

طراحی و ساخت مکانیزم تخت انتقال بیمار و بررسی ویژگی های صفحه ی متحرک آن

پویامتین فر^{۱*}، مصطفی غیور^۲، اعظم قاسمی^۳^۱ دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نجف آباد، گروه مهندسی مکانیک، اصفهان، ایران، pouya_matinfar@smc.iaum.ac.ir^۲ دانشیار دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران، gheyour@cc.iut.ac.ir^۳ استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نجف آباد، گروه مهندسی مکانیک، a_ghassemi@pmc.iaum.ac.ir

چکیده

اعلام می دارد که اصولاً بسیاری از این جراحات و آسیب های وارده به علت نبود افراد بی طرف در زمان وقوع، گزارش نمی شود و آمار دقیقی در این خصوص در دسترس نیست [۲]. معمول ترین روش جهت انتقال بیمار، جابجایی به کمک ملحفه ی زیر او می باشد [۳]، که بسته به وزن بیمار از دو تا چهار نفر در این انتقال مشارکت خواهند کرد (شکل ۱). در انتقال دستی بیماران جدای از دردی که بیمار تحمل می کند، اتفاقات و علایمی نظیر کبودی، کشیدگی پوست، خراش، جراحت، دررفتگی مفاصل، شکستگی استخوان یا مواردی نظیر خروج لوله های انتقال مواد متصل به بیمار و حتی افتادن بیمار از روی تخت، گزارش شده که نشان دهنده ی ضرورت توجه به این موضوع است [۴-۷].

از اوایل دهه ی هفتاد میلادی تاکنون مطالعاتی در خصوص محاسبه ی تنش های بیومکانیکی ناشی از بلند کردن و انتقال دستی بیماران صورت گرفته شده است [۸]. این تحقیقات بر وارد آمدن تنش های بیش از حد نرمال بر ستون فقرات پرستاران و بهیاران تاکید دارند [۸، ۹]. نتیجه ی آن در دراز مدت، بروز کمردردهای مزمن و حتی در برخی موارد عامل از کار افتادگی پیش از موعد کادر درمانی می باشد [۱۰-۱۲].

با توجه به مشکلاتی که در روش های انتقال دستی وجود دارد، در سال ۲۰۰۵ برای اولین بار در ایالت تگزاس آمریکا به منظور کاهش ریسک ناشی از جابجایی بیمار، استاندارد ویژه ی تدوین گردید. این قانون نحوه ی انتقال، جابجایی، بلند کردن و تغییر وضعیت بیماران را توضیح می دهد؛ اما همچنان اشاره می کند که احتمال آسیب به بیمار و پرستاران در شیوه ی انتقال دستی وجود دارد [۴].

پس از روشن شدن عوارض انتقال دستی، از اواسط دهه ی هفتاد میلادی مکانیزم های متنوعی جهت انتقال بیمار پیشنهاد شد [۱۳]. اما انتخاب وسیله ای که طراحی و ساخت آن براساس استانداردهای تجهیزات پزشکی باشد و آسیبی به بیمار و پرستار نرساند و مهمتر از همه کارا باشد، مشکل به نظر می رسد. علاوه بر دلایل مذکور، می توان به درگیری همان تعداد از کادر درمانی یا بیشتر در انتقال بیمار و به عدم انطباق مکانیزم تخت با انواع تخت های موجود در مراکز درمانی اشاره نمود. ماحصل عوامل یادشده این است که هنوز استفاده از تخت انتقال بیمار به طور عمومی در بیمارستان ها نهادینه نشده است.

انتقال بیمار از تختی به تخت دیگر که در اکثر مواقع به صورت دستی انجام می شود، احتمال آسیب رساندن به بیمار و حتی کادر پرستاری را بالا می برد. از این رو در این مقاله، پس از بررسی این آسیب ها، یک مکانیزم تخت ترانسفر جهت انتقال بیمار از تختی به تخت دیگر، که منطبق با الزامات پزشکی است، تشریح می گردد. سپس ویژگی های صفحه متحرک که از جنس الیاف کربن است، بررسی می شود. مراحل ساخت صفحه ی متحرک که به روش (VARTM) است، تشریح می گردد. در انتها لحظه ی برخورد صفحه به بیمار شبیه سازی شد تا زمان واکنش پرستار برای توقف حرکت صفحه در لحظات بحرانی، به دست آید. نتیجه به دست آمده این است که برای کاهش دوره ی بازگشت در برخورد صفحه به بیمار، بهتر است در لبه ی صفحه از مواد ویسکوالاستیک نیز استفاده شود. نتایج تجربی به دست آمده پس از ساخت تخت با نتایج تحلیلی مقایسه شد و حاکی از انطباق آن ها با یکدیگر می باشد.

واژه های کلیدی

تخت ترانسفر- انتقال بیمار- صفحه فایبرکربن- روش VARTM- شبیه سازی برخورد.

