DOI: 10.22041/ijbme.2011.13149

Experimental Measurement and Numerical Modeling of Spine Alignment of the Lateral Sleep Position and Determining the Optimal Stiffness of Mattress Elements for Male Subjects

K. Leilnahari[1], N. Fatouraee[2*], M. S. Ganjavian[3]

[1] Ph.D. student and Faculty Member of Biomechanical Eng. Group, Biomedical Eng. Department, Science and Research Branch,
k.leilnahari@gmail.com

[2]Associate Professor of Biomechanical Eng. Group, Department of Biomedical Eng., Amirkabir University of Technology,
Nasser@aut.ac.ir

[3]Associate Professor of the Department of the Orthopedics, Iran University of Medical Sciences,
drganjavian@drganjavian.com

Abstract

Ergonomic factors have a direct influence on the quality of spine support during sleep. Previous studies have shown that a mattress with a homogeneous stiffness can not necessarily maintain the natural spinal alignment. Using mattresses with components of different stiffness could be considered as a possible solution instead. In this research a new mattress system having elements with different stiffness has been designed. The springs used in this mattress has been combined with a special slice of polyurethane foam, and each of them has its own specific spring constant. After acquiring the anthropometrical data of 25 male volunteers, they were asked to lie in a lateral position on soft and very stiff surfaces according to predefined conditions. Then the coordinates of the markers mounted on their spinous processes were registered through the optical tracking methods. In the next step the arrangement of the foam-spring elements were changed for each subject several times, in order to spinal alignment in a frontal plane was close to his normal alignment corresponding to the upright position. The post-processing of acquired data was considered off line.In order to qualify our experiments the BRG.LifeMod was used to model body position when lying on a mattress. The anthropometrical data of 4 subjects were used for the dimensional indexes of model. Several numerical models were built with several surfaces corresponding to the experimental essays. Once again the spinal alignment extracted. Results of both experimental and numerical modeling showed that the mattress with custom-made arrangement of the elements is an appropriate solution for the optimal support of the spine during sleep. The numerical modeling was able to predict the spinal alignment. The results of this research can be very useful in designing the custom-made sleep systems according to the ergonomic factors.

Keywords: **Ergonomics; mattress stiffness; lateral sleep position; sleep system modeling; custom-made**

---

[*] **Corresponding author**
Address: *Nasser Fatouraee, Biomechanic Group, Biomedical Engineering Faculty, AmirKabir University of Technology, P. O. Box: 15875-4413, Tehran, Iran*
Tel: *+98 21 64542381*
Fax: *+98 21 66468186*
E-mail: *Nasser@aut.ac.ir*

DOI: 10.22041/ijbme.2011.13149

اندازه گیری تجربی و شبیه سازی عددی راستای ستون مهره هنگام وضعیت خواب به پهلو و تعیین مقدار بهینه سفتی لازم برای هر جز تشک برای مردان

کریم لیل نهاری [۱]، ناصر فتورائی *[۲]، محمد صالح گنجویان [۳]

[۱] دانشجوی مقطع دکتری تخصصی بیومکانیک، مربی و عضو هیات علمی تمام وقت دانشکده مهندسی پزشکی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی
k.leilnahari@gmail.com
[۲] دانشیار گروه بیومکانیک (استاد راهنما)، دانشگاه صنعتی امیرکبیر تهران (پلی تکنیک)، دانشکده مهندسی پزشکی
Nasser@aut.ac.ir
[۳] دانشیار گروه ارتوپدی (استاد مشاور)، دانشگاه علوم پزشکی ایران، فوق تخصص جراحی ستون فقرات
drganjavian@drganjavian.com

چکیده

هدف این مطالعه در دو بخش ، بررسی عملکرد یک نوع جدید تشک با چیدمان سفارشی است . در مرحله اول راستای ستون مهره های مردان بر روی سطح سفت، نرم و تشک سفارشی چیدمان شده، استخراج و مورد مقایسه قرار گرفته است. در ابتدا پس از اخذ داده های ابعاد سنجی، از ۲۵ داوطلب مرد خواسته شد تا بر روی سطوح مذکور بر اساس پروتکل از پیش تعیین شده ای، در وضعیت خواب به پهلو قرار گیرند. سپس مختصات مکانی نشانگرهای نصب شده بر روی زوائد خاری ستون مهره های آنان توسط روش ردیابی نوری در صفحه فرونتال اخذ گردید و زاویه $\pi\text{-}P_8$ از این راستا استخراج شد. مدل آماری آنالیز واریانس یک طرفه و آزمون تعقیبی نشان داد که تفاوت معنی داری بین زاویه $\pi\text{-}P_8$ ($p=0.001<0.05$) در بین سه تشک سفت، نرم و سفارشی وجود دارد. مشخص گردید که تشک با چیدمان سفارشی روشی مناسب برای نگهداری بهینه ستون مهره ها در هنگام خواب می باشد و تشکهای متداول با سفتی یکنواخت توانایی نگهداری راستای ستون مهره ها در وضعیت طبیعی را ندارند. دربخش دوم جهت بررسی دقیق وضعیت بدن هنگام استقرار بر روی تشک، نرم افزار بی آرجی لایف مد برای مدل سازی مورد استفاده قرار گرفت. از داده های ابعادسنجی ٤ نفر شاخص از گروه های مختلف ابعادی برای مدل استفاده شد. مدل های ساخته شده بر روی سطوح مشابه آزمون تجربی از لحاظ خصوصیات مکانیکی، قرار گرفته و توسط نرم افزار تحلیل گردیدند. پس از تطبیق داده های مدلسازی و آزمون تجربی مدلسازی ابزارتقریباً مناسبی برای پیش بینی رفتار ستون مهره ها بر روی سیستم خواب مشاهده شد و توانست تا حدود بسیاری رفتار ستون مهره ها را پیش بینی کند. و نیاز به سفتی سطح خواب چهار گروه مردان از لحاظ آنتروپومتری مشخص گردید.

