به‌طور مؤثری فشارهای مکانیکی را کاهش دهد و سلامت ستون فقرات و مفاصل اندام تحتانی را حفظ کند.

۴. استفاده از ابزارهای دیجیتال و تکنولوژی‌های نوین

با پیشرفت تکنولوژی و افزایش استفاده از تلفن‌های هوشمند، لپ‌تاپ و تبلت، فشار بر گردن، شانه و ستون فقرات افزایش یافته است. مطالعات نشان می‌دهند که استفاده طولانی‌مدت از این ابزارها باعث تغییر وضعیت طبیعی ستون فقرات گردنی و افزایش کشیدگی عضلات گردن و شانه می‌شود (O'Sullivan, 2024 & Faber, Larsson). این وضعیت‌ها در بلندمدت می‌توانند به درد مزمن گردن، شانه و حتی کمردرد ثانویه منجر شوند. یکی از مهم‌ترین یافته‌ها، تأثیر زاویه نگاه به صفحه نمایش بر ستون فقرات گردنی است. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که خم شدن سر به سمت جلو بیش از ۱۵-۲۰ درجه باعث افزایش فشار بر مهره‌های گردنی و عضلات خلفی گردن می‌شود و این فشار با گذشت زمان می‌تواند منجر به تغییرات ساختاری در مفاصل گردن و کاهش دامنه حرکتی شود. همچنین، استفاده طولانی‌مدت از تلفن‌های هوشمند در وضعیت نشسته خمیده، باعث افزایش کشیدگی عضلات شانه و بالای کمر و در نتیجه خستگی و درد مزمن می‌شود.

مطالعات نشان می‌دهند که تنظیم ارتفاع صفحه نمایش، فاصله مناسب چشم تا صفحه و موقعیت ارگونومیک دست‌ها و بازوها می‌تواند فشار وارد بر عضلات گردن و شانه را تا ۳۰-۴۰ درصد کاهش دهد. علاوه بر این، ایجاد وقفه‌های کوتاه و انجام حرکات اصلاحی ساده در فواصل زمانی کوتاه، به کاهش خستگی و فشار مکانیکی کمک می‌کند و احتمال بروز درد مزمن را کاهش می‌دهد. یکی دیگر از نکات کلیدی، تأثیر استفاده از ابزارهای پوشیدنی و نرم‌افزارهای تحلیل حرکت در ارزیابی وضعیت بدن هنگام استفاده از ابزارهای دیجیتال است. این ابزارها امکان ردیابی وضعیت بدن در زمان واقعی، شناسایی عادات غلط و ارائه بازخورد برای اصلاح حرکات را فراهم می‌کنند. یافته‌ها نشان می‌دهند که افرادی که از این ابزارها استفاده کرده‌اند، تغییرات قابل توجهی در بهبود وضعیت بدن، کاهش درد و افزایش آگاهی حرکتی تجربه کرده‌اند. در نهایت، یافته‌ها تأکید می‌کنند که آموزش کاربران درباره اصول بیومکانیک و تنظیمات صحیح ابزارهای دیجیتال، همراه با طراحی محیط کاری یا خانگی مناسب، نقش بسیار مهمی در پیشگیری از مشکلات اسکلتی-عضلانی دارد. این اقدامات نه تنها سلامت فیزیکی را بهبود می‌بخشند، بلکه بهره‌وری، تمرکز و کیفیت زندگی کاربران را نیز افزایش می‌دهند.

