مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی کردستان/ دوره پانزدهم/ تابستان ۱۳۸۹/۲۵-۱۲

بررسی راستای ستون مهره‌ها در مردان، هنگام وضعیت خواب به پهلو بر روی سطوح نرم، سفت و تشک در مقایسه با چیدمان سفارشی

کریم لیل نهاری[۱]، یکتا امین کاشانی[۲]، محمود خدا لطفی[۲]، محمدامین صادقین[۲]، ناصر فتورائی[۳]

۱- دانشجوی مقطع دکترای تخصصی بیومکانیک، مربی و عضو هیأت علمی تمام وقت دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، دانشکده مهندسی پزشکی،تهران، ایران

(مؤلف مسؤول) تلفن: ۳-۴۴۴۷۴۳۲۱ -۰۲۱ k.leilnahari@gmail.com

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی پزشکی گرایش بیومکانیک دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

۳- دانشیار گروه بیومکانیک (استاد راهنما)، دانشگاه صنعتی امیرکبیر تهران (پلی تکنیک) و دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، دانشکده مهندسی پزشکی، تهران، ایران

چکیده

زمینه و هدف: رعایت فاکتورهای ارگونومی در طراحی سیستم خواب اثر مستقیمی بر کیفیت نگهداری ستون مهره‌ها هنگام خواب دارد. مطالعات نشان می‌دهند که لزوماً تشک با سفتی یکنواخت نمی‌تواند راستای طبیعی ستون مهره‌ها را حفظ نماید. بکارگیری تشک‌هایی که دارای اجزایی با سفتی‌های متفاوت هستند، می‌تواند به عنوان یک راه حل مورد بررسی قرار گیرند. در این مطالعه راستای ستون مهره‌های مردان بر روی سطح سفت، نرم و یک نوع جدید از تشک سفارشی چیدمان شده، استخراج و مورد مقایسه قرار گرفته است. هدف این مطالعه بررسی عملکرد این نوع جدید تشک و استخراج چیدمان اختصاصی برای هر داوطلب بود.

روش بررسی: پس از اخذ داده‌های ابعاد سنجی، از ۲۵ داوطلب مرد خواسته شد تا بر روی سطوح نرم و بسیار سفت، با سفتی مشخص بر اساس پروتکل از پیش تعیین شده‌ای، در وضعیت خواب به پهلو قرار گیرند. سپس مختصات مکانی نشانگرهای نصب شده بر روی زوائد خاری ستون مهره‌های آنان توسط روش ردیابی نوری در صفحه فرونتال اخذ گردید. در مرحله بعدی برای هر داوطلب، المان های فوم- فنر ساخته شده و به نحوی در یک قاب چیدمان گردید تا راستای ستون مهره‌های آنان در صفحه فرونتال به راستای طبیعی شان نزدیک شود.

یافته‌ها: مشاهده شد که در وضعیت خوابیده به پهلو در صفحه فرونتال سطح سفت به علت عدم حمایت مهره‌های ناحیه کمری، باعث ایجاد انحنای c شکل در راستای ستون مهره‌ها شده و در سطح نرم، نرمی تشک باعث ایجاد فرو رفتگی بیشتر در ناحیه لگنی و از بین رفتن راستای طبیعی می‌گردد. اما در چیدمان المان‌ها با سفتی متفاوت که تشک با چیدمان سفارشی باعث حفظ راستای طبیعی می‌گردد. چیدمان اختصاصی نیز برای هر داوطلب استخراج گردید.

نتیجه‌گیری: نتایج بررسی راستای ستون مهره‌ها پس از تطبیق داده‌ها و مقایسه آنها مشخص نمود که تشک با چیدمان سفارشی روشی مناسب برای نگهداری بهینه ستون مهره‌ها در هنگام خواب می‌باشد و تشک‌های متداول با سفتی یکنواخت توانایی نگهداری راستای ستون مهره‌ها در وضعیت طبیعی را ندارند. چیدمان‌های اختصاصی استخراج شده برای وضعیت خواب به پهلو، در مطالعات آتی می‌تواند کمک به پیش‌بینی چیدمان مورد نیاز برای هر فرد بدون انجام آزمایش مستقیم کند.

کلید واژه‌ها: ارگونومی، راستای ستون مهره‌ها، سفتی سیستم خواب، تشک سفارشی

وصول مقاله: ۸۸/۱۲/۲۲ اصلاحیه نهایی: ۸۹/۵/۲۳ پذیرش مقاله: ۸۹/۵/۲۷

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-06-24]

مقدمه

تشک سفت بهتر است یا تشک نرم؟ این سوالی است که معمولاً بسیاری از افراد، اعم از سالم و بیمار از پزشکان می‌پرسند و عموماً تجویز، تشک سفت است. اما انتخاب درست از نگاه علمی کدام است و مشخصات تشک بهینه چیست؟ سطوح نرم باعث افزایش کمر دردهای ناحیه پایینی به علت عدم نگهداری راستای ستون مهره‌ها می‌شود (۱). در مقابل تشک‌های دارای سفتی بسیار بالا موسوم به طبی، دارای سفتی یکنواخت در تمامی قسمتها بوده و مطالعات نشان می‌دهند که این سطوح باعث درد شانه، کاهش کیفیت خواب در اثر تحرک بیش از حد و گرفتگی عضلات ناحیه ستون مهره‌ها شده همچنین باعث عدم توزیع مناسب نیروهای وارد از فرد می‌باشند (۴-۲).

از دیدگاه اصول بیومکانیکی و ارگونومی در سیستم خواب (بالش، تشک، پایه بستر[1]) تحقیقات وسیعی انجام گرفته است؛ محققین بسیاری بر روی انواع سیستم‌های خواب و اثر آن بر پارامترهای تنفس تحقیق می‌کنند (۵) و بسیاری دیگر با استفاده از انواع صفحات سنجش نیرو در پی استخراج نحوه توزیع نیروهای وارد از فرد به سیستم خواب در وضعیت‌های[2]، متفاوت می‌باشند (۶) که کاربرد اصلی، در جلوگیری از ایجاد زخم بستر در افرادی است که به مدت طولانی بر روی سیستم خواب یا بر روی تختهای جراحی می‌مانند (۹-۷). مطالعات متفاوتی نیز در زمینهٔ دما و نحوه انتقال حرارت سطح خواب و اثر آن بر تعرق هنگام خواب و تعریف کمی راحتی صورت گرفته است (۱۱و۱۰). تحقیقاتی نیز در مورد پاسخ‌های فیزیولوژیک هنگام خواب مانند اثر پارامترهای مکانیکی سطح خواب بر نحوهٔ طی کردن مراحل خواب و بررسی اثر سفتی بر روی کارکرد مایوالکتریک و میزان واهلش عضلات انجام گرفته است (۱۶-۱۲).

اما بنا بر نظر بسیاری از متخصصین در این زمینه، سیستم خواب بهینه برای افراد سالم باید همزمان ضمن حفظ راستای ستون مهره‌ها، بدن را به گونه‌ای نگهدارد که توزیع بار بهینه شود و تنش تماسی به حداقل برسد. سیستم خواب زمانی مناسب نامیده می‌شود که بتواند کل سیستم اسکلتی- عضلانی خود را بر روی آن بازیابی کند. در هنگام خواب باید بار از روی دیسکهای بین مهره‌ای برداشته شود تا آنها برای بازیابی الاستیسیته خود بتوانند دوباره هیدراته شوند (۱۷). ستون مهره‌ها شکل طبیعی خود که طبق فرض، مشابه وضعیت آن در حالت ایستادن فقط با انحناهای کمتر است را در خواب باید حفظ کند.