کلیدواژگان: تشک ، چیدمان سفارشی ، مدلسازی سیستم خواب.

***عهده‌دار مکاتبات**

نشانی: تهران ، خیابان حافظ، تقاطع سمیه ، دانشگاه صنعتی امیرکبیر تهران (پلی تکنیک)، دانشکده مهندسی پزشکی تهران، صندوق پستی ۴۴۱۳-۱۵۸۷۵

تلفن: ٦٤٥٤٢٣٦٨، **دورنگار:** ٦٦٤٦٨١٨٦ ، **پیام نگار:** Nasser@aut.ac.ir

۱- مقدمه :

در هنگام خواب انسان کنترل فعالی در وضعیت ستون مهره های خود ندارد. یک سیستم خواب مناسب می تواند تا حدودی ستون مهره ها را در وضعیت خنثی[1] که وضعیتی مشابه ایستادن است، قرار دهد[۱]. وضعیت غیر خنثی باعث خمش های جانبی و بارگزاری غیر متعادل بر روی صفحات بین مهره ای و مفاصل فاست می شود. رشد و بازسازی دیسک های بین مهره ای به عنوان یک بافت نرم هیدراته بر مبنای میزان و نحوه فشاری است که بر آن ها وارد می شود [۲].در هنگام خواب با تغییر جهت بردار گرانش، بار از روی دیسکهای بین مهره ای برداشته می شود تا آنها برای بازیابی الاستیسیته خود بتوانند دوباره هیدراته شوند..

تحقیقات متنوعی درباره اثر پارامترهای مکانیکی سیستم خواب (بالش، تشک، پایه بستر[2])، بر روی نحوه استقرار وضعیت فرد، تنفس ، نحوه توزیع نیرو ها ، زخم بستر[3]، دما و انتقال حرارت، راحتی، پاسخ های فیزیولوژیک بدن مانند واهلش عضلات انجام گرفته است. همچنین اثر این پارامتر ها بر روی سلامت ستون مهره ها نیز مورد بررسی قرار گرفته است. سطوح نرم باعث افزایش دردهای ناحیه پایینی کمر به علت عدم نگهداری راستای ستون مهره ها می شود [۳-۱۲]. در مقابل تشک های دارای سفتی بالا ، باعث درد شانه، کاهش کیفیت خواب و عدم توزیع مناسب نیروهای وارد از فرد می باشند [۱۳, ۱٤, ۱۵] .سیستم خواب نامناسب با عث ایجاد وضعیت نادرست خوابیدن و در نتیجه نگهداری نامناسب ستون مهره ها و درد ناحیه پایین کمر[4] یا بطور کلی مشکلات خواب می گردد.

کوواکس و همکاران 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 [۱۶].ژاکوبسن و همکاران نشان دادند که استفاده از سیستم خواب اختصاصی انتخاب شده در مقایسه با سیستم خوابی که هر فرد به طور معمول استفاده می کند، باعث کاهش درد شانه، کمر و افزایش کیفیت خواب فرد می شود [۱۳] . او در دو مطالعه ی دیگر مشخص کرد که تشک هایی با سفتی متوسط، باعث کاهش کمر دردهای ناحیه پایینی، درد شانه، خشکی و گرفتگی ستون مهره ها می شود [۱٤، ۱۵] .در مطالعه ای دیگر مشخص شد که خوابیدن بر روی سطح خواب سفت عموماً منجر به انحنای C شکل در نمای فرونتال در ستون مهره ها می شود [۲].دی وکت و همکاران نیز در مطالعه ای، تفاوتهایی را در پارامتر فشار ماکزیمم نشان دادند که مستقیماً مربوط به وزن افراد بود [۱۷] .

هاکس و همکاران به مدل سازی اولیه ستون مهره ها، سیستم خواب و فرد پرداختند و دریافتند که ایجاد تناسب با نیازهای هر فرد در سیستم خواب امکان پذیر است[۱]. گفن و همکاران توانستند با روش اجزاء اثر زاویه تکیه گاه پشتی را بر روی تنش های عضلانی عمقی محاسبه کنند [۱۸] .

برای حفظ بهینه راستای ستون مهره ها در خواب یکی از پیشنهاد ها استفاده از سطوح با الاستیسیته متفاوت و به اصطلاح چیدمان سفارشی و تقسیم بندی افراد بر اساس جنس خصوصیات آنتروپومتری، توزیع وزن بدن و عادات خواب است. ولی افراد با جنسیت و شکل بدنی و عادات خواب متفاوت، دارای نیاز های متفاوتی از سفتی در هر قسمت از تشک خود می باشند تا ستون مهره های آنها در هنگام خواب راستای طبیعی خود را حفظ کند. هر فرد باید دارای یک سیستم خواب متناسب با شرایط و نیاز های فیزیکی خودش باشد.

اما مشکل عمده ی روش های تجربی، عملکرد آن است؛ زیرا برای برقراری ارتباط دقیق بین ویژگی های فیزیکی انسان و ویژگی های سیستم خواب بهینه برای تمام گروه های افراد، نیاز به اندازه گیری های پیچیده داریم. علاوه بر این، اغلب یافتن افراد کافی برای آزمایش و یا گردآوری سیستم های خواب متفاوت دشوار است. به این منظور برای غلبه بر این فرایندهای پیچیده، از طریق شبیه سازی می توان به بررسی سیستم های مختلف خواب پرداخت.