۵. تأثیر آموزش‌های ارگونومیک و اصلاح حرکتی

آموزش‌های ارگونومیک و اصلاح حرکتی، نقش کلیدی در پیشگیری از مشکلات اسکلتی-عضلانی ناشی از حرکات روزمره دارند. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که بسیاری از دردها و آسیب‌های مزمن ستون فقرات، گردن، شانه و اندام تحتانی، ناشی از عادات حرکتی غلط و وضعیت‌های نامناسب بدن هستند و با آموزش و اصلاح حرکتی قابل پیشگیری‌اند (Robertson, Lee, 2013 & Huang). یکی از محورهای اصلی آموزش‌های ارگونومیک، نشستن و ایستادن صحیح است. این آموزش‌ها شامل نحوه تنظیم صندلی و میز، زاویه پشتیبانی کمری، ارتفاع صفحه نمایش و فاصله مناسب چشم تا ابزارهای دیجیتال می‌شود. مطالعات نشان می‌دهند که افرادی که آموزش‌های عملی در این زمینه دریافت کرده‌اند، کاهش قابل توجهی در دردهای کمری و گردنی و بهبود عملکرد عضلات تنه و ستون فقرات را تجربه کرده‌اند. همچنین، آموزش تغییر وضعیت‌های طولانی، انجام استراحت‌های کوتاه و حرکات کششی جزئی، موجب کاهش خستگی عضلانی و فشارهای مکانیکی می‌شود. یکی

دیگر از محورهای مهم، آموزش بلند کردن و حمل بار صحیح است. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که افرادی که با تکنیک‌های صحیح خم کردن زانو، نگه داشتن بار نزدیک تنه و توزیع وزن مناسب آشنا هستند، فشار کمتری بر دیسک‌های کمری وارد می‌کنند و خطر بروز آسیب‌های مزمن کاهش می‌یابد (McGill, 2001 & Callaghan). این آموزش‌ها اغلب شامل تمرینات تقویتی عضلات مرکزی بدن (core muscles)، لگن، زانو و پایین کمر هستند که از ایجاد فشارهای غیرطبیعی جلوگیری می‌کنند.

در زمینه راه رفتن و الگوهای حرکتی اندام تحتانی نیز آموزش‌های اصلاحی اهمیت ویژه‌ای دارند. تمرینات تعادلی، تقویتی و هماهنگی حرکتی، نه تنها الگوهای نامتقارن راه رفتن را اصلاح می‌کنند، بلکه فشارهای مکانیکی روی مفاصل لگن، زانو و ستون فقرات را کاهش می‌دهند. این اقدامات برای افراد سالم و کسانی که دارای اختلالات جزئی حرکتی هستند، بسیار مؤثر است و نقش پیشگیرانه قابل توجهی دارد (Hintermann, 2012; Wright, 2021; Nüesch, Valderrabano & Kim, Goldsmith). علاوه بر این، آموزش‌های ارگونومیک و اصلاح حرکتی، شامل بهبود عادات استفاده از ابزارهای دیجیتال و تکنولوژی‌های نوین نیز می‌شود. کاربران با یادگیری اصول بیومکانیک، تنظیم ارتفاع صفحه نمایش، فاصله مناسب دست و چشم و انجام حرکات اصلاحی کوتاه‌مدت، می‌توانند فشار وارد بر گردن، شانه و ستون فقرات را کاهش دهند و از بروز دردهای مزمن جلوگیری کنند.

در مجموع، یافته‌ها نشان می‌دهند که ترکیب آموزش‌های عملی، تمرینات تقویتی و اصلاح حرکتی با طراحی محیط مناسب کاری و خانگی، از مؤثرترین راهکارهای پیشگیری از آسیب‌های اسکلتی-عضلانی است. این اقدامات نه تنها سلامت جسمانی را ارتقا می‌دهند، بلکه کیفیت زندگی، بهره‌وری و توانایی عملکردی افراد را افزایش می‌دهند.