کوواکس و همکاران تأثیر سفتی‌های متفاوت بین چند تشک در حین مراحل کلینیکی بیمارانی که درد پشت نامشخص مزمن داشتند، را ارزیابی کرده و مشاهده نمودند که احساس ناراحتی بیمارانی که دارای درد کمر در ناحیه پایینی هستند، روی تشک بسیار سفت، بیشتر از تشک با سفتی متوسط است (۱۸).

لوپز و همکاران در بررسی انواع تشکها و تعریف کمی راحتی به این مهم دست یافتند که افزایش در سفتی تشک باعث افزایش در فشار میانگین بین فرد و باعث کاهش سختی در غلتیدن می‌شود (۱۹).

ژاکوبسن در سه مطالعهٔ بالینی جدا به نتایج جالبی دست یافت. او تأثیر سیستمهای خواب متفاوت را مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که استفاده از سیستم خواب پیشنهاد شده در مقایسه با سیستم خوابی که هر

1. Bed base
2. posture

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-06-24]

فرد به طور معمول استفاده می‌کند، باعث کاهش درد شانه، کمر و افزایش کیفیت خواب می‌گردد (۱). او در مطالعه‌ای جداگانه مشخص کرد که تشک‌هایی با سفتی متوسط، باعث کاهش دردهای ناحیه پایینی کمر، درد و خشکی شانه، و گرفتگی ستون مهره‌ها می‌شود (۲). او در تحقیقی دیگر کیفیت خواب را وابسته به مدت باقی ماندن (از نظر زمانی) افراد در محل خواب می‌داند (۳).

دی وکت و همکاران نیز در مطالعه‌ای که با عنوان «ارزیابی بیومکانیکی از چهار نوع تشک مختلف»، انجام گرفت، نتایج نشان داد فشار ماکزیمم رابطه مستقیمی با وزن افراد داشته و هیچ رابطه‌ای بین فشار و جهت گیری راستای ستون مهره‌ها یافت نشد (۲۰).

با استفاده از سیستمهای خواب دارای سفتی یکسان، سفت یا نرم نمی‌توان به نگهداری مناسبی از ستون مهره‌ها برای تمام دسته‌های افراد دست یافت. چه تشک نرم و چه تشک سفت دارای مزایا و معایبی است اما راه حل سومی نیز وجود دارد؛ تشک با سفتی‌های متفاوت. برای حفظ راستای ستون مهره‌ها در خواب ظاهراً پیشنهادی جز استفاده از سطوح با الاستیسیته متفاوت و به اصطلاح چیدمان سفارشی و تقسیم‌بندی افراد بر اساس جنس و ابعاد بدنی برای انتخاب تشک بهینه وجود ندارد. استفاده از مواد متفاوت می‌تواند الاستیسیته متفاوتی ایجاد کند. ولی سوال اصلی این است که افراد با جنسیت و شکل بدنی و عادات خواب متفاوت، دارای چه نیازهایی از سفتی در هر قسمت از تشک خود می‌باشند تا راستای ستون مهره‌های آنها در هنگام خواب راستای طبیعی خود را حفظ کنند. بهترین روش برای جواب به این سوال بررسی تجربی است زیرا مدلسازی کامپیوتری نمی‌تواند با در نظر گرفتن جزئیات راستای ستون مهره‌ها را پیش‌بینی کند.

این تحقیق در پی بررسی راستای ستون مهره‌ها در مردان، هنگام وضعیت خواب به پهلو بر روی سطوح نرم، سفت و تشک در مقایسه با چیدمان سفارشی می‌باشد.

روش بررسی

ساخت المان های تشک

پس از بررسی روشهای متفاوت، ترکیب همزمان پلی یورتان و فنر، برای ساخت تشکی که دارای المان‌هایی با سفتی متفاوت است، انتخاب گردید. چنانکه در شکل ۱ مشاهده می‌شود؛ المان فوم- فنر طراحی و پس از برش قطعه و نصب فنر، استوانه‌ای توخالی با قطر خارجی ۱۰۰ میلی‌متر، قطر داخلی ۵۷ میلی‌متر و ارتفاع ۱۳۵ میلی‌متر ساخته شد.

شکل ۱: المان‌های فومی، برش خاص توانسته رفتار الاستیک پلی‌یورتان را افزایش دهد

با مرور پژوهش‌هایی که نیروهای وارده از طرف فرد به تشک را در هنگام خواب اندازه‌گیری نموده‌اند، متوسط نیروهای وارد از طرف فرد به تشک برای یک مرد ۷۹/۶ کیلوگرمی با قد ۱۷۲/۵ سانتیمتر در حدود ۳۵ تا ۴۰ گرم بر سانتیمتر مربع مشخص شد، که البته در

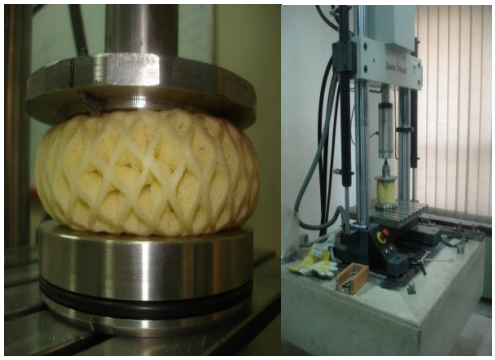
[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-06-24]

نقاط دارای تمرکز وزنی مانند لگن دارای فشار ماکزیممی حدود ۲۰۰ گرم بر سانتیمتر مربع نیز گزارش گردیده است (۲۱). همچنین به منظور بررسی مقدار تغییر طول مورد نظر برای المان فوم – فنر، مشاهده شد که برای یک مرد با قدی در حدود ۱۷۵ سانتیمتر، اختلاف بیشترین عرض بدن در ناحیه شانه و کمترین عرض آن در ناحیه کمر؛ در صفحه فرونتال، در حدود ۹ سانتیمتر و در صفحه ساژیتال اختلاف بیشترین و کمترین عمق، در حدود ۸ سانتیمتر می باشد. پس محدوده حرکتی جابجایی المان فوم_فنر در حدود ۱ تا ۷/۵ سانتیمتر می‌باشد. زیرا این المان هسته تشک بوده و مقدار خیز سطوح رویی[3] نیز باید به آن اضافه گردد.

رفتار هر کدام از المان های فوم و فنر توسط دستگاه Zwick\Roell و با توجه به پروتکل استاندارد ISO ۲۴۳۰:۲۰۰۱ (۲۲) با سرعت ثابت تحت آزمون فشار بررسی شد و نتایج و تصاویر این آزمایش در جدول ۱ و شکل ۲ قابل مشاهده است.