در اکثر مطالعات منتشر شده بررسی اثر سفتی تشک های

---

[1] Neutral Spine Posture (NSP)

[2] Bed base

[3] posture

[4] Low Back Pain (LBP)

متداول بر روی راستای ستون مهره ها مورد بررسی قرار گرفته است. اما در نگاهی جدید، بهتر است سفتی مورد نیاز را برای هر فرد در نواحی مختلف از بدن او در یک تشک با سفتی متغیر به منظور حفظ راستا تعیین نمود.

در بخش اول این تحقیق در پی بررسی اثر ابعاد بدنی، جنسیت و وزن در وضعیت خواب به پهلو در مردان بر تشک های سفت و نرم بوده و به بررسی این ادعا که تشک سفارشی با المان هایی با سفتی متفاوت، می تواند نگهداری درستی از ستون مهره ها در خواب انجام دهد و راستای طبیعی آن را حفظ کند؛ پرداخته است. همچنین استخراج چیدمان اختصاصی استخراج شده برای وضعیت خواب به پهلو، برای پیش بینی چیدمان افراد بدون انجام آزمایش و برای مطالعات آتی مورد استفاده قرار می گیرد. در بخش دوم این مطالعه از مدل سازی فرد و ستون مهره ها بهره برده شده تا به نیاز هر فرد با مشخصات بدنی، جنسیت، وزن مشخص در وضعیت خواب به پهلو پی برده شود و در نهایت نتایج به دست آمده از دو بخش مورد مقایسه قرار گرفت.

مواد و روش کار

۱- آزمون تجربی

۱-۱- سطوح آزمون: برای تمامی تشک ها از پایه بستر صلب استفاده گردید. زیرا تغییر در سفتی پایه تشک می تواند نتایج را کاملاً دگرگون کند. 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 حافظه دار[۵] استفاده گردید. مقدار E/C، مجموعه ٢٤٧٦mm^2 محاسبه گردید که این مقدار در تعریف استاندارد *LGA* ، در دسته بندی سطوح نرم قرار گرفت [١٤] .برای سطح سفت برای مشاهده خروجی بهتر از سطحی تقریباً صلب استفاده گردید . ترکیب همزمان پلی یورتان و فنرهای مفتولی متداول با قطر مفتول متفاوت، برای ساخت تشکی که دارای المان هایی با سفتی متفاوت است، انتخاب گردید. رفتار هر کدام از المان های فوم و فنر توسط دستگاه Zwick\Roell و با توجه به پروتکل استاندارد ISO ٢٤٣٠:٢٠٠١ [١٩] با سرعت ثابت تحت آزمون فشار بررسی شد.

۱-۲- سنجش ابعاد بدنی و نصب نشانگر

از ۲۵ مرد دانشجوی دانشگاه علوم و تحقیقات که در محدودهء قدی ۱۷۵+_ ۵ سانتیمتر بودند دعوت به همکاری شد. پس از بررسی از نظر انحراف راستای ستون مهره ها فرم موافقت برای انجام آزمایش توسط داوطلبین امضا گردید. توسط یک متخصص ابعاد سنجی مشخصات فردی و ۱۸ پارامتر آنتروپومتری از داوطلبین اخذ گردید. 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.

در حالیکه هر داوطلب بر روی شکم بر تشک قرار می گرفت؛ دستیار تحقیق، ۱۲ محل برجستگی زوائد خاری مهره های 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 با استفاده از روندی یکسان از طریق معاینهء لمسی ستون مهره های هر داوطلب تعیین [۲۰] و با یک علامت بر روی هر یک از زوائد خاری این نشانگر ، چسبانیده شد. دو نشانگر فعال در ۵ سانتی متری آخرین مهره کمری L_5 و دو نشانگر در ۱۰ سانتی متری آخرین مهره گردنی C_7 به عنوان نشانگر های راهنما قرار داده شدند.

۱-۳- اخذ تصویر

پس از بررسی روش های متفاوت در زمینه استخراج راستای ستون مهره ها با توجه به امکانات موجود از تکنیک بیرونی روش ردیابی نوری استفاده شد. از دو دوربین دیجیتالی سونی از نوع DCR-TRV356E استفاده شد. یکی از آنها در فاصله ٤ متری صفحه قاب تشک و هم ارتفاع با سطح اولیه تشک قرار داده شد. داوطلب و دوربین همواره در یک موقعیت ثابت قرار داده می شدند 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

---

[5] Memory foam

تشک قرار گرفت. تصویر دو دوربین به صورت همزمان در هنگام آزمایشها مشاهده و ذخیره می گردید.

۱-٤- وضعیت قرارگیری فرد

از هر داوطلب خواسته شد که به پهلو بخوابد به طوریکه سطح پشت او در صفحه دوربین و عمود بر صفحهء تشک باشند. در برخی موارد هنگامیکه داوطلب موقعیت خود را تغییر می داد، پوست ناحیهء کمر وی نسبت به ستون مهره ها جابجا می شدو دستیار تحقیق دوباره نشانگر را به محل زائده خاری انتقال می داد.

با مشاهده تصویر دوربین بالا از داوطلب خواسته می شد که با چرخش خود، نشانگر راهنما را هم در صفحه سجیتال و هم در صفحه فرونتال تا حد امکان در راستای تعیین شده قرار دهد تا از پیچش ستون مهره ها جلوگیری کند.

ارتفاع زیر سر هر فرد نیز طوری تنظیم گردید که خط فرضی مهره های گردن با سطح افق موازی باشد به این ترتیب که بر اساس ارتفاع، زیر شانه داوطلبین با لایه های پلی یورتان نازک (بر اساس فاصله شانه تا گردن) با سفتی بالا پر شد تا اثر بالش بر راستای ستون مهره های 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 . با توجه به یافته های کیگان این زوایا موقعیت خنثی برای این اعضا می باشد[۲۱] وضعیت قرار گیری دست ها نیز در وضعیت خنثی قرار گرفت.