مقدمه

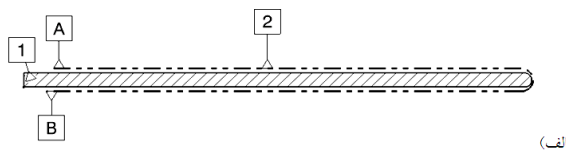
تخت ترانسفر یا تخت انتقال بیمار، مکانیزمی است که برای انتقال عرضی بیمار بین دو سطح مجاور مانند تخت یا برانکارد با ارتفاع یکسان، بدون نیاز به بلند کردن وی طراحی شده باشد.

آمار ارائه شده توسط سازمان بهداشت جهانی^۱ از جراحی های انجام شده در سراسر دنیا حاکی از آن است که سالانه حدود ۴۴/۲ میلیون نفر در سال از جابجایی نامناسب پس از عمل متضرر می شوند [۱]. علاوه بر این تعداد، آسیب های وارده بر بیماران سالخورده به خصوص در سرای سالمندان، هنگام انتقال دستی از تختی به تخت دیگر را نیز باید در نظر داشت. در همین ارتباط تحقیقات دیگری در آمریکا در سال ۲۰۰۹ صورت گرفت. این پژوهش

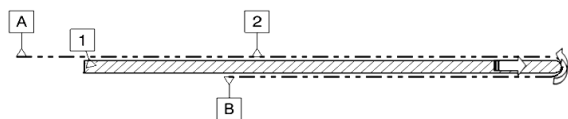
^۱WHO

مطابق (شکل ۲-الف)، اگر بر روی صفحه‌ای نازک (۱)، نوارنقاله‌ی (۲) کشیده شده باشد و یک سر نوارنقاله (A) که بر روی تخت قرار دارد، کاملاً ثابت نگه داشته شود و سر دیگر آن (B) درحالی که محکم کشیده شده است، بتواند در زیر صفحه حرکت کند (شکل ۲-ب)، نقاط مختلف نوارنقاله نسبت به صفحه جابجا می‌شوند.

عملکرد اصلی تخت براساس (شکل ۳) بدین صورت است: صفحه‌ی فایبرکربن (۱) که از دو طرف توسط ۲ ریل کشویی مقید شده، با کمک بلوک متحرک بال اسکرو (۲) که توسط لینک (۳) و پروفیل (۴) به انتهای آن متصل شده، می‌تواند با به چرخش درآمدن پولی (۵) که به موتور متصل است، در راستای محور (۶) به راست یا چپ حرکت کند. همان طور که مشخص است، شافت بال اسکرو توسط یاتاقان‌های (۷) مقید شده است. غلطک‌های (۸)، (۹) در انتهای تخت ثابت شده اند و فقط حول محور خود دوران می‌کنند. غلطک‌های (۱۰) و (۱۱) نیز مانند صفحه (۱)، توسط لینک (۳) به پروفیل (۴) متصل هستند و همراه با صفحه (۱) جابجا می‌شوند. در جلوی صفحه (۱) صفحه (۱A) با عرض کمتر و هم طول با آن نیز نصب شده است.



(الف)



(ب)

شکل ۲: الف) طرح اولیه‌ی تخت انتقال بیمار- ب) حرکت صفحه به سمت راست و چرخش نوارنقاله بر روی آن

حال طبق (شکل ۳) نوار نقاله (۱۲) را از مسیر نشان داده شده عبور می‌دهیم. در این صورت با جابجایی صفحه (۱) نوار نقاله نیز با آن آزادانه حرکت می‌کند. در صورتی که اگر بادامک (۱۳)، ۹۰ درجه پادساعتگرد بچرخد و بر روی بلوک (۱۴) که کاملاً ثابت شده، قرار گیرد، می‌تواند با فشردن نوار نقاله از حرکت همزمان نوار نقاله با صفحه جلوگیری نماید. در نتیجه با حرکت صفحه (۱) به سمت راست، قسمتی از نوار نقاله که در زیر صفحه قرار دارد، بر روی صفحه آمده و به سمت چپ حرکت خواهد کرد. (در واقع نسبت به صفحه حرکت می‌کند). به همین منوال شاهد حرکت نوار نقاله بر روی صفحه (۱A) نیز خواهیم بود. در این صورت اگر جسمی در جلوی صفحه وجود داشته باشد، با حرکت صفحه و چرخش نوار نقاله در جهت خلاف حرکت آن، جسم بر روی صفحه می‌لغزد.

در این مقاله، به دنبال شناخت روشی ارگونومیک و با هدف به حداقل رساندن تنش‌های اعمالی به بیمار، مکانیزمی منطبق با استانداردهای پزشکی جهت انتقال افقی بیمار از تخت عمل به تختی دیگر ارائه می‌گردد.