جدول ۱: داده‌های استخراج شده فنر از روش آزمون فشار

رنگ المان فوم – فنر	قهوه‌ای	زرد	سفید	قرمز	نقره‌ای
ضریب فنر المان فوم– فنر با دقت ٪ ۱۰± K(N/M)	۲۰۰	۲۵۰	۳۰۰	٤۰۰	٦۰۰



شکل ۲: المان فوم_فنر تحت آزمون فشار با توجه به پروتکل استاندارد ISO ۲۴۳۰:۲۰۰۱

3. Overlays

چنانکه در شکل ۳ مشاهده می گردد؛ برای جلوگیری از حرکت جانبی المان‌ها هنگام انجام آزمون خواب، قاب چوبی به ابعاد ۱۵×۹۰×۲۰۰ طراحی و ساخته شد و المان‌ها در داخل قاب چیده شدند.

شکل ۳: المان های فوم- فنر چیدمان شده در قاب، رنگهای مختلف نشان دهنده سفتی‌های متفاوت در این تشک می‌باشد.

سنجش ابعاد بدنی و نصب نشانگر

از ۲۵ مرد دانشجوی واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی تهران دعوت به همکاری شد. در ابتدا داوطلبین با تماس با دستیار تحقیق در مورد نحوه و شرایط آزمایش آشنا شدند. سپس دستیار تحقیق از بین تماس گیرندگان، از افرادی که در محدودهٔ قدی ۵±۱۷۵ سانتیمتر بودند دعوت به همکاری کرد. داوطلبین پس از معاینه توسط پزشک بالینی مقیم دانشگاه از نظر سلامت جسمی و نداشتن انحراف و جابجایی راستای ستون مهره‌ها مورد تأیید قرار گرفتند و سپس فرم موافقت برای انجام آزمایش را امضاء کردند. از شرکت‌کننده‌ها، مشخصات فردی و ۱۸ پارامتر آنتروپومتری به وسیله ابزار مخصوص اندازه‌گیری ابعاد اخذ شد. از یک متخصص ابعاد سنجی برای ایجاد یک روند یکسان در اخذ داده‌های ابعاد بدن دعوت به

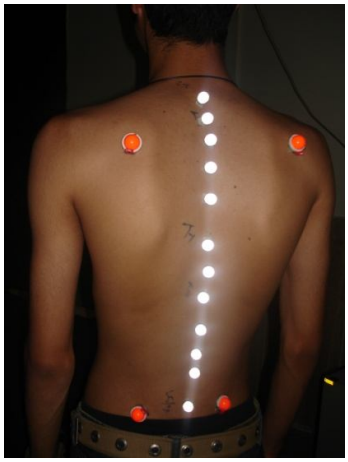
[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-06-24]

همکاری گردید. داده‌های اخذ شده به غیر از وزن، سن و قد؛ عبارت بودند از مقادیر دور، ارتفاع و عمق از قسمتهای سینه، شانه، شکم و لگن داوطلبین. البته در مورد پهنای شانه ابعاد در دو ناحیه بین دو عضله دالی و بین دو زائده خاری اخذ شد. پارامترهای آمار توصیفی داده‌های آنتروپومتری توسط نرم افزار SPSS ویرایش ۱۱/۵ استخراج گردید. چنانکه در جدول ۲ ملاحظه می‌شود، پارامترهای اخذ شده و انحراف معیار هر یک از پارامترها مشاهده می‌گردد.

جدول۲: پارامترهای آنتروپومتری اخذ شده از داوطلبین و انحراف معیار هر یک از متغیرها

متغیر	میانگین	انحراف معیار
ارتفاع لگن	۱۰۰/۵۳	۴/۴۱
ارتفاع شکم	۱۱۱/۷۰	۴/۲۶
ارتفاع سینه	۱۲۸/۷۶	۶/۳۸
ارتفاع شانه	۱۴۷/۵۳	۶/۱۵
عمق لگن	۱۹/۷۶	۵/۰۱
دور لگن	۸۶/۵۰	۱۲/۹۱
پهنای لگن	۳۱/۲۵	۳/۰۸
عمق شکم	۲۰/۵۱	۳/۹۷
دور شکم	۸۰/۷۳	۱۱/۳۶
پهنای شکم	۲۸/۲۹	۲/۸۷
عمق سینه	۲۱/۰۲	۳/۰۲
دور سینه	۹۲/۵۳	۱۰/۲۳
پهنای سینه	۳۲/۱۱	۳/۷۴
عمق شانه	۱۴/۷۲	۲/۲۸
دور شانه	۱۰۵/۴۹	۱۹/۳۵
پهنای شانه دالی	۴۵/۱۷	۲/۸۱
پهنای شانه اخرمی	۳۹/۳۲	۲/۹۳

در مرحلهٔ برنامه ریزی و تنظیم پروتکل، در دو فرصت مختلف از پزشک متخصص ستون مهره‌ها (مشاور پروژه) دعوت به عمل آمد تا به دستیار تحقیق نحوهٔ صحیح تعیین زواید خاری را از طریق تکنیک‌های لمسی[4] را آموزش دهد (۲۹). در حالیکه هر داوطلب دمر بر تشک قرار می‌گرفت؛ دستیار تحقیق، ۱۲ محل برجستگی زوائد خاری مهره‌های C_7، T_1، T_2، T_3، T_4، T_6، T_8، T_{10}، T_{12}، L_1، L_2، L_5 را از طریق معاینهٔ لمسی ستون مهره‌های هر داوطلب تعیین و با یک علامت "x" بر روی هر یک از این مکانها توسط یک ماژیک با نوک بسیار نازک علامت‌گذاری می‌نمود، سپس بر روی این مکانهای علامت‌گذاری شده نشانگر غیرفعال، چسبانیده شد. سپس از نشانگرهای راهنما که در آزمایشگاه با لامپ‌های LED (CMD) با روکش مخصوص تابش یکسان نور ساخته شده و در محیط با نور عادی قابل رویت بود، در چهار موقعیت استفاده شد.



شکل ۴: نشانگرهای غیرفعال نصب شده بر روی زوائد خاری تعیین شده و ۴ نشانگر فعال راهنما

اخذ تصویر

از دو دوربین دیجیتالی سونی از نوع-DCR TRV356E استفاده شد. یکی از آنها بر روی یک سه پایه و در فاصله ۴ متری صفحه قاب تشک و هم ارتفاع

4. Palpation

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-06-24]

با سطح اولیه تشک قرار داده شد تا میزان اختلال (واپیچش)[5] در تصاویر به حداقل برسد. داوطلب و دوربین همواره در یک موقعیت ثابت قرار داده می‌شدند و تنظیمات دوربین همواره به یک صورت انجام می‌گرفت. برای تنظیم راستای قرارگیری دوربین، محور دوربرد نمایاب بر روی وضعیت افقی قرار داده شد و لنز آن در حالت بزرگنمایی تا سر حد امکان زوم اپتیکال (×۲۰) قرار گرفت تا هم پشت فرد داوطلب و هم مقیاس مرجع و ست کالیبراسیون را بگیرد. دوربین دیگری با همین مشخصات بر روی سقف آزمایشگاه عمود بر صفحه تشک قرار گرفت. تصویر دو دوربین با استفاده از پورت USB به صورت همزمان توسط برنامه SONY PIXELA ویرایش ۱ در هنگام آزمایشها مشاهده و ذخیره می‌گردید.