موقعیت های مکانی مربوط به مختصات نشانگرها و زوائد خاری استخراج گردید. نرم افزار خطاهای مربوط به اعوجاج و بُعد تصویر را توسط اطلاعات اخذ شده از دوربین بالا، در نظر گرفته و با یافتن مکان هندسی مرکز نشانگر، خطای انتخاب را به حداقل می رساند.

۱-۵- 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 حالت ها تصاویر اخذ گردید. پس از قرار گیری فرد بر روی چیدمان اولیه و استخراج راستای ستون مهره ها، در صورتی که چیدمان اولیه نمی توانست راستای ستون مهره ها را در صفحه سجیتال، به راستای خنثی نزدیک کند، این روند بارها با اصلاح چیدمان تکرار می گردید تا راستای ستون مهره ها در حالت خوابیده به پهلو در راستای خنثی قرار گیرد. در نهایت آخرین چیدمان، به عنوان چیدمان بهینه برای آن فرد انتخاب می گردید.

برای بررسی دقیق ستون مهره ها، تمام راستاها می بایست هم مقیاس شوند. برای هم مقیاس کردن و تعیین پارامترهای نگاشت[8] از نرم افزار MATHLAB استفاده گردید.

۲- مدل سازی

برای ساخت مدل و انجام تحلیل ها از نرم افزار بی آر جی لایف مد BRG.LifeMod ویرایش ۲۰۰۷ استفاده شد

طبق تاریخچه تحقیقات، مردانی که نسبت عرض شانه به عرض لگن آنها بیشتر از ۱.٤۵ باشد، مثلثی و کمتر از آن، مربعی نامیده می شوند[۱]. از بین داوطلبان، خصوصیات آنتروپومتری چند داوطلب شاخص که طبق تعریف مثلثی و مربعی بودند وارد بانک داده شد و ٤مدل مرد به اختصار، مرد سنگین مثلثی HTM با قد ۱۸۱ و وزن ۱۰۳ کیلوگرم و نسبت ۱.۵۹ ، مرد سنگین مربعی HSM با قد ۱۸۳ و وزن ۹۹ و نسبت۱.۳۳ ، مرد سبک مثلثی LTM با قد ۱۸۲ و وزن ۷٤و نسبت ۱.۵۲ مرد سبک مربعی LSM با قد ۱۸٤ و وزن ۷٦ و نسبت ۱.۲۸ نامیده شدند.

نرم افزار به طور پیش فرض ستون مهره ها را به سه قسمت گردنی، سینه ای و کمری تقسیم می کند و فقط بین این سه قسمت مفصل قرار می دهد. با توجه به لزوم دقت در راستای ستون مهره ها به مدلسازی مجدد مهره ها پرداخته شد تا بین مهره های مختلف امکان تعریف مفصل بوجود بیاید.

---

[6] Lateral midline

[7] Flexion

[8] Mapping

تمامی مفاصل بدن غیر از مفاصل بین مهره ای از مقادیر استاندارد هایبرید III استفاده گردید .به منظور ایجاد سفتی و بازه حرکتی مورد نظر برای مفاصل بین مهره ای، ضریب سفتی مفصل، ضریب میرایی مفصل و بازه حرکتی طبیعی مفصل وارد شد[۲۲]. وضعیت قرار گیری بدن مدل با توجه به پروتکل مورد استفاده در آزمون تجربی اعمال شد.

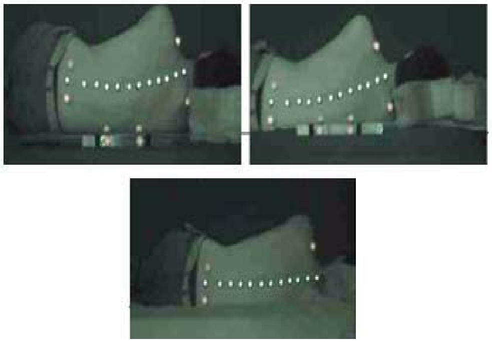
برای مدل کردن تشک با چیدمان سفارشی از حجم های مکعب مستطیل نرم افزار آدامز[9] استفاده گردید. بلوک[10]هایئ به ابعاد۲۰ ارتفاع × ۱۰۰ عرض × ۱۰ طول (ابعاد بر اساس سانتی متر) طراحی شدند. هیچ نوع اتصالی بین بلوک ها تعبیه نشد که هرکدام بتوانند به صورت آزادانه و مستقل از هم حرکت کنند. سپس، مدل های ساخته شده بر روی سطح این احجام قرار داده شدند. بین اعضاء بدن و بلوک های در تماس *Contact* برقرار شد. اطلاعات مربوط به موارد میرایی و ضریب اصطکاک در همه موارد ثابت بود.

هر ٤ مدل شاخص ابتدا بر روی سطح نرم و سفت قرار داده شدند و تحلیل انجام گردید. پس از ایجاد حالت پایدار موقعیت مکانی مراکز جرم مهره ها برای هرمدل برروی هر سطح استخراج شد. با تغییر سفتی بلوک ها، سعی شد که در صفحه فرونتال راستای ستون مهره های مدل هر چه بیشتر به وضعیت خنثی نزدیک گردد. در بعضی موارد تغییر پارامتر سفتی یک سطح منجر به تغییر راستای ستون مهره ها در نواحی دیگر می شد. تغییر بار ها انجام شد تا نیاز هر مدل به سفتی سطح در هرقسمت از بدن او مشخص شود.