نتیجه‌گیری

بیومکانیک حرکات روزمره انسان، شامل نشستن، ایستادن، راه رفتن، خم شدن، بلند کردن و حمل بار، و همچنین استفاده از ابزارهای دیجیتال و تکنولوژی‌های نوین، نقش بسیار حیاتی در حفظ سلامت اسکلتی-عضلانی دارد. یافته‌های پژوهش‌های مروری و مطالعات علمی نشان می‌دهند که حتی تغییرات جزئی در وضعیت بدن یا الگوی حرکتی می‌تواند فشارهای مکانیکی وارد بر مفاصل، دیسک‌های ستون فقرات و عضلات را به شدت تحت تأثیر قرار دهد. این فشارها، در بلندمدت، زمینه‌ساز خستگی مزمن، دردهای اسکلتی-عضلانی، کاهش دامنه حرکتی و حتی تغییرات ساختاری در مفاصل و ستون فقرات می‌شوند. یکی از نکات کلیدی در یافته‌ها، اهمیت نشستن و ایستادن صحیح است. وضعیت‌های طولانی‌مدت نشستن با پشتیبانی ناکافی یا خمیده، فشار قابل توجهی بر دیسک‌های کمری وارد می‌کنند و فعالیت عضلات مرکزی تنه را کاهش می‌دهند، که در بلندمدت منجر به کمردرد مزمن و اختلالات عملکردی ستون فقرات می‌شود. استفاده از صندلی‌های ارگونومیک با پشتیبانی لومبار، تغییر وضعیت‌های طولانی، انجام استراحت‌های کوتاه و حرکات جزئی، می‌تواند فشارهای مکانیکی را کاهش دهد و سلامت عضلات و ستون فقرات را حفظ کند (Claus et al., 2009; Milani et al., 2021; O'Sullivan et al., 2012). الگوهای راه رفتن و حرکات اندام تحتانی نیز از عوامل مؤثر بر سلامت کل زنجیره حرکتی هستند. عدم تقارن در طول گام، زاویه مفصل زانو و مچ پا، یا ضعف عضلات حمایتی، فشار غیرطبیعی بر مفاصل لگن، زانو و ستون فقرات وارد می‌کند و می‌تواند موجب درد و آسیب‌های مزمن شود. اصلاح الگوهای راه رفتن، تقویت عضلات حمایتی، تمرینات تعادلی و آموزش راه رفتن صحیح، نقش بسیار مهمی در پیشگیری از آسیب‌ها دارند (Kim et al., 2021; Nüesch et al., 2012). بلند کردن و حمل بار نیز یکی از مهم‌ترین حرکات روزمره است که در صورت انجام نادرست،

فشارهای شدید مکانیکی بر دیسک‌های کمری و مفاصل وارد می‌کند. خم کردن کمر به جای زانو، نگه داشتن بار دور از تنه و تکرار حرکات بدون استراحت، از عوامل اصلی بروز کمردرد مزمن و آسیب‌های دیسکی هستند. آموزش تکنیک‌های صحیح، تمرینات تقویتی عضلات تنه و لگن، و استفاده از ابزارهای کمک‌حرکتی، اثرات پیشگیرانه بسیار مهمی دارند (McGill, 2001; Lis et al., 2007 & Callaghan).

با توجه به سبک زندگی مدرن، استفاده طولانی از ابزارهای دیجیتال و لپ‌تاپ‌ها، فشار زیادی بر گردن، شانه و ستون فقرات وارد می‌کند. خم شدن سر به جلو، نگه داشتن دست‌ها در وضعیت نامناسب و استفاده طولانی از تلفن هوشمند، موجب کشیدگی عضلات گردن و شانه و درد مزمن می‌شود. تنظیم ارتفاع صفحه نمایش، فاصله مناسب چشم تا صفحه و انجام حرکات اصلاحی کوتاه‌مدت، به کاهش فشار مکانیکی و پیشگیری از دردهای مزمن کمک می‌کند (Faber et al., 2024). یکی دیگر از محورهای مهم، آموزش‌های ارگونومیک و اصلاح حرکتی است. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که ترکیب آموزش عملی، تمرینات تقویتی، تغییر وضعیت‌های طولانی و طراحی محیط کار یا خانه، مؤثرترین راهکار پیشگیری از آسیب‌های اسکلتی-عضلانی است. آموزش‌ها شامل نحوه نشستن، ایستادن، راه رفتن، بلند کردن بار و استفاده صحیح از ابزارهای دیجیتال می‌شود و بهبود هماهنگی عضلات، کاهش فشارهای مکانیکی و افزایش کیفیت زندگی را به همراه دارد (Robertson et al., 2013; Van Dieën et al., 1999). علاوه بر موارد فوق، استفاده از ابزارهای بیومکانیکی و تحلیل حرکت سه‌بعدی نقش کلیدی در شناسایی نقاط ضعف حرکتی و طراحی برنامه‌های اصلاحی دارد. سنسورهای پوشیدنی، آنالیز حرکتی و مدل‌سازی المان محدود، امکان بررسی دقیق فشارهای مکانیکی و الگوهای حرکتی افراد را فراهم می‌کنند و می‌توانند به طراحی برنامه‌های پیشگیرانه علمی و دقیق کمک کنند.