وضعیت قرارگیری فرد

از هر داوطلب خواسته شد که به پهلو بخوابد بطوریکه سطح پشت او در صفحه دوربین و عمود بر صفحهٔ تشک بوده و دستها در راحت ترین وضعیت قرار داشته باشند. از داوطلب خواسته شد که موقعیت و وضعیت دقیق قرارگیری دستهای خود بر روی تشک اول را در نظر داشته باشد تا بتواند با همین وضعیت بر روی تشک دیگر قرار گیرد. در برخی موارد هنگامیکه داوطلب موقعیت خود را تغییر می‌داد، پوست ناحیهٔ کمر وی نسبت به ستون مهره‌ها جابجا می‌شد. لذا در صورت جابجا شدن علامتهای روی پوست از روی زواید خاری، دستیار تحقیق دوباره محل نشانه‌های آناتومیکی را علامتگذاری نموده و نشانگر را به آن نقطه جدید انتقال می‌داد.

ستون مهره‌ها باید در وضعیت واهلش مورد سنجش قرار گیرند. با این فرض که اینگونه آزمایش‌ها نیازمند انجام اعمالی از سوی فرد مورد آزمایش هستند و این کار تنها در زمان هوشیاری فرد امکان پذیر است، لذا یک زمان استراحت و واهلش ۱۵ دقیقه‌ای پیش از انجام اندازه‌گیری، انجام می پذیرفت. از افراد خواسته شد که در هنگام اخذ تصویر حرکت نکنند. به منظور مطالعه افراد در شرایط یکسان و کنترل نحوه قرارگیری فرد نسبت به دوربین روبرو، از تصویر دوربین نصب شده بر روی سقف استفاده می‌گردید. چنانکه در شکل ۵ با مشاهده تصویر بالای فرد از او خواسته می‌شد که با چرخش خود، نشانگر کنترل مشاهده شده را هم در صفحه ساژیتال و هم در صفحه فرونتال تا حد امکان در راستای تعیین شده قرار دهد. یعنی سطح پشت فرد با صفحه دوربین روبرو، موازی باشد و هم از پیچش ستون مهره‌ها جلوگیری کند.

شکل ۵: تصویر اخذ شده توسط دوربین بالا بر روی سطح چیدمان سفارشی به منظور تنظیم راستای قرارگیری، دو نشانگر راهنمای ناحیهٔ شانه‌ای بر روی هم و دو نشانگر ناحیه لگنی بر روی هم قرار دارند

ارتفاع زیر سر هر فرد نیز طوری تنظیم گردید که خط فرضی مهره‌های گردن با سطح افق موازی باشد به این ترتیب که بر اساس ارتفاع، زیر شانه داوطلبین با

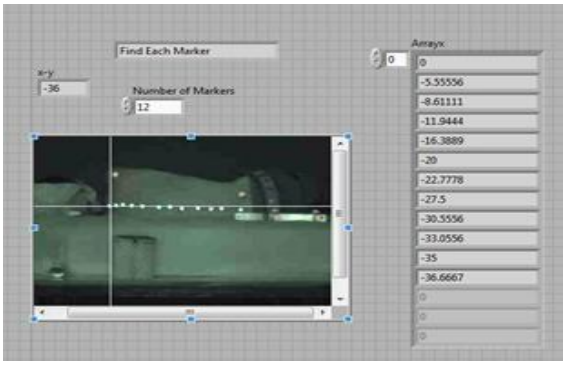
5. Distortion

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-06-24]

لایه‌های پلی یورتان نازک (بر اساس فاصله شانه تا گردن) با سفتی بالا پر شد تا اثر بالش بر راستای ستون مهره‌های ناحیه گردن اثر نگذارد.

توسط روش لمسی، زاویه تنه، زاویه بین خط میانی[6] تنه با فمور؛ ۱۳۵درجه و زاویه خمیدگی[7] زانو ۹۰ درجه انتخاب شد و برای تعیین زاویه ۱۳۵درجه، گریتر تروکانتر[8] به عنوان لند مارک انتخاب شد و از آن یک خط فرضی تا کندیل جانبی[9] فمور کشیده شد. مرکز گونیامتر روی گریتر تروکانتر و یک بازوی آن روی خط میانی تنه و بازوی دیگر آن روی خط به سمت کندیل جانبی قرار گرفت و زاویه مورد نظر تعیین شد. برای زاویه فلکشن زانو مرکز گونیامتر روی کندیل جانبی و یک بازوی آن به سمت گریتر تروکانتر و بازوی دیگر آن به سمت قوزک پا قرار گرفته و زاویه ۹۰ درجه تعیین شد.

پس از انتقال تصاویر و ذخیره آنها توسط برنامه‌ای که توسط نرم افزار LABVIEW 7/1 برای استخراج مختصات طراحی شده بود، داده‌های مکانی مربوط به مختصات نشانگرها و زوائد خاری استخراج گردید. نرم افزار خطاهای مربوط به اعوجاج و بَعد تصویر را توسط اطلاعات اخذ شده از دوربین بالا، در نظر گرفته و با یافتن مکان هندسی مرکز نشانگر، خطای انتخاب را به حداقل می‌رساند. نمایی از خروجی نرم افزار در حال اجرا در شکل ۶ مشاهده می‌گردد.



شکل ۶: تصویر نمای خروجی نرم افزار به منظور استخراج مختصات نشانگرهای نصب شده بر روی زوائد خاری

سفتی سطوح آزمون

برای سطح نرم از فوم پلی یورتان با ارتفاع ۵ سانتیمتری با دانسیته ۲۵ کیلوگرم بر متر مکعب و یک لایه ۲ سانتیمتری از فوم حافظه‌دار[10] مقدار E/C، مجموعه $۲۴۷۶mm^2$ محاسبه گردید که این مقدار در تعریف استاندارد LGA، در دسته‌بندی سطوح نرم قرار گرفت (۴). برای سطح سفت برای مشاهده خروجی بهتر از سطحی بسیار نزدیک به سطح صلب استفاده گردید.

انجام آزمون بر روی سطح نرم و سفت و چیدمان سفارشی

از هر داوطلب خواسته شد دو بار بر روی سطح سفت و دو بار بر روی سطح نرم در حالت خوابیده به پهلو طبق پروتکل ارائه شده قرار بگیرد و در تمامی این حالت‌ها تصاویر اخذ گردید. برای چیدمان مطلوب در تشک سفارشی در حالت خوابیده به پهلو، پیش بینی‌های اولیهٔ راستای ستون مهره‌ها بر اساس آنتروپومتری فرد، نتایج مدلسازی و خروجی راستای مهره‌ها در سطوح سفت و نرم انجام می‌گردید. پس از

6. Lateral midline
7. Flexion
8. Greater trochanter (G.tr)
9. Lateral condil (L.C)
10. Memory foam

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-06-24]

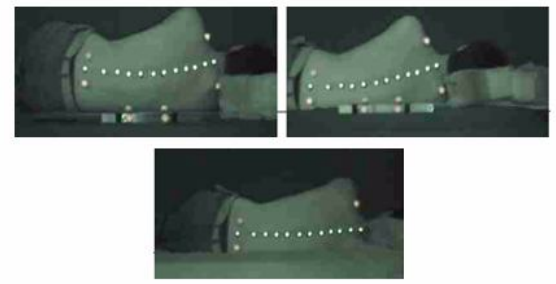
قرارگیری فرد بر روی چیدمان اولیه و استخراج راستای ستون مهره‌ها، در صورتی که چیدمان اولیه نمی‌توانست راستای ستون مهره‌ها را در صفحه ساژیتال، به راستای طبیعی آن نزدیک کند، این روند بارها با اصلاح چیدمان تکرار می‌گردید تا راستای ستون مهره‌ها در حالت خوابیده به پهلو در شرایط طبیعی قرار گیرد. اصلاح چیدمان با به کار بردن المان‌های نرمتر یا سفت‌تر در نقطه‌ای که در راستای طبیعی قرار ندارد، انجام می گرفت. چیدمان به صورت ردیفی انجام شده و پس از هر بار تست، رنگ المان فوم- فنر هر کدام از ردیف‌ها برای آن فرد یادداشت و در نهایت آخرین چیدمان، به عنوان چیدمان بهینه برای آن فرد انتخاب می‌گردید.

