

مواد ترموپلاستیک در ساخت ارتوزها، مروری بر مقالات

چکیده

محمدتقی کریمی^{*}،
مهسا کاویانی بروجنی^۱

۱. مرکز تحقیقات اختلالات اسکلتی عضلانی،
دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.

دریافت: ۱۳۹۵/۶/۲۵ پذیرش: ۱۳۹۶/۹/۲۹

هدف: استفاده از وسایل کمکی که تحت نام کلی ارتوز از آن‌ها نام برده می‌شود در درمان ضایعات اسکلتی عضلانی بسیار متداول می‌باشد. استفاده از مواد ترموپلاستیک در این زمینه از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. در این مقاله سعی شده است انواع مختلف این مواد معرفی و خصوصیات آن‌ها ذکر گردد.

روش‌ها: جستجوی وسیعی در پایگاه‌های اطلاعاتی مختلف که شامل Google Scholar, Scopus, ISI Web of Knowledge, Pubmed بود با کلیدواژه‌هایی همچون مواد ترموپلاستیکی، ارتوز، بریس صورت گرفت. مواد ترموپلاستیکی بر اساس نقطه ذوب و موارد کاربرد دسته‌بندی شدند.

یافته‌ها: به‌طور کلی مواد ترموپلاستیک موجود بر اساس نقطه ذوب و فرم پذیری به سه دسته کلی مواد فرم پذیر بدون نیاز به حرارت دادن، مواد فرم پذیر در دمای پایین و مواد فرم پذیر در دمای بالا دسته‌بندی می‌شوند. بر اساس میزان استحکام و چگالی نیز تقسیم‌بندی دیگری بر اساس موارد کاربرد وجود دارد.

نتیجه‌گیری: با توجه به اینکه انواع مختلف مواد ترموپلاستیک در ساخت ارتوزها وجود دارد شناسایی مواد کاربرد از اهمیت بسیاری برخوردار می‌باشد. توصیه می‌گردد انتخاب مناسب این مواد بر اساس خصوصیات مکانیکی مواد و دوام و فرم پذیری آن‌ها انجام گیرد.

کلید واژگان: مواد ترموپلاستیک، ارتوز، خصوصیات مواد ترموپلاستیکی.

* نویسنده مسئول: مرکز تحقیقات اختلالات اسکلتی عضلانی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.

تلفن: ۰۹۳۹۰۱۹۹۵۷۶

E-mail:

mohammad.karimi.bioengineering@gmail.com

مقدمه

۱) بالا بردن کارایی و عملکرد اندام‌ها به‌ویژه در ضایعات فلج عضلات
۲) اصلاح ساختار و ایمنی عضو
۳) محافظت از عضو آسیب‌دیده قبل و یا بعد از عمل جراحی
وسایل کمکی ارتوپدی که تحت عنوان کلی ارتوز از آن‌ها نام برده می‌شود از مواد مختلف ساخته می‌شوند که برحسب عملکرد ممکن است شامل مواد فلزی (آلیاژهای فولاد، آلومینیوم، تیتان و...) و یا مواد پلاستیکی و غیره می‌باشد (۲). در نسل جدید ارتوزها استفاده از مواد پلاستیکی بسیار

درمان بیماری‌ها و ناهنجاری‌های اسکلتی عضلانی مستلزم استفاده از راهکارهای مختلف درمانی می‌باشد که بسته به نوع ضایعه شامل استفاده از دارو، تمرین درمانی، وسایل کمکی و بعضاً عمل جراحی می‌باشد. در این بین استفاده از وسایل کمکی نقش بسیار مهم و اساسی داشته که ممکن است جهت اهداف زیر تجویز گردند (۱-۳):

موارد کاربرد مورد ارزیابی واقع شد. با توجه به اینکه ماهیت اصلی این مقاله معرفی مواد پلاستیکی (ورق‌های ترموپلاستیک) موجود جهت ساخت بریس‌ها بوده لذا هیچ‌گونه بررسی از لحاظ کیفیت مقالات (Quality assessment) صورت نگرفت و صرفاً هدف اصلی این مقاله معرفی انواع ورقه‌های ترموپلاستیک، خصوصیات آن‌ها و معرفی موارد کاربرد آن‌ها با اشاره به ساختار تشکیل دهنده بود.