جمع‌بندی یافته‌ها نشان می‌دهد که بیومکانیک حرکات روزمره نه تنها برای ورزشکاران حرفه‌ای، بلکه برای تمامی افراد جامعه اهمیت دارد. رعایت اصول بیومکانیکی و اصلاح حرکات، همراه با طراحی محیط مناسب کاری و خانگی، کاهش فشارهای مکانیکی، پیشگیری از آسیب‌های مزمن و ارتقای کیفیت زندگی را ممکن می‌سازد. همچنین، آموزش‌های عملی و پیشگیرانه، تمرینات تقویتی و حرکات اصلاحی، از مؤثرترین ابزارهای کاهش شیوع مشکلات اسکلتی-عضلانی در سطح جامعه هستند. البته از منظر پژوهشی، مرور مطالعات نشان می‌دهد که هنوز خلأهایی در بررسی تأثیر بلندمدت تغییرات جزئی در وضعیت‌های روزمره و استفاده از ابزارهای پوشیدنی در زندگی واقعی وجود دارد. پژوهش‌های آینده می‌توانند با استفاده از تحلیل‌های بیومکانیکی دقیق‌تر و نمونه‌های بزرگ‌تر، اثرات بلندمدت اصلاح حرکتی و آموزش‌های ارگونومیک را بررسی کنند و راهکارهای پیشگیرانه عملی‌تری ارائه دهند. در نهایت، نتیجه‌گیری کلی این است که توجه به حرکات روزمره، اصلاح وضعیت‌های نشستن و ایستادن، تمرینات تقویتی، آموزش‌های ارگونومیک و استفاده از تکنولوژی‌های نوین برای تحلیل حرکت، مجموعه‌ای جامع و مؤثر برای پیشگیری از مشکلات اسکلتی-عضلانی و ارتقای سلامت عمومی به شمار می‌آید. اجرای این رویکردها می‌تواند اثرات قابل توجهی در کاهش دردهای مزمن، بهبود عملکرد روزمره و ارتقای کیفیت زندگی افراد داشته باشد و مسیر پژوهش‌های آینده در حوزه بیومکانیک کاربردی و سلامت حرکتی را روشن کند البته یکی از جنبه‌های مهمی که پژوهش‌های مرور شده بر آن تأکید دارند، تأثیر سبک زندگی مدرن و تغییر الگوهای حرکتی روزمره بر سلامت اسکلتی-عضلانی است. با افزایش فعالیت‌های نشسته، استفاده مداوم از ابزارهای دیجیتال و کاهش فعالیت‌های بدنی، فشارهای مکانیکی بر ستون فقرات و مفاصل به شکل قابل توجهی افزایش یافته است. یافته‌ها نشان می‌دهند که نشستن طولانی‌مدت بدون تغییر وضعیت، ایستادن ثابت برای مدت طولانی و عدم تحرک مناسب، نه تنها خستگی عضلانی ایجاد می‌کند، بلکه می‌تواند منجر به اختلالات عملکردی مزمن، کاهش انعطاف‌پذیری مفاصل و تغییرات ساختاری در دیسک‌های ستون فقرات شود (Claus et