همراستا سازی دو شکل ۲ بعدی

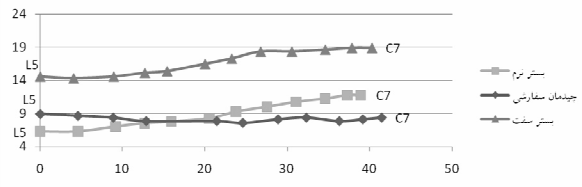
برای مقایسه نتایج روش تجربی با توجه به آنکه افراد دارای قد و وزن‌های متفاوت می‌باشند، باید برای بررسی دقیق ستون مهره‌ها، تمام راستاها، هم مقیاس شوند. برای هم مقیاس کردن دو شکل ۲ بعدی، پارامترهای نگاشت به گونه‌ای محاسبه شد که با اعمال آن بر روی راستای x ،آن را به بهترین شکل ممکن نسبت به x´ همراستا کند. بدین منظور با استفاده از دستورات پردازش تصویر نرم افزار MATHLAB پس از اخذ تصویر راستاهای ستون مهره‌ها، مقادیر راستای یکی از افراد به عنوان معیار انتخاب و تمامی راستاها نسبت به این راستا هم مقیاس شدند (۲۴).

یافته‌ها

برای تمامی افراد، راستای ستون مهره‌ها بر روی سطح نرم و سفت و آخرین چیدمان سفارشی استخراج شد. در شکل ۷ تصویر یکی از داوطلبین بر روی سطح سفارشی، نرم و سفت نشان داده شده است. همچنین نمودار استخراج شده از مختصات زوائد خاری ستون مهره‌های این فرد نیز در نمودار ۸ مشاهده می‌گردد.

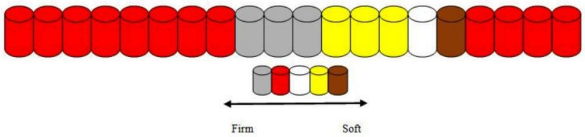


شکل ۷: تصویر اخذ شده بر روی سطح نرم (راست)، سطح سفت (سمت چپ) و سطح سفارشی (پایین) از یکی از داوطلبین



نمودار ۸: نمودار مقایسه راستای خط میانی ستون مهره‌ها (زوائد خاری)، از تصاویر اخذ شده به وسیله ردیابی نوری در سه حالت سفت نرم و چیدمان سفارشی برای داوطلب شکل ۷

همچنین برای هر فرد چیدمان سفارشی برای وضعیت پهلو استخراج گردید. در نمودار ۸ چیدمان استفاده شده برای داوطلب بالا همچنانکه در شکل ۷ پائین مشاهده می‌شود، باعث حفظ راستای طبیعی ستون مهره‌های فرد در هنگام خواب با شرایط ذکر شده می‌گردد.

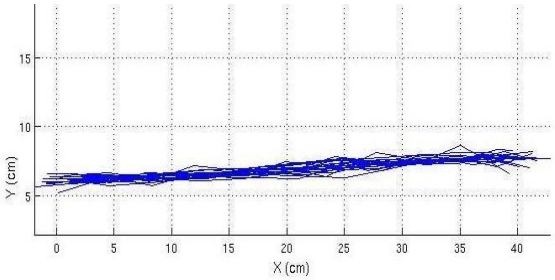


شکل ۹: چیدمان سفارشی برای داوطلب شکل ۷ . از سمت قهوه‌ای به سمت نقره‌ای المان‌ها سفت‌تر می‌گردند

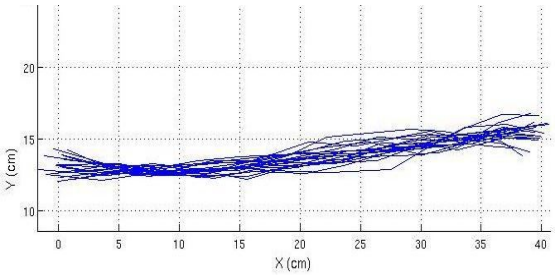
در ادامه در نمودار ۱۰ راستای خط میانی ستون مهره‌های (زوائد خاری) داوطلبین پس از ایجاد هم

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-06-24]

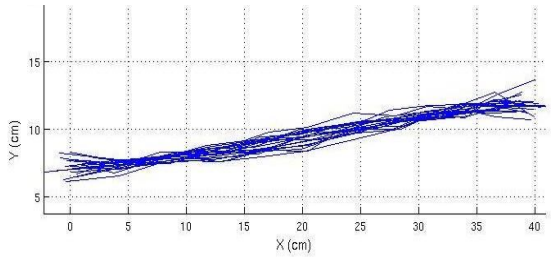
مقیاسی[11] بین منحنی‌ها از مهره L_5 تا مهره C_7 بر روی سطح با چیدمان سفارشی، نمودار ۱۱ همین نمودار را بر روی سطح سفت و نمودار ۱۲ آن را بر روی سطح نرم را نشان می‌دهد.



نمودار ۱۰: نمودار راستای خط میانی ستون مهره‌ها (زوائد خاری) داوطلبین پس از ایجاد هم مقیاسی[12] بین منحنی‌ها بر روی سطح با چیدمان سفارشی از مهره L_5 تا مهره C_7



نمودار ۱۱: نمودار راستای خط میانی ستون مهره‌ها (زوائد خاری) داوطلبین پس از ایجاد هم مقیاسی بین منحنی‌ها بر روی سطح سفت از مهره L_5 تا مهره C_7



نمودار ۱۲: نمودار راستای خط میانی ستون مهره‌ها (زوائد خاری) داوطلبین پس از ایجاد هم مقیاسی بین منحنی‌ها بر روی سطح نرم از مهره L_5 تا مهره C_7