نتایج

در مجموع در این تحقیق ۱۰ مقاله مرتبط از بین ۲۰ مقاله انتخاب گردید که در راستای کلمات کلیدی انتخاب شده بودند. در بسیاری از مقالات دریافت شده متریک ساخت اسپینت معرفی شده بود که تلاش گردید متریک موجود را بر اساس موارد کاربرد، خصوصیات فیزیکی دسته‌بندی نمود. اساساً مواد موجود در ساخت ارتوز به سه دسته کلی تقسیم می‌شوند که شامل مواد فرم پذیر بدون دما، مواد فرم پذیر در دمای پایین و مواد فرم پذیر در دمای بالا می‌باشند. مواد فرم پذیر بدون دما شامل چسب‌های مورد استفاده برای ورزشکاران می‌باشد. باندهای گچی و فایبرگلاس نیز جزو این گروه به حساب می‌آیند. مواد فرم پذیر در دمای پایین اساساً برای ساخت اسپینت‌های اندام فوقانی و یا ارتوزهایی که احتیاج به استحکام بالایی ندارند استفاده می‌شود. مواد فرم پذیر در دمای پایین بر اساس مواد اضافه شده به آن‌ها که شامل فیلرها، پلاستیکیزرها، لابرینکت‌ها و مواد رنگی افزوده شده خصوصیات مختلفی خواهند داشت (۴-۶). مواد فرم پذیر در دمای بالا برای ارتوزهای ستون فقرات و اندام تحتانی که احتیاج به استحکام بالایی دارند استفاده می‌شوند (۶). مواد فرم پذیر بدون حرارت: یک نمونه مهم از این مواد شامل انواع چسب‌هایی می‌باشد که برای ورزشکاران استفاده می‌شود. اساساً باندهای گچی، باندهای فایبرگلاس نیز جز این دسته از مواد به حساب می‌آیند (۷).

۸. جدول ۱ خصوصیات این مواد را نشان می‌دهد. مواد فرم پذیر در دمای پایین: همان‌طور که شرح داده شد خصوصیات این مواد بر اساس مواد اضافه شده متفاوت می‌باشد ولی یک سری خصوصیات کلی را بایستی مدنظر قرار داد که شامل: سختی مواد، حافظه مواد، پوشش مواد، قابلیت چسبندگی مواد، قابلیت فرم پذیری، مقاومت به کشش، دمای فرم پذیری، ضخامت و زمان فرم پذیری می‌باشد (۴، ۵). جدول ۲ بعضی خصوصیات مواد فرم پذیر در دمای پایین را نشان می‌دهد.

رایج شده است و اساساً در جهت پدید آوردن اهداف زیر مورد استفاده قرار می‌گیرند:

- ۱) ساخت سریع و آسان ارتوزها
- ۲) راحتی در استفاده و پوشیدن ارتوزها
- ۳) راحتی در تغییر و تنظیم ارتوزها به دنبال پیشرفت و بهبود عملکرد بیمار

انتخاب متریک و مواد مناسب جهت ساخت ارتوز از اهمیت بسزایی برخوردار است و اساساً در انتخاب مواد پلاستیکی مواردی همچون الاستیسیته، حافظه مواد، مدت زمان سرد شدن و شکل گرفتن، دوام، میزان استحکام، میزان جمع شدگی و میزان سختی متریک مدنظر قرار می‌گیرد (۱). اساساً در این بین بایستی به زیبایی ارتوز نیز توجه خاص معطوف داشت چرا که اگر ارتوز ظرافت و زیبایی خاصی را نداشته باشد، شخص علی‌رغم مشکل موجود از آن استفاده نخواهد کرد. در زیبایی قطعات ارتوزی ساخته شده توجه به رنگ، ضخامت و سفتی پلاستیک به کار گرفته شده از اهمیت بسزایی برخوردار می‌باشد (۴، ۵). متأسفانه فاکتورهای انتخاب مناسب و بهینه مواد پلاستیکی (ورقه‌های پلاستیکی) در ساخت ارتوزها توسط متخصصین ارتوپدی فنی به صورت بهینه مدنظر قرار نمی‌گیرد که علت اصلی آن عدم آشنایی با مواد پلاستیکی موجود در ساخت ارتوزها، خصوصیات مکانیکی آن‌ها و موارد استفاده از آن‌ها می‌باشد. لذا هدف اصلی نگارش این مقاله معرفی مواد پلاستیکی (ورقه‌های ترموپلاستیکی) موجود در ساخت ارتوزها با تکیه بر موارد کاربرد و خصوصیات مکانیکی آن‌ها می‌باشد تا بدین ترتیب بتوان متخصصین ارتوپدی فنی را در مورد انتخاب مناسب مواد مذکور راهنمایی و در نهایت به استفاده مناسب‌تر و کاراتر ارتوزها کمک کرد.