همچنین به بررسی جنس و نحوه‌ی تولید صفحه متحرک تخت پرداخته می‌شود. در نهایت با در نظر گرفتن یک حالت خاص، لحظه‌ی برخورد صفحه به بیمار در نرم افزار V- NASTRAN شبیه‌سازی می‌شود. بعد از ساخت نمونه اولیه‌ی تخت، به کمک مانکن و سپس نمونه انسانی، نتایج حاصل را مورد ارزیابی قرار می‌دهیم.



شکل ۱: انتقال دستی بیمار به کمک ملحفه، از تخت عمل به برانکار

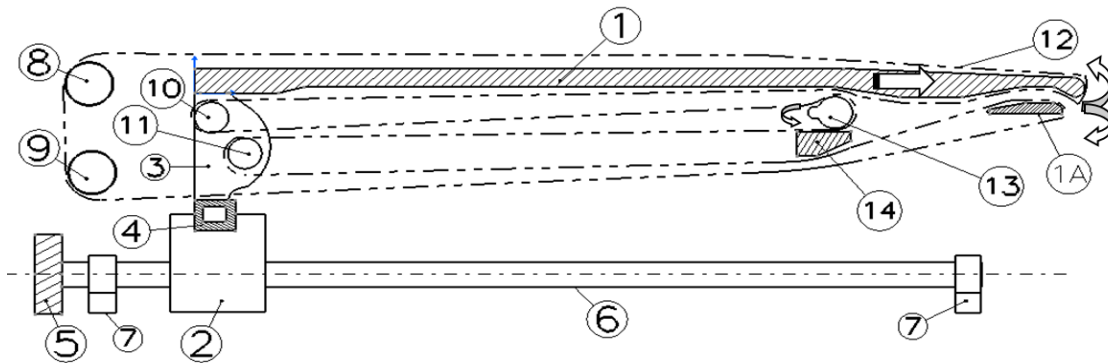
مواد و تجهیزات بکار رفته

موتورهای الکتریکی دارای استاندارد IP66 [۱۴] در سه مدل ۱۶۰W، ۱۸۰W و ۲۲۰W انتخاب شدند. نوار نقاله مورد استفاده از جنس پلی‌اورتان و با ضخامت ۱mm، لوله‌های آهنی به قطرهای خارجی ۴۰mm و ۲۵mm با روکش لاستیک ضد سایش به عنوان غلطک، ۲ عدد ریل کشویی با قابلیت تحمل جرمی تا ۲۲۷ (Kg) و به طول بازشوندگی ۸۱۲mm، میکرو سوئیچ‌های غلطکی یک طرفه، کاور بیس از جنس ABS، چرخ‌های ضد الکتریسیته ساکن به قطر ۱۲۵mm، بال اسکرو با قطر شافت ۴۰mm، پروفیل‌های با مقاطع استاندارد آهنی و مقاطع سفارشی آلومینیومی از جمله مواد به کار رفته جهت ساخت این تخت می‌باشند. صفحه متحرک که بیمار بر روی آن قرار می‌گیرد از جنس فایبرکربن است و به روش انتقال رزین به داخل قالب به کمک خلأ^۲ تولید گردید. در ادامه در خصوص صفحه‌ی متحرک توضیحاتی ارائه می‌گردد؛ اما جهت اطلاع دقیق از خصوصیات فنی هر کدام از مواد و تجهیزات استفاده شده، به منبع [۱۵] مراجعه شود.

تشریح مکانیزم تخت

ایده‌ی اولیه‌ی مکانیزم عملکرد این تخت بسیار ساده است که در ادامه به صورت گام به گام تشریح می‌شود.

² Vacuum Assisted Resin Transfer Molding (VARTM)



شکل ۳: مکانیزم تخت انتقال بیمار

در (شکل ۴) فلوجارت استفاده از تخت ترانسفر آورده شده است. لازم به توضیح است که می توان برخی قسمت ها را توسط بردهای کنترلی به گونه ای تنظیم نمود که همزمان با هم عمل کنند.