بحث

در هنگام تمرکز بر روی افراد سالم، کیفیت نگهداری ستون مهره‌ها در درجهٔ نخست اهمیت قرار دارد. تنها در مورد شرایط بیمارستانی، توزیع وزن بدن و رفع فشار در اولویت می‌باشند. همچنین هیچ رابطهٔ متقابلی بین کاهش فشار و راستای قرارگیری ستون مهره‌ها وجود ندارد. این بدان معناست که تشک‌های برطرف‌کنندهٔ فشار لزوماً نگهدارندگی صحیحی را برای ستون مهره‌ها فراهم نمی‌آورند. دلیل آن در این واقعیت نهفته است که منحنی لبه بدن در صفحهٔ فرونتال، رابطهٔ خطی با توزیع وزن بدن ندارد. بدن انسان در ناحیهٔ لگنی هم عریض‌تر و هم سنگین‌تر است. اما این امر در مورد ناحیهٔ سینه‌ای صدق نمی‌کند؛ به خاطر وجود ششها، بدن ما در این ناحیه عریض‌تر است اما سنگین‌تر نیست. به همین خاطر بر روی یک تشک بسیار سفت، زمانی که افراد در یک وضعیت طبیعی به پهلو می‌خوابند، نگهدارندگی ستون مهره‌ها ناصحیح خواهد بود؛ زیرا تنها بخش‌های عریض بدن نگهداشته می‌شوند یعنی شانه و لگن نگه‌داری خوبی را دریافت می‌کنند. نمودار راستای ستون فقرات مردان بر روی سطوح سفت در نمودار ۱۱ بیان کنندهٔ این واقعیت است، زیرا این ناحیه وزن لازم برای اینکه تشک سفت را تحت فشار قرار دهد را ندارد و بدین ترتیب راستای ستون مهره‌ها در صفحه فرونتال، بر روی سطح سفت راستای نرمال نخواهد داشت. اگر شانه‌ها نتوانند در تشک فرو روند، آنگاه نگهداری گردن و کمر نیز رضایتبخش نخواهد بود و مفصل شانه در محل تماس متحمل تنش زیادی خواهد شد که منجر به ایجاد درد و سفتی در این مفصل می‌شود. چنانکه مشاهده می‌گردد وجود ناحیه شانه‌ای نرم برای مردان فارغ از وزن و شکل بدنی آنها

11. matching
12. matching

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-06-24]

الزامیست و باعث بهبود راستای قرارگیری ستون مهره‌ها خواهد شد.

در مقابل در نمودار ۱۲ در تشک نرم، نرمی تشک باعث گردیده که ناحیه لگنی در تشک بیشتر فرو رود، در حالی که این اتفاق برای ناحیه بالای تنه (با جرم نسبتاً کمتر) نمی‌افتد، در نتیجه مهره C_7، در سطوح خواب نرم، در موقعیت بالاتری نسبت به لگن قرار می‌گیرد ولی در نمودار ۱۰ در سطح سفارشی، چنانکه مشاهده می‌شود چیدمان با سفتی متفاوت باعث حفظ راستای طبیعی در صفحه فرونتال شده است.

در تشک سفت، ستون مهره‌ها در ناحیهٔ کمری (خصوصاً در مردهای مثلثی که طبق تعریف نسبت عرض شانهٔ آنها نسبت به عرض کمر بیشتر از ۱/۴ است و دارای تغییرات شدید منحنی لبه بدن در صفحه فرونتال می‌باشند) به پایین خم می‌شود و باعث خمش جانبی می‌گردند، زیرا در این سطوح تنها شانه و لگن نگه‌داری خوبی را دریافت می‌کنند. در هنگام خواب، فرد برای حل این خمش جانبی مضر ستون مهره‌ها، وضعیتی مابین خوابیدن به پهلو و خوابیدن به روی شکم به خود می‌گیرد که وضعیت سه بعدی نامیده می‌شود و این اتفاقی است که معمولاً در خواب اکثر افراد بر روی سطوح بسیار سفت دیده می‌شود.

مطالعات بسیاری در زمینه زوایای فیزیولوژیک مهره‌ها انجام شده است. استوکس مشاهده نمود که افزایش پیچش سبب افزایش فشار هسته شده و بنابراین کشش در فیبرهای کلاژنی که در برابر پیچش مقاومت می‌کنند را افزایش می‌دهد. بنابراین موضوع، نشان داده شد که پیچش محوری دیسک‌های بین مهره‌ای با استفاده از ساختار پیچیده دیسک‌ها عملاً تا نزدیک ٦ درجه در هر دیسک قابل تحمل می‌باشد (۲۶). آدامز و کانایاما در دو مطالعه مشاهده نمودند که در صفحه فرونتال یا ساژیتال هنگام ایجاد خمش بین مهره‌ها، ناحیه فیبری مهره در یک طرف فشرده و در طرف مقابل کشیده می‌شود. کشش در ناحیه فیبری باعث افزایش فشار هیدرواستاتیک در هسته می‌شود. آزمایشات نشان دهنده آن بود که خمش بین مهره‌ها می‌تواند ارتفاع ناحیه فیبری را حدود ۲۰ تا ۲۵ درصد کاهش دهد و باعث شود که برآمدگی ناحیه فیبری حدوداً برابر با ۰/۱ میلیمتر بر درجه در حرکت ایجاد شود (۲۶). وضعیت خوابیدن نادرست می‌تواند باعث شود که مهره‌ها در وضعیت نامناسبی نسبت به یکدیگر قرار گیرند و خمش نامناسب در آنها بوجود بیاید و در مدت طولانی و تکرار تنش‌های غیر طبیعی بافت وارد فاز آسیب شود.

کنترل سیستم اعصاب بر روی نحوه قرارگیری فرد در هنگام خواب کاهش پیدا می‌کند. این کاهش در کنار سهم بالای ساعت خواب در طول یک روز از زندگی انسان، در صورت تداوم در عدم رعایت فاکتورهای ارگونومیکی می‌تواند زمینه ساز ایجاد آسیب و بروز درد شود. سفتی نامناسب سطح می‌تواند باعث یک وضعیت نامناسب در خواب و در نتیجه باعث قرارگیری نامناسب مهره‌ها در طول مدتی نسبتاً طولانی شود.

مشاهده شده است که وضعیت نادرست بدن (مانند وضعیت سه بعدی) در هنگام خواب باعث بروز مشکلات و اصلاح آن سبب رفع آنها می‌شود. میلر در تحقیقی دریافت که تغییر اجباری وضعیت خواب افرادی که دارای علائم بیدارکننده بودند، می‌تواند باعث بهبود کیفیت خواب آنها شود. درد کمر، درد شانه، خشکی کمر و کیفیت خواب این افراد پس از یک دورهٔ ۲۸ روزهٔ خوابیدن به وضعیت تجویز شده،

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-06-24]

بهبود قابل ملاحظه‌ای در مقایسه با یک بازهٔ ۲۸ روزهٔ خوابیدن شخص بر طبق عادت معمول خود پیدا کرد. میزان این بهبود در افراد دارای وزن اندام تحتانی بالا، چشمگیرتر بود (۲۵).

این مطالعه متمرکز بر روی وضعیت خوابیده به پهلو می‌باشد و وضعیت‌های دیگر مورد بررسی قرار نگرفته است. طبق تاریخچه علمی، در حدود ۷۰ درصد مردم دنیا بیشتر اوقات خواب خود را در وضعیت به پهلو به سر می‌برند، البته دیگر وضعیت‌ها مانند حالت تاق باز نیز دارای مزایایی از جمله توزیع بهتر نیروی وزن و ایجاد سطح تماس بیشتر و توزیع نرمال نیروهای واکنشی و تماسی است (۲۵). وزن ناحیه شکم باعث کاهش انحنای لوردوز شده و باعث ایجاد درد در دقایق اولیه خواب می‌شود. درصد بسیار بالایی از افرادی که حالت تاق باز می‌خوابند، افراد سبک وزن می‌باشند. اصولاً خوابیدن به پشت دارای مزایایی برای افرادی است که دارای کانتورهای ساژیتال با انحنای کم می‌باشند (۲۹ و۲۸).