روش شناسی

در پایگاه‌های اطلاعاتی ISI web of knowledge، PubMed، Scopus، Scholar، Google با واژه‌های کلیدی splint و Thermoplastic sheet، Orthosis به بررسی مقالات موجود در این زمینه پرداخته شد. جستجوی مورد نظر در بازه زمانی ۲۰۱۶-۱۹۶۰ صورت پذیرفت. در بررسی اولیه از مقالات موجود، مقالات بر اساس عنوان و اینکه سؤال اصلی تحقیق را که شامل خصوصیات مواد پلاستیکی مورد استفاده در ارتوزها و بریس‌ها بود را پوشش داده باشد انتخاب گشته و در بررسی ثانویه مقالات، محتوای اصل مقالات مورد بررسی قرار گرفت و خصوصیات مکانیکی مواد پلاستیکی،

جدول ۱.

تقسیم‌بندی کلی مواد مورد استفاده در ساخت ارتوز و پروتز

نیاز به دمای بالا (۱۷۷-۱۴۹ درجه سانتی‌گراد)	نیاز به دمای متوسط (۱۰۷-۷۷ درجه سانتی‌گراد)	نیاز به دمای پایین (۷۷-۶۰ درجه سانتی‌گراد)	مواد بی‌نیاز به گرما یا لایه‌لایه
رویالیت (Royalite)	بیوپلاستیک	موادی با زمینه لاستیک (Rubber-based)	جیپسون یا باند گچی
پلاستوزوت (plastrozote)	وینیل فشرده	Ezeform - - ارتوپلاست	- نوار گچی - کوبان
کایدکس (kydex)		موادی با زمینه پلاستیک و لاستیک (Plastic-Rubber based)	موادی با زمینه فایبرگلاس
نایلوپلاکس (Nylpplex)			Scotchcast soft cast - Scotchcast plus -
نیکل پلاست (Nickelplast)		Polyflex - NCM preferred -	نوار سیلیکونی
		موادی با زمینه پلاستیک (plastic based)	RTV-11 - 3110-RTV -
		- ارتوپلاست	Core cast liner
		- پلی فورم	پلیمر ویسکو الاستیک
		موادی با زمینه الاستیک (Elastic based)	Neofrakt
		Aquaplast treated - Orfit soft -	

جدول ۲.

برخی از خصوصیات مواد فرم پذیر بدون دما و فرم پذیر در دمای پایین

زمان (دقیقه)	نوع عملکرد	توصیف	ماده
ندارد	کشیدن، قیچی کردن و سپس به کار بردن.	چسب پنبه‌ای	Tape
۴-۶ دقیقه	در آب با دمای اتاق (۲۴-۲۱) غوطه‌ور شود.	پارچه بافته شده‌ی فایبرگلاس که با رزین پلی یورتان ترکیب شده است.	- فایبرگلاس Scotchcast soft cast -
متغیر است.	عامل کاتالیزور به زمینه‌ی مواد اضافه شود.	باند سیلیکونی دو قسمتی با زمینه‌ی مایع	باند سیلیکونی RTV 11 or 3110 RTV -
۳-۵ دقیقه	در ظرفی حاوی آب با دمای ۶۰-۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱-۲ دقیقه غوطه‌ور شود.	ماده‌ی پلی‌ایزوپرن با مقادیر متغیر فیلر ترکیب شده است.	ترموپلاستیک فرم پذیر در دمای پایین - با زمینه لاستیک (rubber based)
۳-۵ دقیقه	در ظرفی حاوی آب با دمای ۶۰-۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱-۲ دقیقه غوطه‌ور شود.	پلی‌کاپرولاکتون با مقداری ثبات دهنده و اصلاح‌کننده ترکیب شده است.	- با زمینه الاستیک (Elastic based)