۳-یافته ها

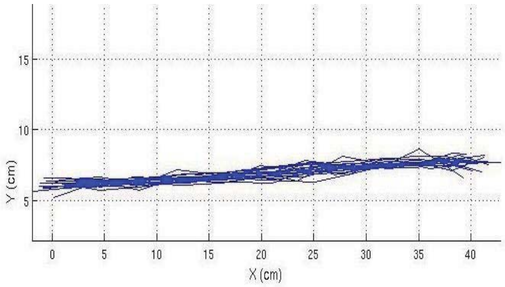
۳-۱-یافته های تجربی

برای تمامی افراد، راستای ستون مهره ها بر روی سطح نرم و سفت و آخرین چیدمان سفارشی استخراج شد. در شکل ۱ تصویر یکی از داوطلبین بر روی سطح سفارشی، نرم و سفت نشان داده شده است.

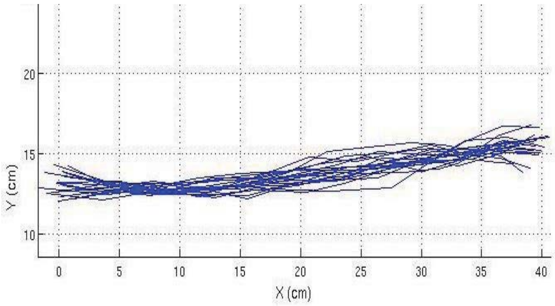


شکل ۱) تصویر اخذ شده بر روی سطح نرم (راست)، سطح سفت (سمت چپ) و سطح سفارشی (پایین) از یکی از داوطلبین

در ادامه شکل ۲ نمودار راستای خط میانی ستون مهره های (زوائد خاری) داوطلبین پس از ایجاد هم مقیاسی[11] بین منحنی ها از مهره L_5 تا مهره C_7 بر روی سطح با چیدمان سفارشی، شکل ۳ همین نمودار را بر روی سطح سفت و شکل ٤ آن را بر روی سطح نرم را نشان می دهد.



شکل ۲) نمودار راستای خط میانی ستون مهره ها (زوائد خاری) داوطلبین پس از ایجاد هم مقیاسی بین منحنی ها بر روی سطح با چیدمان سفارشی از مهره L_5 تا مهره C_7



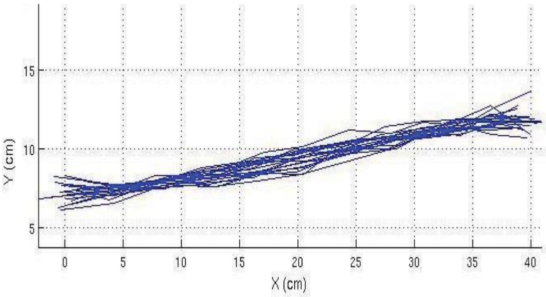
شکل ۳) نمودار راستای خط میانی ستون مهره ها (زوائد خاری) داوطلبین پس از ایجاد هم مقیاسی بین منحنی ها بر روی سطح سفت از مهره L_5 تا مهره C_7

---

[9] MSC ADAMS 2005

[10] Block

[11] matching

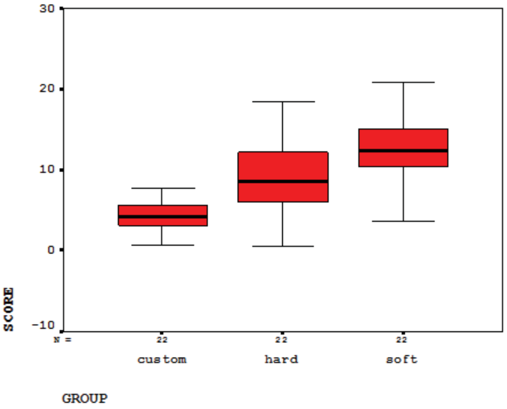


شکل ٤) نمودار راستای خط میانی ستون مهره ها (زوائد خاری) داوطلبین پس از ایجاد هم مقیاسی بین منحنی ها بر روی سطح نرم از مهره L_5 تا مهره C_7

بر طبق تعریف راستای بهینه ستون مهره ها، تصویری فرونتال از ستون مهره ها باید شکل مرجع را که در افراد نرمال یک خط راست است، تقریب بزنند. میزان انحراف از این خط توسط پارامتر های p_1 تا p_{10} تعیین می گردد [۱] در محل گذار از ناحیه ی انعطاف پذیر کمری به ناحیه ی صلب سینه ای حول مهره ی T_{11}، شیب ستون مهره ها اغلب دارای یک ناپیوستگی است و بنابراین نقاط اندازه گیری توسط این مهره به دو دسته تقسیم می شوند. زاویه بین این دو خط، پارامتر فرونتال p_8 را تعریف می کند. در بررسی کمی و آماری کارکرد تشک با چیدمان سفارشی در وضعیت خوابیده به پهلو، از زاویه $\pi\text{-}P_8$ به عنوان معیار بهبود استفاده شد.

پس از بررسی آمار توصیفی داده ها توسط نرم افزار SPSS ویرایش ۱۱.۵ توزیع داده ها نرمال و متقارن بود. پس از مدل های پارامتریک استفاده شد.

در شکل ۵ پراکندگی داده های مربوط به سه سطح سفت، نرم و سفارشی نیز مشاهده می شود که در سه گروه سفارشی، سفت و نرم کمترین میزان $\pi\text{-}P_8$ مربوط به سطح سفارشی (٤.١٠ درجه) و پس از آن سطح سفت (٨.٩ درجه) و سپس سطح نرم (١٢.٦٦ درجه) می باشد.



شکل ۵) نمودار پراکندگی مقادیر $\pi\text{-}P_8$ در سه سطح سفت ونرم و سفارشی

به این دلیل که متغیر وابسته (زاویه $\pi\text{-}P_8$) کمی و پیوسته و متغیر مستقل (سفت، نرم و چیدمان سفارشی) در سه گروه می باشد و با توجه به اینکه نتایج آماری ($F=29.712>3$ که پس از اصلاح ولش $F_w=46.31>3$ که در سطح $p=0.001<0.05$) معنی دار بوده و میزان F لیون[۱۲] (5.77) از لحاظ آماری معنی دار است. بدین ترتیب می توان عنوان نمود که برای بررسی از مدل آماری آنالیز واریانس یک طرفه [۱۳] که توسط ولش[۱۴] اصلاح شده است، استفاده گردید و ضروری است، از آزمون های تعقیبی مرتبط با واریانس های ناهمگن مانند تام هنس[۱۵] استفاده شود.