تحقیق حاضر بر اساس مشخصات فیزیولوژیک انسان سالم شکل گرفته است. در واقع افراد بیمار به تشک‌هایی با طراحی‌های خاص احتیاج بیشتری دارند تا انسان های سالم. مسئله اصلی بیمارانی که تمام یا بیشتر زندگی خود را در تخت می‌گذرانند جلوگیری از ایجاد مشکلاتی مانند زخم بستر می‌باشد. می‌توان با استفاده از تشک‌های مواج (۹) دارای رویه‌هایی که امکان انطباق بیشتری با سطح بدن دارند؛ مانند خانواده فوم‌های حافظه دار یا نسل جدید لاتکس‌های قابل تنفس، از ایجاد این زخم‌ها در بدن جلوگیری کرد. اما بیماران خاص دیگری نیز مانند افراد دارای مشکلات ناحیه ستون مهره‌ها؛ مانند شکستگی مهره[13]، در رفتگی مهره[14]، فساد بافتی دیسک و A.S[15]، احتیاج به طراحی سطوح خاص دارند.

زوایای پیشنهادی در پاها با توجه به یافته‌های کیگان، زوایهٔ تنه با فمور ۱۳۵ درجه و زاویه فمور و تیبیا ۹۰ درجه در نظر گرفته شد. زیرا او این زوایا را یک موقعیت خنثی برای کشش در ماهیچه‌های ران می‌دانست (۲۷).

چنانکه مشاهده می‌شود تحقیق حاضر در پی طراحی بالش برای نگهداری مهره‌های ناحیهٔ گردنی نبوده است. سر انسان وزنی در حدود ۵ کیلوگرم دارد. وقتی سر بر روی بالش قرار می‌گیرد، اگر سر را به صورت یک دایره در نظر بگیریم؛ هر چه به مرکز نزدیک شویم دارای وزن بیشتر و در کناره ها دارای وزن کمتر است. این بیان مؤید این مطلب است که بالش‌های دارای سفتی یکسان نیز توانایی حفظ راستای ستون مهره‌ها را ندارند و تنظیم ارتفاع بالش ضامن حفظ راستا نیست و بالش فقط در حفظ راستای ستون مهره های ناحیه گردنی مؤثر است و تأثیری بر راستای بقیه مهره‌ها ندارد.

به منظور اصلاح راستا در تشک سفارشی، با توجه به راستای ستون مهره‌ها در سطح سفت، در فرض اولیه سعی شد سفتی نقاطی که در سطح بالاتری قرار داشتند کاهش پیدا کند. اما در عمل اینگونه مشاهده نگردید و در بعضی از مدل‌ها گاه تا ۸ بار تغییر در نوع چیدمان تا حصول به نتیجهٔ مطلوب انجام شد. زیرا با کاهش سفتی یک سطح، چون منحنی لبهٔ بدن در صفحه فرونتال رابطهٔ خطی با توزیع وزن بدن ندارد، ستون مهره‌ها مانند

13. Spondylolysis
14. Spondylolisthesis
15. Ankylosing spondylitis

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-06-24]

تیرهای به هم پیوسته بر روی تکیه گاه الاستیک عمل کرده و راستای بقیه نقاط از راستای طبیعی فاصله می گرفت.

برای تعیین راستای ستون مهره‌ها در هنگام خواب، تکنیک های درونی مانند انواع روشهای تصویر برداری و تکنیک های بیرونی مانند (WLRT [17]) VRS[16] مورد بررسی قرار گرفتند. پژوهش های متفاوتی در مهندسی و در پیکر شناسی در زمینه اعتبار تکنیک های بیرونی که عموماً غیرتهاجمی هستند وجود دارد که نشان می‌دهند می توان با دقت کافی از روشهای بیرونی برای تعیین راستای ستون مهره‌ها استفاده کرد (۴).

پس از بررسی روشهای متفاوت با توجه به امکانات موجود، روش ردیابی نوری انتخاب شد. این سیستم دارای مزایایی از جمله امکان به کارگیری تعداد زیاد مارکرها، تعویض شکل و ترکیب آنها، عدم نیاز به کابل و سیم برای اتصالات، وسعت ناحیه و زمینه کاربرد، فرکانس بالا و امکان مشخص کردن نتایج و نمونه ها در هر ثانیه می باشد. سیستم‌های ردیابی نوری دارای معایبی نیز می‌باشند که از آن جمله می‌توان نیاز به کنترل شرایط محیطی مانند نور یا نویز و عدم امکان کاربرد برای مدتهای طولانی را نام برد که در این تحقیق نمودی نداشتند.

در صنعت از مواد متفاوتی مانند فوم‌های پلی یورتان، لاتکس، فنر و حتی سیالات، برای ساخت هستهٔ تشک استفاده می‌شود. این مواد می‌توانند به عنوان حجم الاستیک یا نگه دارنده عمل کنند.

استفاده همزمان از فوم وفنر به صورت موازی در هسته تشک امکان کنترل محصول بدست آمده از نظر خواص ویسکوالاستیک را دارا می‌باشد. در کلیه تشک‌ها لایه فنر (هسته تشک) با لایه فوم (لایه بالایی) به صورت سری است. اما تشک ساخته شده علاوه بر این توانایی، در هسته خود نیز دارای خواص ویسکو الاستیک است این مزیت امکان کنترل مقدار خیز سطح رویی و در نتیجه امکان افزایش درک بیشتر راحتی را خواهد داشت

منظور از کلمه سفارشی یا در این تشک، چیدمان سفارشی، تشکی است که بر اساس خصوصیات هر فرد اعم از وزن، جنسیت، عادات خواب و آنتروپومتری ساخته می‌شود و محققین در پی برقراری یک رابطهٔ همبستگی بین این خصوصیات و ویژگی‌های سیستم خواب بهینه برای هر فرد بوده‌اند.

در اکثر مقالات منتشر شده در زمینهٔ بررسی اثر سفتی تشک بر روی کیفیت و مراحل خواب؛ پارامترهای فیزیولوژیک، میزان راحتی و درد مورد توجه قرار گرفته است. اما در نگاهی دیگر و معکوس بهتر است سفتی مورد نیاز را برای هر فرد و در ناحیه‌های مختلف از بدن با جزئیات و دقت بیشتر در یک تشک دارای سفتی متغیر در طول سطح تعیین گردیده و سپس اثر آن بر روی دیگر فاکتورهای ارگونومی سنجیده شود.