مواد فرم پذیر در دمای بالا:

دانشیته به دو نوع کلی تقسیم می‌شوند که شامل پلی اتیلن با دانشیته بالا (Thermolyn RcH500) و پلی اتیلن با دانشیته پایین (Thermolyn PE ۲۰۰) می‌باشند.
 ۳) Kydex: از پلاستیک‌های با دانشیته بالا می‌باشد که بر روی فوم‌های نرم کشیده می‌شود. از خصوصیات مهم آن این است که می‌توان آن را بارها حرارت داد و فرم دهی نمود.
 ۴) Nyloplex: اساساً برای ارتوزهای اندام فوقانی استفاده می‌شود. گاهی ممکن است برای ارتوزهای ستون فقرات نیز به کار برده شود.
 تقسیم‌بندی دیگری نیز برای پلی پروپیلن ذکر شده است که شامل پلی پروپیلن با گرید استاندارد (Polypropylene-standard grade) می‌باشد

۱) پلی پروپیلن: اساساً پلاستیک‌های پلی پروپیلن جزء پلاستیک‌های Polyolefin می‌باشند و به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند که شامل Thermolyn polypropylen و Thermolyn polypropylene homopolymer و copolymer می‌باشد.
 تقسیم‌بندی دیگری نیز برای پلاستیک‌های با پایه پلی پروپیلن موجود است که شامل پلی پروپیلن Standard grade و Orthopedic grade می‌باشد.
 جدول ۳ انواع مختلف پلی پروپیلن، خصوصیات و موارد کاربرد آن‌ها را نشان می‌دهد.
 ۲) ورقه‌های ترمو پلاستیک پلی اتیلن: ورقه‌های پلی اتیلن نیز بر اساس

فرم می‌گیرند. این مواد بعد از سرد شدن کریستاله می‌شوند و کریستاله یا شیشه‌ای شدن در دمای پایین ۲۹۰ درجه فارنهایت شروع می‌شود و نقش بسیار مهم و اساسی را در استحکام نهایی ارتوز ساخته شده خواهد داشت. جدول ۴ دمای فرم‌پذیری مواد ترموپلاستیک و دمای کریستاله شدن آن‌ها را نشان می‌دهد.

برای فرم‌پذیری توجه به نکات زیر از اهمیت بالایی برخوردار است و زمانی که پروسه ساخت به صورت *vacuum forming* باشد از اهمیت بیشتری برخوردار می‌گردد. (۱) بایستی قالب پوزیتوو گرم باشد (۲) ورق ترموپلاستیک به دمای فرم‌پذیری مطلوب رسیده باشد (۳) به سرعت بر روی قالب پوزیتوو فرم داده و *vacuum* شود.

نکته‌ای که متأسفانه در فرایند ساخت کمتر مدنظر قرار می‌گیرد گرم بودن قالب پوزیتوو می‌باشد، چرا که باعث می‌شود ورق به سرعت سرد نشود و کمتر کریستاله می‌شود و در نتیجه استحکام قطعه ساخته شده بیشتر خواهد بود. باید توجه داشت که سریع سرد شدن پلاستیک و شکست گرمایی حاصله باعث پدیدار شدن شکست‌ها و استرس‌های داخلی در قطعه می‌گردد که نهایتاً باعث شکستگی قطعه خواهد شد.

پس بایستی دقت کافی کرد که قالب پوزیتوو و پلاستیک روی آن به آرامی سرد گردد. نکته اساسی دیگر آن است که هرگز نباید قالب پوزیتوو خیس را حرارت داد، چرا که بخار آب تولید شده باعث شکستگی قالب و حتی بزرگ شدن آن می‌شود.