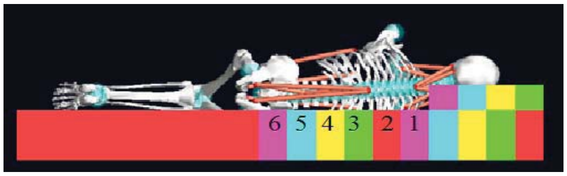
چنانچه از نتایج آزمون تعقیبی[۱۶] تام هنس بر می آید با توجه به میزان تفاوت های حاصله بین سه نوع تشک تفاوت معنی داری بین تشک سفت - سفارشی و نرم - سفت در سطح $p=0.001$ و بین تشک های سفت - نرم در سطح $p=0.05$ وجود دارد.

۳-۲-یافته های مدلسازی

شکل ٦ نمایش مدل HTM روی آخرین سطح سفارشی طراحی شده است. همچنین در جدول ۱ مقدار نرمال شده سفتی فنر مورد نیاز برای مردان بر اساس نواحی مشخص شده در شکل ٦ مشاهده می شود.

---

[12] Levene [13] One Way ANOVA [14] Welch [15] Tomhans [16] Post Hoc Tests



شکل ٦) نمایش مدل HTM در صفحه فرونتال در حالت خواب به پهلو بر روی سطح با چیدمان سفارشی به همراه شماره هر بلوک در تماس با بدن

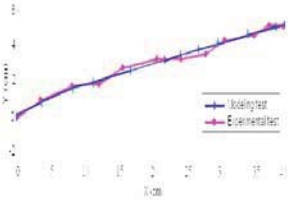
در جدول ۱ مقدار نرمال شده سفتی فنر مورد نیاز برای مردان بر اساس نواحی مشخص شده در شکل ٦ مشاهده می شود.

جدول ۱) مقادیر نرمال شده سفتی فنر مورد نیاز برای مردان به صورت درصد بر اساس نواحی مشخص شده بدن در شکل ٦

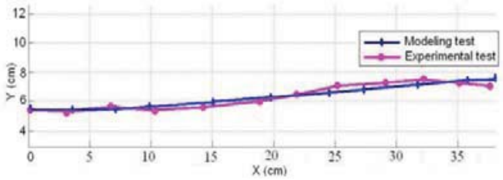
نام مدل	شکل بدنی	موقعیت بدن					
		۱	۲	۳	٤	۵	٦
HTM	▽	٦٦.۲	٦٦.۲	۸۸.۲	۸۸.۲	۸۲.٤	۸۲.٤
HSM	☐	۵۸.۸	۵۸.۸	۷٦.۵	۷٦.۵	۱۰۰	۱۰۰
LTM	▽	۵۰	۵۵.۹	۵۸.۸	۵۸.۸	۵۲.۹	۵۲.۹
LSM	☐	۵۵.۹	۵۵.۹	۵۸.۸	۵۸.۸	۵۸.۸	۵۸.۸

۳-۳-مقایسه یافته های مدل سازی و آزمون تجربی

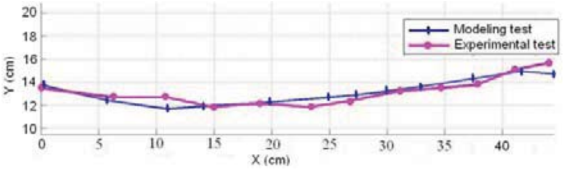
چنان که پیش تر ذکر شد، پس از اخذ داده های ابعاد سنجی داوطلبین، نمونه های شاخص از هر گروه HTM، HSM، LTM، LSM مشخص گردید و دقیقاً مدلی با این داده های آنتروپومتری در نرم افزار، ساخته شد. در ادامه به عنوان نمونه، نمودارهای راستای ستون مهره ها برای این داوطلبان شاخص که از دو روش تجربی و مدل سازی مشاهده می گردد.



شکل۷) نمودار راستای ستون مهره های HSM بر روی سطح نرم از دو روش مدل سازی و تجربی از مهره L_5 تا مهره C_7



شکل ۸) نمودار راستای ستون مهره های LTM بر روی سطح نرم از دو روش مدل سازی و تجربی از مهره L_5 تا مهره C_7



شکل ۹) نمودار راستای ستون مهره های LSM بر روی سطح سفت از دو روش مدل سازی و تجربی از مهره L_5 تا مهره C_7

٤-بحث

پیچش محوری دیسکهای بین مهره ای با استفاده از ساختار پیچیده دیسکها عملاً تا نزدیک ٦ درجه در هر دیسک قابل تحمل می باشد و افزایش پیچش سبب افزایش فشار هسته می شود [۲۳]. وضعیت خوابیدن نادرست باعث می شود که مهره ها در وضعیت نامناسبی نسبت به یکدیگر قرار گیرند و خمش نامناسب در آنها بوجود بیاید و در مدت طولانی و تکرار تنش های غیر طبیعی بافت وارد فاز آسیب شود . میلر در تحقیقی دریافت که تغییر اجباری وضعیت خواب افرادی که دارای علائم بیدار کننده بودند، می تواند باعث بهبود کیفیت خواب آنها شود [۲۱].