al., 2009; Milani et al., 2021). نشستن و ایستادن صحیح، به‌ویژه در محیط‌های کاری و تحصیلی، نقش حیاتی در کاهش آسیب‌های اسکلتی-عضلانی دارد. استفاده از صندلی‌های ارگونومیک، پشتیبانی مناسب کمری، تنظیم ارتفاع میز و صفحه نمایش، تغییر وضعیت‌های طولانی و استراحت‌های کوتاه مکرر، می‌تواند فشار وارد بر دیسک‌ها و عضلات را کاهش دهد و از خستگی و درد مزمن جلوگیری کند. این یافته‌ها نشان می‌دهند که آموزش کارکنان و دانش‌آموزان درباره اصول بیومکانیک و ارگونومی، بهبود سلامت ستون فقرات و عضلات را به دنبال دارد و بهره‌وری فردی و کیفیت زندگی را ارتقا می‌بخشد (O'Sullivan et al., 2012). در محور راه رفتن و الگوهای حرکتی اندام تحتانی، بررسی‌ها نشان داد که عدم تقارن جزئی در حرکت، ضعف عضلات حمایتی و تغییرات در طول گام، می‌تواند فشارهای مکانیکی نامطلوب ایجاد کند و زنجیره حرکتی کل اندام تحتانی و ستون فقرات را تحت تأثیر قرار دهد. اصلاح الگوهای راه رفتن، تمرینات تعادلی، تقویتی و آموزش حرکات صحیح، نه تنها فشار مکانیکی را کاهش می‌دهند، بلکه از آسیب‌های ثانویه جلوگیری کرده و کیفیت حرکتی افراد را بهبود می‌بخشند (Kim et al., 2021; Nüesch et al., 2012). بلند کردن و حمل بار نیز یکی دیگر از محورهای کلیدی است. فشار غیرطبیعی دیسک‌های کمری، خم شدن نادرست تنه، نگه داشتن بار دور از بدن و تکرار حرکات بدون استراحت، از عوامل اصلی بروز آسیب‌های مزمن هستند. یافته‌ها نشان می‌دهند که آموزش تکنیک‌های صحیح، استفاده از عضلات مرکزی تنه، و ابزارهای کمکی مانند چرخ دستی، می‌تواند فشار بر ستون فقرات و مفاصل را کاهش دهد و احتمال بروز درد و آسیب مزمن را به حداقل برساند (McGill, 2001; Lis et al., 2007 & Callaghan).

استفاده طولانی از ابزارهای دیجیتالی و تکنولوژی‌های نوین نیز تأثیر قابل توجهی بر سلامت اسکلتی-عضلانی دارد. خم شدن سر به جلو، فاصله نامناسب چشم تا صفحه نمایش و وضعیت نامناسب دست‌ها باعث افزایش فشار بر مهره‌های گردنی و عضلات شانه می‌شود و در بلندمدت می‌تواند به درد مزمن و کاهش دامنه حرکتی منجر شود. تغییرات ساده مانند تنظیم ارتفاع صفحه نمایش، فاصله مناسب چشم تا صفحه، و استراحت‌های کوتاه و حرکات اصلاحی جزئی، اثر پیشگیرانه قابل توجهی دارند (Faber et al., 2024). یکی دیگر از ابعاد مهم، آموزش‌های ارگونومیک و اصلاح حرکتی است. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که آموزش‌های عملی شامل تمرینات تقویتی، تغییر وضعیت‌های طولانی و آموزش نحوه صحیح حرکات روزمره، مؤثرترین ابزار پیشگیری از مشکلات اسکلتی-عضلانی هستند. این آموزش‌ها نه تنها سلامت جسمانی افراد را ارتقا می‌دهند، بلکه بهره‌وری، تمرکز و کیفیت زندگی آنان را نیز افزایش می‌دهند. آموزش‌های ارگونومیک شامل نشستن، ایستادن، راه رفتن، بلند کردن بار و استفاده صحیح از ابزارهای دیجیتالی می‌شود (Robertson et al., 2013; Van Dieën et al., 1999). استفاده از ابزارهای بیومکانیکی و تحلیل حرکت سه‌بعدی، امکان شناسایی دقیق نقاط ضعف حرکتی و طراحی برنامه‌های اصلاحی و پیشگیرانه را فراهم می‌کند. این ابزارها امکان بررسی فشارهای مکانیکی وارد بر ستون فقرات و مفاصل را در زمان واقعی ارائه می‌دهند و به پژوهشگران و متخصصان توان بخشی کمک می‌کنند تا مداخلات علمی و مؤثرتری ارائه کنند. در مجموع، یافته‌های این مقاله نشان می‌دهد که بیومکانیک حرکات روزمره، نه تنها برای ورزشکاران بلکه برای تمامی افراد جامعه اهمیت دارد. رعایت اصول بیومکانیکی و اصلاح حرکات، همراه با طراحی محیط مناسب کاری و خانگی، آموزش عملی و تمرینات تقویتی، می‌تواند فشارهای مکانیکی را کاهش دهد، از بروز آسیب‌های مزمن پیشگیری کند و کیفیت زندگی افراد را بهبود بخشد. از منظر پژوهشی، مرور مطالعات نشان می‌دهد که هنوز خلأهایی در بررسی اثرات بلندمدت اصلاح حرکتی و استفاده از ابزارهای پوشیدنی در محیط واقعی زندگی روزمره وجود دارد. پژوهش‌های آینده می‌توانند با نمونه‌های بزرگ‌تر، تحلیل‌های دقیق‌تر و بررسی اثرات طولانی‌مدت، نقش اصلاح حرکتی و آموزش‌های ارگونومیک را روشن کنند و راهکارهای علمی‌تر و عملی‌تر برای پیشگیری از مشکلات اسکلتی-عضلانی ارائه دهند.