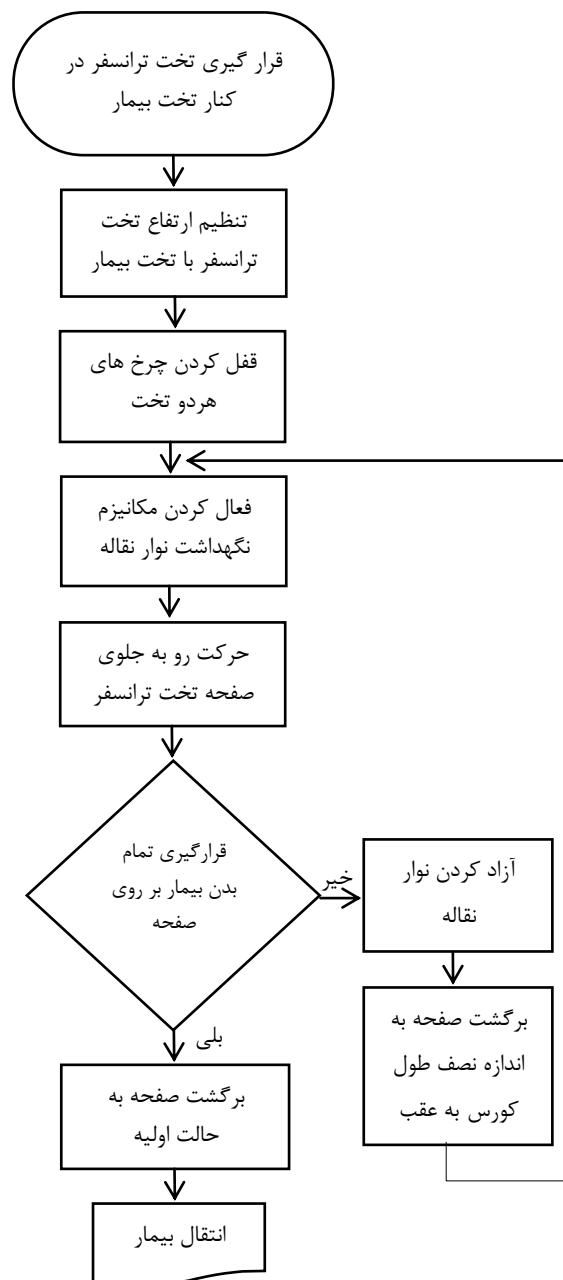
خصوصیات صفحه متحرک

مهمترین ویژگی صفحه متحرک تخت که باید مدنظر قرار گیرد، ضخامت کم آن است. موارد ذیل را می توان به عنوان دلایل این موضوع مطرح کرد: الف) راحتی قرارگیری در زیر بدن بیمار؛ مسلم است که هرچه ضخامت صفحه کمتر باشد، به راحتی زیر بدن بیمار می رود. ب) طبق اصل ضربه خطی اگر جرمی به جرم $m(Kg)$ و با سرعت $V (m/s)$ حرکت کند، داریم:

$$\int_{t_1}^{t_2} \sum \vec{F} dt = \int_{v_1}^{v_2} m.d\vec{V} = \Delta \vec{G} \quad (1)$$

در معادله (۱)، $F(N)$ نیرو و $t(s)$ زمان است. همچنین G مومنتم خطی است. در نتیجه ضربه ای که به بیمار وارد می شود رابطه مسقیم با جرم صفحه دارد. هرچه جرم صفحه کمتر باشد، ضربه ای که به بیمار وارد می شود کمتر است. یکی از راه های کاهش جرم، کاهش ابعاد صفحه است و با توجه به اینکه طبق استانداردها طول و عرض صفحه باید در محدوده مناسبی باشد، تنها گزینه کاهش ضخامت صفحه است. پ) از آن جایی که چقرمگی شکست با ضخامت نمونه تغییر می کند و حضور ترک در یک ورق ضخیم خیلی خطرناک تر است، منطقی به نظر می رسد که ضخامت صفحه کمتر باشد. دلیل این امر ایجاد حالت کرنش صفحه ای با شرایط تنش سه بعدی است. تا جایی که با تغییر حالت تنش از تنش صفحه ای به کرنش صفحه ای، نوع شکست از نرم به کاملاً ترد تبدیل می شود [۱۶]. یکی از راه های افزایش چقرمگی ایجاد ساختار لایه ای است [۱۷]. چرا که در ورق های نازک به علت کاهش شدت حالت سه بعدی تنش، چقرمگی شکست نیز افزایش می یابد.

به همین منظور صفحه متحرک تخت باید از مجموعه چند تک لایه که در جهت ضخامت به یکدیگر اتصال یافته اند، ساخته شود. بدین صورت که این صفحه شامل تعدادی لایه از جنس الیاف کربن می تواند باشد. علل استفاده از الیاف کربن / اپوکسی را می توان جهت