در مورد مواد فرم‌پذیر در دمای پایین انتخاب مناسب متریال از اهمیت خارق‌العاده‌ای برخوردار است و خصوصیات خاص آن‌ها باید مدنظر قرار بگیرد. چرا که بعضی از آن‌ها دوام پایین داشته و تنها برای یک مدت زمان محدود قابلیت استفاده دارند. خصوصیات مهمی که در این زمینه باید مدنظر قرار بگیرند شامل موارد زیر است:

(۱) *density*: در واقع همان چگالی مواد ترموپلاستیک می‌باشد. با توجه به اینکه مواد بایستی تا حد امکان سبک باشد تلاش می‌گردد از مواد با دانسیته پایین استفاده گردد.

(۲) سفتی و استحکام (*strength and rigidity*)

(۳) *comfortability*: میزان راحتی اسپلینت ساخته شده به طوری که اسپلینت بر روی مناطق آناتومیکی فشار مضاعف اعمال نکند.

(۴) چسبندگی لبه‌ها به هم (*self-adherence*): قابلیت چسبندگی لبه‌های ورق را به هم گویند.

(۵) استحکام (*durability*): قابلیت ورق ترموپلاستیک در جذب نیروهای تکرارپذیر را گویند.

که محکم‌ترین ترموپلاستیک موجود است.

Polypropylene orthopedic Grade: مشابه پلی‌پروپیلن استاندارد است ولی برخی مواد به آن اضافه شده‌اند که باعث نرم‌تر شدن و انعطاف‌پذیر شدن و دوام بالایی آن شده است.

(۵) **Vitra thene sheet**: نوع خاصی از پلی‌اتیلن است که نسبت به پلی‌اتیلن با دانسیته پایین استحکام بالاتری دارد.

(۶) **(Thermo-Vac (Surlyn)**: از ورق‌های ترموپلاستیک شفاف می‌باشد که اساساً برای چک سوکت پروتز کاربرد دارد.

(۷) **Lexao**: از مواد چک سوکت، شفاف با استحکام بسیار بالا می‌باشد. دوام بالایی ندارد و فقط می‌توان به صورت موقت آن‌ها به کار برد.

(۸) **Nyloplex**: از مواد با دانسیته بالا می‌باشد که عمدتاً برای ارتوزهای اندام فوقانی به کار می‌رود. این ماده ترموپلاستیک زیبا و شفاف بوده و استحکام بسیار بالایی دارد. این ماده ترموپلاستیک بیشتر در ساخت **AFO Spiral and Semispiral** به کار می‌رود.

بحث

متخصصین ارتوپدی فنی در حیطه عملکرد خود همواره با یک سؤال اساسی روبرو هستند و آن این است که اساساً آیا از مواد ترموپلاستیک در ساخت قطعات ارتوزی و پروتزی استفاده کنند یا خیر و یا اینکه کدام یک از این مواد را به کار برند. به طور کلی باید این نکته را مدنظر قرار داد که بسته به نوع قطعات ارتوزی و یا پروتزی که ساخته می‌شوند برخی از مواد پلاستیکی از کارایی بالاتری برخوردار هستند و حال مشکل اصلی این است که انتخاب مواد مناسب در بیشتر اوقات بر اساس تجربه متخصص ارتوپدی فنی صورت می‌گیرد که در بعضی مواقع ممکن است بر اساس دانش عمیق از خصوصیات مواد پلاستیک همراه نباشد. بدین ترتیب معرفی خصوصیات مواد پلاستیک و پیشنهاد موارد کاربرد آن‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است.

برخی خصوصیات مکانیکی مواد ترموپلاستیک توسط تست‌های زیر مشخص می‌گردد که عبارت‌اند از: ۱- تست **Tensile test** ۲- تست **Harness** ۳- تست مقاومت در برابر ضربه (**Impact test**) ۴- تست **Creep relaxation**. میزان استحکام مکانیکی ورق‌های ترموپلاستیک مورد استفاده در ارتوپدی فنی بر اساس تست‌های مکانیکی است که در رفرنس‌ها وجود دارد و نکته اساسی که بایستی مدنظر قرار گیرد این است که مواد ترموپلاستیک فرم‌پذیر در دمای بالای ۳۲۰ درجه فارنهایت