منحنی لبه بدن در صفحهء فرونتال، رابطهء خطی با توزیع وزن بدن ندارد. بدن انسان در ناحیهء لگنی هم عریضتر و هم سنگینتر است. امّا این امر در مورد ناحیهء سینه ای صدق نمی کند؛ 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 می خوابند، نگهدارندگی ستون مهره ها ناصحیح خواهد بود؛ زیرا تنها بخشهای عریض بدن نگهداشته می شوند یعنی شانه و لگن نگه داری خوبی را دریافت می کنند.

---

[17] Low Back Pain

اگر شانه ها 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 می شود. وجود ناحیه شانه ای نرم برای مردان فارغ از وزن و شکل بدنی آنها الزامیست و باعث بهبود راستای قرارگیری ستون مهره ها خواهد شد.

در شکل ۲ در سطح سفارشی، چنانکه مشاهده می شود چیدمان با سفتی متفاوت باعث حفظ راستای طبیعی در صفحه فرونتال شده است. در شکل ۳ در تشک سفت، ستون مهره ها در ناحیهء کمری به پایین خم می شود و باعث خمش جانبی می گردند، زیرا در این سطوح تنها شانه و لگن نگه داری خوبی را دریافت می کنند. در هنگام خواب، فرد برای حل این خمش جانبی مضر ستون مهره ها، وضعیتی مابین خوابیدن به پهلو و خوابیدن به روی شکم به خود می گیرد که وضعیت سه بعدی نامیده می شود و این اتفاقی است که معمولاً در خواب اکثر افراد بر روی سطوح بسیار سفت دیده می شود.

در مقابل در شکل ٤ 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) نمی افتد، در نتیجه مهره C_7، در سطوح خواب نرم، در موقعیت بالاتری نسبت به لگن قرار می گیرد.

در بررسی نتایج حاصله از بررسی های آماری مشاهده شد که تشک با چیدمان سفارشی توانست در صفحه فرونتال و در حالت خوابیده به پهلو کمترین میانگین زاویه $\pi\text{-}P8$ را به وجود بیاورد و در حقیقت تشک سفارشی در بین سه سطح نرم، سفت و سفارشی توانسته است راستای ستون مهره ها را در صفحه فرونتال به راستای خنثی نزدیک تر کند. چنانکه در شکل ۵ مشاهده می شود میانگین زاویه $\pi\text{-}P8$ به ترتیب از نرم به سفت و سپس سطح سفارشی کاهش می یابد.

در جدول ۱ سفتی هر ناحیه از تشک برای هر فرد با توجه به جنسیت و مشخصات آنتروپومتری ارائه گردیده است. در این جدول به منظور امکان مقایسه سفتی ها نسبت به بیشترین عدد سفتی نرمال گردیده اند. در قسمت مرد سنگین مثلثی تفاوت آشکار بین سفتی ناحیه شانه در سطوح ۱ و ۲ نسبت به بقیه سطوح قابل مشاهده است. سفتی بیشتر سطوح ۳ و ٤ نسبت به سطوح ۵ و ٦ برای مرد سنگین مثلثی به منظور جلوگیری از خیز فرورفتگی منحنی کناره بدن در صفحه فرونتال در ناحیه کمر می باشد. یعنی با جلوگیری از خیز ستون مهره ها در این ناحیه و اجازه خیز کمتر در ناحیه ۵ و ٦ ستون مهره های این ناحیه کاملاً مورد نگهداری قرار گرفته است.

چنانکه مشاهده می شود، اصولاًدر مقایسه با افراد سنگین و سبک افراد سنگین بهره بیشتری از سیستم سفارشی در وضعیت خواب به پهلو می برند. همچنین در مقایسه با افراد مثلثی و مربعی چنانکه از سفتی ها مشهود است، افراد مثلثی بهره بیشتری را از این سیستم در وضعیت خواب به پهلو می برند. مشخصات اصطکاک سطح چنانکه ذکر شد در همه بلوک ها یکسان در نظر گرفته شده است.

به منظور اعتبار دهی به روش مدل سازی چنانکه در قسمت روش ها ذکر شد داده های آنتروپومتری چهار نفر از داوطلبین شاخص در چهار دسته مرد سنگین مثلثی، مرد سنگین مربعی، مرد سبک مثلثی و مرد سبک مربعی وارد نرم افزار گردید و خروجی راستای ستون مهره های داوطلبین با داده های تجربی در یک نمودار رسم شد. شکل های ۷ تا ۹ نشان دهنده مقایسه ای بین روش تجربی اخذ راستای ستون مهره ها و روش مدل سازی می باشد. مدل سازی تا حدود بسیاری توانسته راستای ستون مهره ها را در سطوح نرم و سفت برای افراد مختلف پیش بینی کند.

۵-نتیجه گیری:

در مقایسه بین سطح سفت و نرم نتایج آماری تشک سفت را در وضعیت خوابیده به پهلو انتخاب مناسب تری معرفی می کند. این نکته با یافته های قبلی محققین نیز مطابقت می کند. در واقع تشک سفت در وضعیت خوابیده به پهلو از خیز ستون مهره های ناحیه لگن جلوگیری کرده و باعث شده است که راستای ستون مهره ها در صفحه فرونتال وضعیت بهتری نسبت به سطح نرم داشته باشد. این همان علتی است

که عامه مردم برای کاهش درد ناحیه پایین کمر (LBP)[17] از بین سطوح نرم و سفت، سطح سفت را استفاده می کنند.

استفاده از تشک با طراحی سفارشی سیستم خواب، روشی بسیار مناسب برای نگهداری بهتر ستون مهره ها در هنگام خواب می باشد. با تقسیم انسانها در گروه های وزنی و ابعادی مختلف امّا محدود، امکان طراحی و ساخت تشک هایی با چیدمان مناسب آن گروه امکانپذیر است. چنانکه مشاهده شد؛ سفتی مورد نیاز برای داوطلبان در حالت خوابیده به پهلو استخراج گردیده است. همچنین سنجش ها نشان می دهند 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 نمی باشد. تشک با چیدمان سفارشی برای همه افراد به خصوص افرادی که دارای وزن سنگین تر و تغییرات بیشتر در منحنی لبه بدن هستند، کاربرد مناسبی دارد. کاربرد این گونه مطالعات در زمینه ساخت صنعتی سیستم های جدید خواب به منظور رعایت هرچه بهتر فاکتور های ارگونومی و حفظ سلامت ستون مهره ها می باشد.