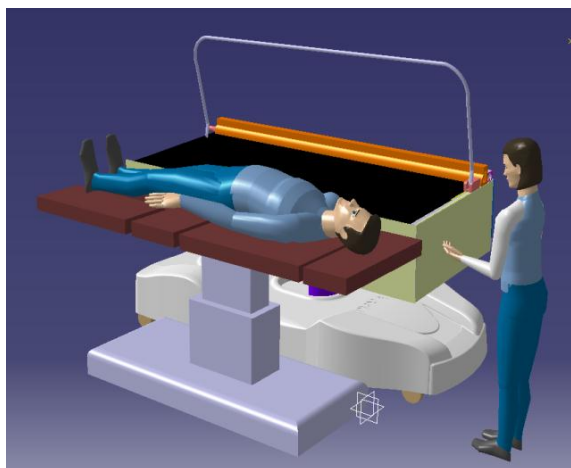


شکل ۴: فلوجارت انتقال بیمار با کمک تخت ترانسفر

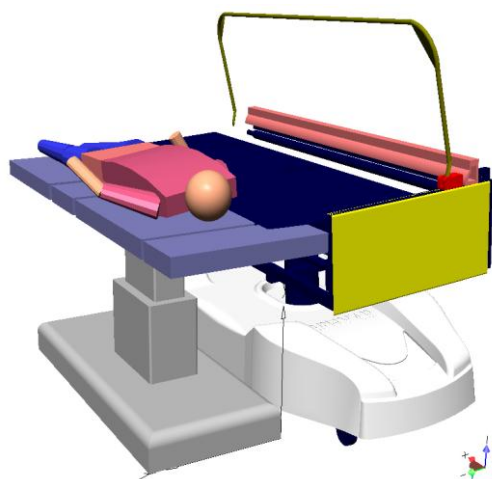
شبیه سازی بر خورد صفحه‌ی متحرک در V-NASTRAN با شبیه سازی لحظه‌ی برخورد صفحه‌ی متحرک به بیمار، دو هدف را دنبال خواهیم کرد؛ اول نیرویی که در لحظه‌ی برخورد به بیمار وارد می‌شود، چه میزان است؟ دوم این‌که چنانچه ارتفاع تخت‌ها به درستی تنظیم نشده باشد و صفحه به جای اینکه در زیر بیمار قرار گیرد، منجر به هل دادن وی شود، کاربر چه مدت زمان نیاز دارد، تا صفحه را متوقف کند؟ و از طرف دیگر آیا می‌توان این زمان واکنش را افزایش داد؟

طبق (شکل ۶) مکانیزم و شرایط انتقال بیمار که در نرم افزار CATIA مدل شده است را در نرم افزار V-NASTRAN تحلیل می‌گردد (شکل ۷).

بدین منظور سرعت اولیه صفحه را 0.5 (m/s) ، روش حل انتگرال گیری در نرم افزار را رنگ کوتاه- مرسون و نقطه برخورد اولیه در ناحیه‌ی لگن بیمار در نظر گرفته شد. همچنین زمان برخورد صفحه به بیمار بسیار کوتاه فرض شد و برای شرایطی که بستر بیمار کاملاً صاف و صیقلی باشد، روابط محاسبه گردید.



شکل ۶: مدل تخت ترانسفر در نرم افزار CATIA



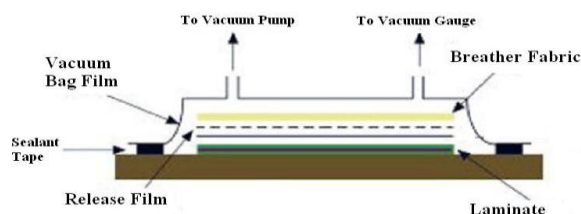
شکل ۷: شبیه سازی مکانیزم انتقال بیمار در نرم افزار V-NASTRAN

تامین این موارد عنوان کرد: الف) قابلیت سازگاری مناسب با بافت بیولوژیک، ب) استحکام ویژه آن، که سه برابر استحکام ویژه فولاد است [۱۸] و پ) به دلیل قابلیت عبور پرتوهای پزشکی، بهترین گزینه در مقایسه با فلزات می‌باشد.

روش ساخت صفحه‌ی متحرک

طالمان محدود، تعداد ۲۲ لایه که بیانگر ضخامت ۸ میلی‌متری صفحه است، مورد استفاده قرار گرفت. اما بعد از مرحله‌ی طراحی، انتخاب روش تولید، می‌تواند در دستیابی به خواص مکانیکی موردنظر تعیین کننده باشد. در ادامه توضیحاتی در این خصوص ارائه می‌شود. در مواد مرکب، هرچه سطح اتصال بین ماتریس- الیاف بیشتر شود، میزان توانایی ماتریس در انتقال بار وارده به الیاف افزایش یافته و در نتیجه استحکام ماده افزایش می‌یابد. همچنین به دلیل به وجود آمدن حباب در تولید محصولات کامپوزیتی که به ازای هر یک درصد حباب موجب کاهش ۲ تا ۱۰ درصدی خواص مکانیکی می‌شود [۱۵]، می‌توان با استفاده از روش انتقال رزین به داخل قالب به کمک خلاء^۳ درصد حباب در محصول نهایی را کاهش داد و در نتیجه سطح اتصال بین ماتریس- الیاف را افزایش داد [۱۹].