۲ orthoplast و پلی فوم می باشند. راحتی بالا ولی خاصیت چسبندگی پایینی دارند و سختی این مواد نیز پایین می باشد. نکته اساسی دیگری که باید مدنظر قرار داد ضخامت مواد مورد استفاده می باشد. ضخامت مواد ترموپلاستیک دمای پایین بین ۱/۶ تا ۴/۸ میلی متر متفاوت می باشد. به طور کلی می توان گفت ضخامت ۱/۶ میلی متر برای ساخت اسپلینت های انگشتان مناسب می باشد و ضخامت ۳/۲ میلی متر برای اسپلینت های دست و مچ کاربرد دارد.

نتیجه گیری نهایی

انتخاب مناسب مواد در ساخت ارتوزها و وسایل کمکی از اهمیت بسزایی برخوردار است. اساساً بهتر است این مواد را بر اساس میزان محدودیت حرکتی مورد نیاز، میزان شدت ضایعه و مدت زمان لازم جهت ایجاد محدودیت حرکتی تقسیم بندی نمود. بر این اساس مواد ساخت ارتوز به سه دسته فرم پذیر بدون حرارت، مواد فرم پذیر در دمای پایین و مواد فرم پذیر در دمای بالا تقسیم بندی نمود. بدین ترتیب پیشنهاد می گردد متخصصین ساخت ارتوز بر اساس ملاک های شرح داده شده در بالا به انتخاب مناسب مواد اقدام نمود.

۶) راحتی در استفاده (Easy of fabrication)

۷) هزینه و در دسترس بودن (cost and availability)

مواد و پلاستیک های موجود در ساخت اسپلینت ها را می توان به سه دسته کلی تقسیم بندی نمود که عبارت اند از: ۱) مواد بدون نیاز به حرارت برای فرم پذیری (No heat or layered material) ۲) مواد فرم پذیر در دمای پایین ۳) مواد فرم پذیر در دمای متوسط ۴) مواد فرم پذیر در دمای بالا.

مواد گروه اول شامل Tape، باند گچی، Fiberglass می باشند. مواد ترموپلاستیک فرم پذیر در دمای پایین شامل لاستیک ها و مواد الاستیک می باشند که شامل ورق هایی می باشند که پایه اصلی آن ها شامل polyisoprene و polycaprolactone می باشند که مواد مختلفی به آن ها اضافه شده است. از گروه rubber می توان به Ezeform و orthoplast اشاره کرد. این مواد از دانسته پایینی برخوردارند، قابلیت چسبندگی دارند و سختی نسبی خواهند داشت.

دسته دوم این مواد تحت عنوان plastic-rubber like شناخته می شوند که شامل موادی همچون polyflex ۲ و NCM preferred می باشند. این مواد راحتی نسبی داشته و تا حدی خاصیت چسبندگی و سفتی نسبتاً پایینی دارند.

دسته سوم از این مواد شبه پلاستیکی می باشند که شامل موادی همچون

جدول ۳.

خصوصیات انواع مختلف ورق های پلی پروپیلن مورد استفاده در ساخت ارتوزها

نوع ماده	خصوصیات	دمای فرم پذیری	موارد کاربرد
پلی پروپیلن Standard Grade	از استحکام و دوام بسیار بالایی برخوردار است. در بین ورق های ترموپلاستیک از بیشترین استحکام برخوردار است و بر روی قالب پوزیتیو فرم داده می شود.	۴۲۵-۴۰۰ درجه فارنهایت به مدت ۸ تا ۱۰ دقیقه حرارت داده می شود.	در ساخت انواع مختلف ارتوزها با دوام بالا کاربرد دارد. اساساً برای ساخت ارتوزهایی که برای مدت طولانی استفاده می شوند کاربرد دارد شامل CTLSO, TLSO, KAFO
پلی پروپیلن Copolymer	از انعطاف پذیری بیشتری نسبت نوع استاندارد برخوردار است. از استحکام بالا، وزن پایین و زیبایی منحصر به فرد برخوردار است.	۴۲۵-۴۰۰ درجه فارنهایت به مدت ۸ تا ۱۰ دقیقه حرارت داده می شود.	برای ساخت ارتوزهایی که به صورت مداوم استفاده می شود کاربرد دارد (ارتوزهایی که بعد از فلج مفاصل به کار برده می شود).
پلی پروپیلن Orthopedic grade	از انعطاف پذیری بیشتری نسبت به نمونه های دیگر برخوردار است. قابلیت چسبندگی خوبی به فوم های نرم به صورت ساکشن دارد. (در مقایسه با گرید استاندارد مقاداری Butyrate می باشد).	۴۲۵-۴۰۰ درجه فارنهایت به مدت ۸ تا ۱۰ دقیقه حرارت داده می شود.	در ساخت ارتوزهای مختلف به ویژه در ساخت AFO, KAFO, TLSO, EWHO, WHO و LSO کاربرد دارد.