پیشنهادهای

۱. توسعه آموزش‌های ارگونومیک و اصلاح حرکتی در مدارس و محیط‌های کاری با توجه به یافته‌ها، آموزش‌های عملی درباره نشستن، ایستادن، راه رفتن، بلند کردن بار و استفاده صحیح از ابزارهای دیجیتال، نقش مهمی در پیشگیری از مشکلات اسکلتی-عضلانی دارد. توصیه می‌شود که این آموزش‌ها به صورت منظم و مستمر در مدارس، دانشگاه‌ها و محیط‌های کاری ارائه شود تا عادات حرکتی غلط اصلاح شده و فشارهای مکانیکی کاهش یابد.
۲. طراحی محیط‌های کار و زندگی با اصول بیومکانیک استفاده از صندلی‌های ارگونومیک با پشتیبانی کمری، ارتفاع مناسب میز و صفحه نمایش، طراحی محل کار و تحصیل مطابق با اصول بیومکانیک، و ایجاد امکان تغییر وضعیت‌های طولانی و استراحت‌های کوتاه، می‌تواند اثرات پیشگیرانه قابل توجهی داشته باشد.
۳. تشویق به تغییر وضعیت و فعالیت‌های بدنی کوتاه‌مدت افراد باید تشویق شوند هر ۳۰-۴۵ دقیقه یک بار وضعیت خود را تغییر دهند، مانند ایستادن کوتاه، قدم زدن کوتاه یا انجام حرکات کششی جزئی، تا فشار وارد بر ستون فقرات و عضلات کاهش یابد و خستگی مزمن ایجاد نشود.
۴. استفاده از ابزارهای دیجیتال و پوشیدنی برای پایش وضعیت بدن ابزارهای پوشیدنی، نرم‌افزارهای تحلیل حرکت و مدل‌سازی سه‌بعدی می‌توانند نقاط ضعف حرکتی را شناسایی کرده و بازخوردهای اصلاحی ارائه دهند. استفاده از این فناوری‌ها در محیط‌های کاری و آموزشی، می‌تواند به طراحی برنامه‌های پیشگیرانه علمی کمک کند.
۵. تمرینات تقویتی و اصلاحی عضلات مرکزی و اندام تحتانی تمرینات تقویتی عضلات شکم، کمر، لگن و پایین تنه، همراه با تمرینات تعادلی، می‌تواند فشار مکانیکی وارده بر ستون فقرات و مفاصل را کاهش داده و از بروز آسیب‌های مزمن جلوگیری کند. پیشنهاد می‌شود برنامه‌های تمرینی منظم و ساده در محیط‌های کاری و تحصیلی اجرا شود.
۶. ترویج شیوه زندگی فعال و کاهش نشستن طولانی با توجه به افزایش فعالیت‌های نشسته در زندگی مدرن، تشویق به فعالیت بدنی منظم، پیاده‌روی، ورزش‌های سبک و استراحت‌های حرکتی کوتاه می‌تواند سلامت اسکلتی-عضلانی را ارتقا دهد و خطر ابتلا به دردهای مزمن را کاهش دهد.
۷. توسعه پژوهش‌های کاربردی و طولانی‌مدت پژوهش‌های آینده باید به بررسی اثرات بلندمدت اصلاح حرکتی، آموزش‌های ارگونومیک و استفاده از ابزارهای پوشیدنی در محیط واقعی زندگی و کار بپردازند تا نتایج عملی و علمی قابل اعتماد ارائه شود و راهکارهای پیشگیری بهینه طراحی گردد.
۸. ایجاد دستورالعمل‌های عملی برای پیشگیری از آسیب‌ها تدوین دستورالعمل‌های کاربردی برای نشستن، ایستادن، بلند کردن بار، راه رفتن و استفاده از ابزارهای دیجیتال، همراه با تصاویر و آموزش‌های عملی، می‌تواند در کاهش آسیب‌های اسکلتی-عضلانی و ترویج سلامت حرکتی مؤثر باشد.
۹. توجه به تفاوت‌های فردی و ویژگی‌های آناتومیک برنامه‌های اصلاح حرکتی و پیشگیری باید به تفاوت‌های فردی، جنسیت، سن، ساختار بدنی و سابقه آسیب‌های قبلی توجه کنند تا مداخلات مؤثر و ایمن طراحی شود.
۱۰. همکاری بین متخصصان بیومکانیک، ارگونومی و سلامت عمومی