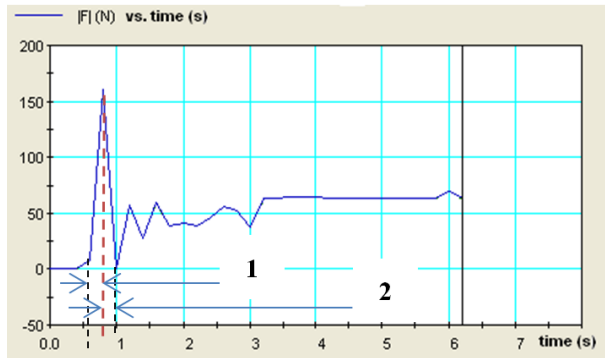
بدین منظور جهت ساخت صفحه‌ی فایبرکربن، الیاف خشک کربن به اندازه‌های مشخص از طاقه، بریده می‌شود. تعدادی از لایه‌ها با توجه به اینکه ضخامت نهایی چقدر باید باشد، بر روی یک شیشه‌ی تخت (به عنوان نیمه‌ی پایین قالب) قرار می‌گیرند. پس از آن فیلم جداکننده^۴ و نمد مخصوص^۵ بر روی تمام الیاف قرار داده می‌شود. در نهایت پس از آنکه همه‌ی لوله‌های تغذیه و تقویت کننده‌ها در جای مناسب خود قرار داده شدند، با روکش وکیوم^۶ پوشانده می‌شوند. روکش به وسیله‌ی چسب‌های آب‌بندی که در اطراف لایه‌ها قرار دارند، ثابت می‌شود. با برقراری شرایط خلا نسبی در محفظه، به مرور تمام الیاف به رزین اپوکسی آغشته می‌گردند. با آغاز جریان رزین درون تقویت کننده رزین به سمت روزه‌ی خلاء که در سمت دیگر قطعه قرار گرفته است پیش می‌رود. پس از آنکه قالب به طور کامل پر شد پمپ تزریق خاموش شده و لوله تزریق جدا می‌شود. نحوه چیدمان قسمت‌های مختلف عنوان شده در (شکل ۵) به صورت شماتیک نشان داده شده است.



شکل ۵: شکل شماتیک فرآیند VARTM [۲۰]

³ Vacuum Assisted Resin Transfer Molding (VARTM)
⁴ Release film
⁵ Breather
⁶ Vacuum bag

است. بازه‌ی مشخص شده در شکل که با شماره‌ی (۱) نام‌گذاری شده است، دوره‌ی تغییر شکل نامیده می‌شود و با t_f نمایش داده می‌شود. محدوده‌ی شماره‌ی (۲)، دوره بازگشت است و با t_r نمایش داده می‌شود.



شکل ۹: نمودار اندازه نیرو (عمودی) بر حسب زمان (افقی) - لحظه برخورد صفحه به بیمار

از آن جایی که سرعت اولیه‌ی بیمار صفر است، سرعت وی پس از برخورد صفحه، تابع رابطه‌ای است که t_f و t_r با یکدیگر دارند. بر اساس معادله‌ی (۱) می‌توان ضریب بازگشت (e) را به صورت معادله‌ی (۲) تعریف نمود.

$$e = \left(\int_{t_0}^{t_f} F_r dt \right) / \left(\int_0^{t_0} F_d dt \right) = t_r / t_d \quad (2)$$

در این معادله F_f و F_r به ترتیب اندازه‌های نیروی تماس در حین بازگشت و تغییر شکل می‌باشند. اگر جرم بیمار ۶۰ (Kg) و جرم صفحه ۱۵ (Kg) باشد، با توجه به اینکه برای کل سیستم بقای مومنتم خطی را داریم، یعنی $\Delta G=0$ است، از رابطه‌ی تساوی دوم در معادله‌ی (۱) می‌توان سرعت نهایی بیمار یا V_2 را به دست آورد. بر این اساس جدول زیر به دست می‌آید.

جدول (۱): مدت زمان واکنش در حالت‌های مختلف (تحلیلی)

	e	$V_1(m/s)$	$V_2(m/s)$	$t(s)$
$t_r=t_d$	1	0.05	0.02	10
$t_r=0.5t_d$	0.5	0.05	0.015	13.3
$t_r=0$	0	0.05	0.01	20

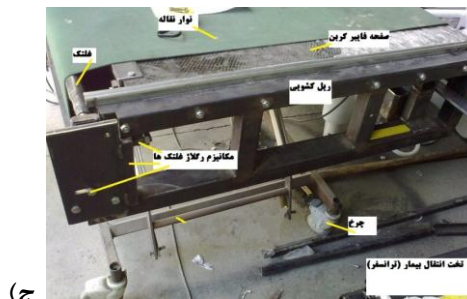
اگر مسیری که بیمار بر روی تخت توسط صفحه هل داده شود تا در آستانه‌ی افتادن قرار گیرد، به اندازه‌ی $0.72m$ باشد، t برحسب ثانیه زمان مورد نیاز جهت انجام عکس‌العمل توسط کاربر جهت توقف صفحه است و آن را زمان واکنش می‌نامیم.