نتیجه‌گیری

استفاده از تشک با طراحی سفارشی سیستم خواب، روشی بسیار مناسب برای نگهداری بهتر ستون مهره‌ها در هنگام خواب می‌باشد. اما با تقسیم انسانها در گروه‌های وزنی و ابعادی مختلف اما محدود، امکان طراحی و ساخت تشک‌هایی با چیدمان مناسب آن گروه امکان‌پذیر است. چنانکه مشاهده شد؛ سفتی مورد

16. video- rasterstereography
17. white light raster line triangulation

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-06-24]

نیاز برای داوطلبان در حالت خوابیده به پهلو استخراج گردیده است. همچنین سنجش‌ها نشان می‌دهند که یک تشک بیش از حد نرم یا بیش از حد سفت که بنا بر باور عمومی برای درد ناحیه پایین کمر مفید است، انتخاب خوبی برای اکثر افراد نمی‌باشد. حتی اگر یک تشک نرم یا سفت نگهدارندگی خوبی را در یک وضعیت خاص فراهم آورد، به کارگیری آنها توصیه نمی‌گردد زیرا معمولاً افراد در هنگام خواب چندین بار وضعیت خود را تغییر می‌دهند. تشک با چیدمان سفارشی برای همه افراد به خصوص افرادی که دارای وزن سنگین‌تر و تغییرات بیشتر در منحنی لبه بدن هستند، کاربرد مناسبی دارد. کاربرد این مطالعات در زمینه ساخت صنعتی سیستم‌های جدید خواب به منظور رعایت هر چه بهتر فاکتورهای ارگونومی و حفظ سلامت ستون مهره‌ها می‌باشد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از جناب آقای دکتر محمد صالح گنجویان که با حمایت‌های بی‌دریغشان ما را در انجام این مطالعه یاری رساندند، همچنین از ریاست محترم دانشکده مهندسی پزشکی جناب آقای دکتر نادر جعفرنیا دابانلو و از آقای مهندس علیرضا بیگ زند ریاست محترم مجموعه آزمایشگاه‌های دانشکده مهندسی پزشکی و مهندس عباس اردلان تقدیر و تشکر می‌نماییم.

References

1. Haex Bart. Back and bed: Ergonomic aspect of sleeping. 2nd ed. New York: CRC press; 2004.
2. Jacobson BH, Gemmell H, Hayes BM, Altena Th. Effectiveness of a selected bedding system on quality of sleep, low back pain, shoulder pain, and spine stiffness. Journal of Manipulative And Physiological Therapeutics 2002; 25: 88-92.
3. Jacobson BH, Wallace TJ, Gemmell H. subjective rating of perceived back pain stiffness and sleep quality following introduction of medium-firm bedding systems. Journal of Chiropractic Medicine 2006; 5: 128-134.
4. Jacobson BH, Wallace TJ, Smith DB, Kolb T. Grouped comparisons of sleep quality for new and personal bedding systems. Applied Ergonomics 2008; 39: 247-54.
5. Roberts KL, Brittin M, Cook MA, Declifford J. Boomerang pillows and respiratory capacity. Clinical Nursing Research 1994; 3: 157-165.
6. Nicol K, Rusteberg D, Pressure distribution on mattresses. Journal of Biomechanics 1993;26: 1479-1486.
7. Still J. A retrospective study to determine the incidence of pressure ulcers in burn patients using an alternating pressure mattresses. Burns 2003; 29: 505-507.
8. Keller B, Lubbert P, Keller E, Leenen LPH. Tissue-interface pressures on three different support-surfaces for trauma patients. Injury 2005; 36: 946-948.
9. Vanderwee K, Grypdonck M, Defloor T. Alternating pressure air mattresses as prevention for pressure ulcers: A literature review. International Journal of Nursing Studies 2008; 45: 784-801.
10. Lee H, Park S. Quantitative effects of mattress types (comfortable vs. uncomfortable) on sleep quality through polysomnography and skin temperature. International Journal of Industrial Ergonomics 2006; 36: 943-949.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-06-24]

11. Tamura T, Miyasako S, Ogawa M, Togawa T, Fujimoto T. Assessment of bed temperature monitoring for detecting body movement during sleep: comparison with simultaneous video image recording and actigraphy. Medical Engineering and Physics 1999; 21: 1-8.
12. Bader G, Engdal S. The influence of bed firmness on sleep quality. Applied Ergonomics 2000; 31: 487-497.
13. Lahm R, Iaizzo PA. Physiologic responses during rest on a sleep system at varied degrees of firmness in a normal population. Ergonomics 2002; 11: 798-818.
14. Derman KL, Derman EW, Noakes TD. A lumbar body support (KBS2000) alters lumbar muscle recruitment patterns in patients with acute-upon-chronic lower back pain. Journal South African Medical 1995; 84: 278-282.
15. Leilnahari K, Alamdari R, Fatouraee N. Measurement of spinal muscle's electrical signal in male athletes as lateral lying mode for determination of activity amount on the two bed system. Jahesh 2010; 1: 31-38.
16. Alamdari R, Leilnahari K, Fatouraee N. Back muscles potential activity consideration side posture for determining of muscles relaxation and fatigue on soft& firm bed system in CMBBE. Proceeding of 9th international symposium on computer methods in biomechanics and biomedical engineering, 2010, Feb 24-27, Valencia, Spain.
17. Kovacs F, Abraira V, Pena A, Martin-Rodriguez J, Sanchez-Vera M, Ferrer E, and et al. Effect of firmness of mattress on chronic non-specific low-back pain: randomized, double-blind, controlled, multicentre trial. The Lancet 2003; 362: 1599-1604.
18. Huysmans T, Haex B, De Wilde T, Van Audekercke R, Vander Sloten J, Van der Perre G. A 3D active shape model for the evaluation of the alignment of the spine during sleeping. Gait & Posture 2004. 24: 54-61.
19. Lopez Torres M, Porcar R, Solaz J, Romero T. Objective firmness, average pressure and subjective perception in mattresses for the elderly. Applied Ergonomics 2008; 39: 123-130.
20. DeVochta JW, Wilderb DG, Bandstrab ER, Sprattc KF. Biomechanical evaluation of four different mattresses. Applied Ergonomics. 2006. 37: 297-304.
21. http://www.spinalsupport.com.au/scientific_study1_biomechanics.aspx (2009/11/5)
22. Standard Documents, ISO 2439:2001, Flexible cellular polymeric materials. Determination_of hardness (indentation technique)
23. Cooperstein R, Haneline MT. Spinous process palpation using the scapular tips as landmark vs a radiographic criterion standard. Journal of Chiropractic Medicine 2007; 6: 87-93.
24. http://www.medicine.manchester.ac.uk/research/(2009/10/16)
25. Gordon SJ, Grimmer KA, Trott P. Sleep position, age, gender, sleep quality and walking cervicothoracic symptoms. The Internet Journal of Allied Health Sciences and Practice 2007. 5: 1-8.
26. Adams MA، Dolan P. Spine biomechanics. Journal of Biomechanics 2005; 38: 1972-1983.
27. Schuijmer JD، Defloor T. Preventing pressure ulcers: An evaluation of four operating-table mattresses. Applied Nursing Research 2000. 13: 134-141.
28. Defloor T. The effect of position and mattress on interface pressure. Applied Nursing Research. 2000; 13: 2-11.
29. Harrison DD، Harrison SO، Croft AC، Harrison DE، Troyanovich SJ. Sitting biomechanics Part I: Review of the literature. Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics 1999; 22: 594-609.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-06-24]