ایده آل آن است که بتوان تشک سفارشی خاصی برای هر فرد طراحی کرد و ساخت، اما از نگاه تجاری این روش امکان ناپذیر است. با این وجود، با تقسیم انسان ها در کلاس های وزنی و ابعادی مختلف اما محدود، امکان طراحی و ساخت تشک هایی با چیدمان مناسب آن گروه امکان پذیر است.

در این تحقیق مشاهده شد که مدل سازی، ابزار نسبتاً مناسبی برای پیش بینی رفتار ستون مهره ها بر روی سیستم خواب است، به طوری که توانست تا حدود زیادی رفتار ستون مهره ها را پیش بینی کند. به وسیله مدل سازی می توان سفارش دهنده مواد با ضریب سختی و چگالی و رفتار مکانیکی معینی در این صنعت بود.

به عنوان پیشنهاد ادامه تحقیق می توان بررسی اثر سفتی قسمت های مختلف تشک در حالت خوابیده به پشت (Supine)، امکان سنجی طراحی توسط مدل سازی برای بیماران ستون فقرات یا افرادی که تحت عمل جراحی قرار گرفته اند را نام برد.

مراجع:

[1] Haex Bart، Back and bed: ergonomic aspect of sleeping.2nd Ed. New York: CRC press; 2004.

[2] 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، Vol.24، pp. 54–61.

[3] Defloor T.، the Effect of Position and Mattress on Interface Pressure، Applied Nursing Research، 2000، Vol.13 (1) ، pp 2-11.

[4] Roberts K. L.، Brittin M.، Cook M.A.، Declifford J. Boomerang Pillows and Respiratory Capacity. Clinical Nursing Research، 1994، Vol.3، No.2، 157-165.

[5] Nicol K.، Rusteberg D.، Pressure Distribution on Mattresses، Journal of Biomechanics، 1993 Vol. 26، No. 12، pp. 1479-1486.

[6] Vanderwee K.، Grypdonck M.، Defloor T.، Alternating pressure air mattresses as prevention for pressure ulcers: A literature review، International Journal of Nursing Studies، 2008، Vol. 45، pp 784–801.

[7] 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 & Physics، 1999، Vol.21، pp.1-8

[8] 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. Vol.36، pp 943–949.

[9] Bader، G، Engdal S.، The influence of bed firmness on sleep quality، Applied Ergonomics، 2000، Vol.31 pp. 487-497.

[10] Lahm R.، Iaizzo P.A، Physiologic responses during rest on a sleep system at varied degrees of firmness in a normal population، Ergonomics، 2002، Vol.11 pp.798-818.

[11] Derman K.L.، Derman E.W.، Noakes T.D.، A lumbar body support (KBS2000) alters lumbar muscle recruitment patterns in patients with acute-upon-chronic lower back pain، Journal South African Medical، 1995، Vol.84(4)،pp.278-282.

[12] 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, First year , No. 4, Winter , 2010 , pp 31-38

[13] Jacobson B.H.، Gemmell H.، Hayes B.M.، 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، Vol.25(2)، pp.88-92

[14] Jacobson B.H.، Wallace T.J.، Gemmell H.، subjective rating of perceived back pain، stiffness and sleep quality following introduction of medium-firm bedding systems،Journal Of Chiropractic Medicine،2006، Vol. 5(4)، pp. 128-134.

[15] Jacobson B.H.، Wallace T.J.، Smith D.B.، Kolb T.، Grouped comparisons of sleep quality for new and

---

[17] Low Back Pain

personal Bedding systems، Applied Ergonomics، 2008، Vol. 39(2)، pp.247-54.

[16] Kovacs F.، Abraira V.، Peña A.، Martín-Rodríguez J.، Sánchez-Vera M.، Ferrer E.، Ruano D.، Guillén P.، Gestoso M.، Muriel A.، Effect of firmness of mattress on chronic non-specific low-back pain: randomized، double-blind، controlled، multicentre trial،The **Lancet**، 2003، Vol.362(9396)، pp.1599-1604.

[17] DeVochta J.W.، Wilderb D. G.، Bandstrab E.R.، Sprattc K.F.، Biomechanical evaluation of four different mattresses، Applied Ergonomics، 2006،Vol.37 ، pp. 297–304.

[18] Linder Ganz E.، Gefen A. Mechanical compression-induced pressure sores in rat hind limb: muscle stiffness، histology، and computational models'، J. Appl. Physiol.، 2004 Vol. 96، pp. 2034-2049.

[19] Standard Documents, ISO 2439:2001، Flexible cellular polymeric materials. Determination of hardness(indentation technique)

[20] Cooperstein R.، Haneline M.T.، Spinous process palpation using the scapular tips as landmark vs a radiographic criterion standard، Journal of Chiropractic Medicine، 2007، Vol. 6، pp.87-93.

[21] Gordon S.J.، Grimmer K.A.، Trott P.، Sleep position، age، gender، sleep quality and walking Cervicothoracic symptoms. The internet journal of allied health sciences and practice ، 2007 ، Vol. 5(1).pp1-8

[22] White A.A.، Panjabi M.M.، Clinical Biomechanics of the Spine،، 1990، ISBN 0-397-50720-8 Second Edition،

[23] Adams M.A، Dolan P.، Spine biomechanics، Journal of Biomechanics، 2005، Vol.38، pp.1972–1983