همچنین (شکل‌های ۱۰ و ۱۱) نشان دهنده‌ی انجام آزمایش بر روی نمونه‌های غیر انسانی و انسان می‌باشند.

شایان ذکر است که به دلیل وجود نوارنقاله بر روی صفحه‌ی متحرک و همچنین شکل‌پذیری مناسب آن، به دلیل استفاده از جنس فایبرکربن، اصولاً بیمار بر روی صفحه قرار می‌گیرد. اما چنانچه کاربر نتواند دو تخت مجاور در (شکل ۶) را به درستی هم‌تراز نماید، صفحه به بدن بیمار برخورد کرده و باعث هل دادن وی می‌شود. حتی ممکن است ادامه‌ی این روند، منجر به افتادن بیمار از روی تخت شود. بنابراین به دست آوردن مدت زمان واکنش جهت توقف حرکت صفحه در چنین مواقعی ضروری است.

نتایج

در (شکل ۸) مراحل ساخت و چگونگی عبور رزین که در زمان‌های مختلف نشانه‌گذاری شده است و همچنین صفحه‌ی نصب شده بر روی تخت را می‌توان ملاحظه نمود.



شکل ۸: ساخت صفحه‌ی فایبرکربن به روش VARTM: (الف) لایه‌چینی و تعیین محدوده‌ی قالب. (ب) نشانه‌گذاری مراحل مختلف گسترش رزین در الیاف فایبرکربن. (ج) نصب صفحه بر روی تخت.

در (شکل ۹) نمودار به دست آمده بیانگر اندازه نیرو برحسب زمان می‌باشد. بیشترین میزان نیرو در لحظه‌ی برخورد حدود، $150N$

ثانیه است. با این شرایط استفاده از این تخت، احتمال خطر پایینی دارد.

اما با این حال جهت استفاده از آن باید موارد زیر را در نظر داشت:

۱. کاربر باید ارتفاع تخت ترانسفر را به گونه ای تنظیم نماید که سطح زیرین صفحه متحرک حتی الامکان نزدیک به رویه تشک بیمار باشد.

۲. در صورت عدم تنظیم ارتفاع صفحه و اعمال نیروی افقی به بیمار، نمودار (شکل ۹) به صورت ماکزیمم لحظه ای در نمی آید، بلکه نیرو در حد ماکزیمم می ماند و جهت جلوگیری از افتادن بیمار از طرف دیگر تخت در این حالت، کاربر باید حرکت صفحه را متوقف کند.

۳. با توجه به جدول (۱) می توان با کاهش دوره ی بازگشت، زمان واکنش را افزایش داد. برای این منظور می توان در ساخت صفحه ی فایبر کربن، در هسته ی لبه ی جلوی صفحه که به بیمار برخورد می کند، لایه هایی از مواد ویسکوالاستیک (مواد گرانیوی کشسان) قرار داد. در این حالت به دلیل قابلیت بالای جذب ضربه، می توان با کاهش ضریب بازگشت، زمان واکنش را افزایش داد.

۴. در شرایطی که پشت بیمار آسیب دیده یا دارای جراحی می باشد، توصیه می گردد، در صورت امکان بیمار توسط این تخت و به همراه تشک زیر خود جابجا گردد. بدین معنا که صفحه ی متحرک به زیر تشک بیمار هدایت شود.

۵. با توجه به اندازه نیروی به دست آمده، استفاده از این تخت برای کودکان توصیه نمی شود.



شکل ۱۰: انجام آزمایش انتقال بیمار به کمک تخت ترانسفر با مانکن



شکل ۱۱: مراحل مختلف انتقال بیمار به کمک تخت ترانسفر با نمونه انسانی

پس از ساخت تخت، زمان واکنش براساس شرایط در نظر گرفته شده در تحلیل به صورت عملی در دو حالت استفاده از مانکن (نمونک) و انسان اندازه گیری شد. در این حالت وزن مانکن ۸ (Kg) و وزن بیمار ۵۸ (Kg) و سطح بستری که بیمار بر روی آن قرار دارد صاف بود. این آزمایش برای هر حالت ۵ بار تکرار شد. جدول (۲) مدت زمان واکنش برای این دو حالت را نشان می دهد.

جدول (۲): مدت زمان واکنش در حالت های مختلف (عملی)

انسان	نمونک انسانی
10.2	4.3
	$t_{ave}(s)$

بحث و نتیجه گیری

با توجه به اعداد به دست آمده در دو حالت تحلیلی و تجربی، انطباق قابل قبولی وجود دارد.