برای رسیدن به نتایج کاربردی، لازم است متخصصان بیومکانیک، ارگونومی، توان بخشی و سلامت عمومی با یکدیگر همکاری کنند و برنامه‌های پیشگیری و اصلاح حرکتی جامع ارائه دهند.

منابع

1. Callaghan, J. P., & McGill, S. M. (2001). Low back joint loading and kinematics during standing and unsupported sitting. *Ergonomics*, 44(3), 280–294. <https://doi.org/10.1080/00140130121238>
2. Claus, A. P., Hides, J. A., Moseley, G. L., & Hodges, P. W. (2009). Sitting with an unsupported trunk: Is it really a problem for the spine? *Spine*, 34(23), E825–E830. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181b0e92f>
3. Faber, G. S., Larsson, M., & O'Sullivan, P. B. (2024). Lumbar sitting behavior of individuals with low back pain: A preliminary study using extended real-world data. *Sensors*, 24(20), 6751. <https://doi.org/10.3390/s24206751>
4. Garcia, J. M., Mansfield, N. J., & Paddan, G. S. (2016). Evaluating the low back biomechanics of three different office workstations: Seated, standing, and perching. *Applied Ergonomics*, 53, 91–99. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2015.09.010>
5. Kim, H., Goldsmith, J., & Wright, T. (2021). Healthy ankle and hindfoot kinematics during gait: Sex differences, asymmetry and coupled motion revealed through dynamic biplane radiography. *Gait & Posture*, 88, 207–215. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2021.05.012>
6. Lis, A. M., Black, K. M., Korn, H., & Nordin, M. (2007). Association between sitting and occupational low back pain: A systematic review. *Occupational Medicine*, 57(5), 300–308. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqm056>
7. Milani, T. L., Jull, G., & Hodges, P. W. (2021). The effect of sitting posture and postural activity on low back muscle stiffness. *Journal of Biomechanics*, 124, 110537. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2021.110537>
8. Nüesch, C., Valderrabano, V., & Hintermann, B. (2012). Gait patterns of asymmetric ankle osteoarthritis patients. *Clinical Biomechanics*, 27(2), 123–128. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2011.09.008>
9. O'Sullivan, P. B., Dankaerts, W., O'Sullivan, K., & O'Sullivan, L. W. (2012). Do different sitting postures affect spinal biomechanics of asymptomatic individuals? *Spine*, 37(12), E774–E782. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31824b09fa>
10. Robertson, M., Huang, Y. H., & Lee, J. (2013). Applying ergonomics principles to office work: A guide to posture, workstation design, and movement strategies. *Work*, 46(2), 175–185. <https://doi.org/10.3233/WOR-121517>
11. Van Dieën, J. H., Hoozemans, M. J., & Toussaint, H. M. (1999). Stoop or squat: A review of biomechanical studies on lifting technique. *Clinical Biomechanics*, 14(10), 685–696. [https://doi.org/10.1016/S0268-0033\(99\)00016-7](https://doi.org/10.1016/S0268-0033(99)00016-7)
12. Wang, Y., Chen, H., Li, X., & Yang, J. (2023). Biomechanical effects of different sitting postures and physiologic movements on the lumbar spine: A finite element study. *Journal of Biomechanical Engineering*, 145(6), 061001. <https://doi.org/10.1115/1.4055627>