همان طور که مشخص شد، بیشترین نیرو به میزان ۱۵۰N در لحظه ی اولیه ی برخورد صفحه به بیمار وارد می شود. همچنین مدت زمان مورد نیاز جهت توقف حرکت صفحه ی انتقال بیمار (زمان واکنش)، در صورتی که بیمار فقط ۶۰ (Kg) جرم داشته باشد، ۱۰

فهرست علائم

e ضریب بازگشت

F نیرو، N

G مومنتم خطی، N.s

m جرم، kg

t زمان، s

V سرعت، m/s

علائم یونانی

Δ تغییرات

زیرنویس

r بازگشت

t تغییر شکل

- [10] N. B. Moody, "Nurse faculty job satisfaction: A national survey," *Journal of Professional Nursing*, vol. 12, no. 5, pp. 277-288, 1996.
- [11] R. C. Jensen, "Back injuries among nursing personnel related to exposure," *The Australian Nurses Journal*, vol. 5, no. 1, pp. 38-45, 1990.
- [12] A. Garg, and B. Owen, "Reducing back stress to nursing personnel: an ergonomic intervention in a nursing home," *Ergonomics*, vol. 35, no. 11, pp. 1353-75, Nov, 1992.
- [13] R. A. Patterson, and R. M. Smucker, "patient transfer device with differential belt-table speed control ", US Patent 20,120,084,914, 2012.
- [14] I.-I. E. Commission, "International Standard IEC 60601-1-2," *Medical Electrical Equipment, Part*, vol. 1, 2004.
- [15] متین فر، پویا، "طراحی و ارزیابی مراحل ساخت تخت انتقال بیمار و تحلیل عددی صفحه متحرک آن"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده فنی ومهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد، ۱۳۹۱.
- [16] سجادی، سید عبدالکریم، "رفتار مکانیکی مواد"، دانشگاه فردوسی مشهد، چاپ سوم، صفحه ۳۲۰، ۱۳۸۸.
- [17] R. W. Hertzberg, *Deformation and fracture mechanics of engineering materials*: Wiley, 1996.
- [18] A. K. Kaw, *Mechanics of composite materials*, second ed.: Taylor and Francis Group, 2006.
- [19] سجادرجبی، جلال، جعفری، مجتبی، گلزار، محمد، "اندازه گیری حباب در قطعات ساخته شده به روش VARTM و مقایسه آن با روش دستی"، کنفرانس ملی مهندسی ساخت و تولید، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد، ۱۳۸۸.
- [20] A. Rider, A. Baker, C. Wang *et al.*, "An Enhanced Vacuum Cure Technique for On-Aircraft Repair of Carbon-Bismaleimide Composites" *Applied Composite Materials*, no. 3, pp. 231-251, Jun 01, 2011.
- [1] Smita Chackungal, Jason W. Nickerson, and L. M. Knowlton, "Best Practice Guidelines on Surgical Response in Disasters and Humanitarian Emergencies: Report of the 2011 Humanitarian Action Summit Working Group on Surgical Issues within the Humanitarian Space" *Cambridge Journals Online*, no. Prehospital and Disaster Medicine, pp. pp 429-437, December 2011 26, Online publication April 04 2012.
- [2] C. D. Vass, O. Sahota, A. Drummond *et al.*, "REFINE (Reducing Falls in In-patient Elderly)-a randomised controlled trial" *Trials*, vol. 10, pp. 83, 2009.
- [3] E. Benevolo, P. Sessarego, A. Zaliani *et al.*, "An ergonomic analysis of 5 technics for moving patients" *Giornale italiano di medicina del lavoro*, vol. 15, no. 5-6, pp. 139-44, Sep-Nov, 1993.
- [4] M. A. Hudson, "Texas passes first law for safe patient handling in America: landmark legislation protects health-care workers and patients from injury related to manual patient lifting" *Journal of long-term effects of medical implants*, vol. 15, no. 5, pp. 559-66, 2005.
- [5] A. Nelson, and A. Baptiste, "Evidence-based practices for safe patient handling and movement" *Clinical Reviews in Bone and Mineral Metabolism*, vol. 4, no. 1, pp. 55-69, 2006.
- [6] M. J. Ogg, "Introduction to the safe patient handling and movement series" *AORN journal*, vol. 93, no. 3, pp. 331-3, Mar, 2011.
- [7] A. Retsas, and J. Pinikahana, "Manual handling activities and injuries among nurses: an Australian hospital study" *Journal of advanced nursing*, vol. 31, no. 4, pp. 875-883, 2000.
- [8] R. Allen, and A. De Stefano, "A data acquisition and analysis system for the biomechanical evaluation of patient moving and transferring equipment and procedures" *Journal of medical engineering & technology*, vol. 31, no. 1, pp. 14-23, Jan-Feb, 2007.
- [9] R. F. Edlich, K. L. Winters, M. A. Hudson *et al.*, "Prevention of disabling back injuries in nurses by the use of mechanical patient lift systems" *Journal of long-term effects of medical implants*, vol. 14, no. 6, pp. 521-33, 2004.