جدول ۴.

خصوصیات و نقطه فرم پذیری بعضی از مواد ترموپلاستیک مورد استفاده در ساخت ارتوزها

نوع ماده	خصوصیات	دمای فرم پذیری	موارد کاربرد
Lexan	آب دوست می باشد، قابلیت استحکام کششی بالایی دارد، از پلی کربنات ساخته شده است، مقاومت بالایی به ضربه دارد. بر روی قالب با ساکشن فرم داده می شود. ضخامت آن $\frac{1}{2}$ اینچ می باشد.	۴۵۰-۴۰۰ درجه فارنهایت به مدت ۱۰ تا ۲۰ دقیقه	در ساخت چک سوکت کاربرد دارد.
Kydex	برای ایجاد استحکام به روی فوم های نرم کشیده می شود. می توان آن را به دفعات حرارت داد و بر روی قالب فرم داد. Acrylic polyvinyl chloride ساخته شده و استحکام فرسایشی بالایی دارد.	۴۰۰-۳۵۰ درجه فارنهایت در عرض چند ثانیه فرم پذیر خواهد بود.	بیشتر جهت ساخت ارتوزهای ستون فقرات به ویژه کلاره های گردنی به کار می رود. در ساخت ارتوزهای اندام فوقانی هم کاربرد دارد.
Nyloplex	مشابه کایدکس می توان به دفعات آن را حرارت داد و بر روی قالب فرم داد. شفاف بوده و استحکام بالایی دارد.	۳۰۰-۲۸۵ درجه فارنهایت یا به مدت دو ساعت در دمای ۹۰ درجه سانتی گراد حرارت داده می شود.	در ساخت انواع خاص AFO شامل spiral و hemispiral و نیز ارتوزهای اندام فوقانی کاربرد دارد.
ارتوپلاست (orthoplast)	از جمله مواد ترموپلاستیک فرم پذیر در دمای پایین می باشد. فرم پذیری راحت، استحکام بالا، چسبندگی لبه ها به هم از خصوصیات آن می باشد. دوام آن به مدت یک سال می باشد. با حرارت خشک و یا آب گرم فرم می گیرد. ضخامت $\frac{1}{8}$ اینچ دارد	۱۷۰-۱۴۰ درجه فارنهایت بر روی قالب پوزیتوو یا اندام بیمار کشیده می شود.	اسپلینت اندام ها، باسکت ارتوز میلوکی، ارتوزهای ستون فقرات

جدول ۵.

خصوصیات و نقطه فرم پذیری بعضی از مواد ترموپلاستیک مورد استفاده در ساخت ارتوزها

نوع ماده	خصوصیات	دمای فرم پذیری	موارد کاربرد
ارتولن (ortholen)	انعطاف پذیری مطلوبی دارد. بادوام و محکم است. مقاومت به فرسایش بالایی دارد. قابلیت جذب نیروهای پیچشی و چرخشی را ندارند. در ضخامت های ۶-۱ میلی متر وجود دارند. قابلیت ساکشن را ندارند.	۳۵۶ درجه فارنهایت به مدت ۳ تا ۵ دقیقه	برای ساخت ارتوزهای AFO منعطف و یا ساخت WHO
Vithrathane	اساساً از پلی اتیلن ساخته شده است. حساسیت خاصی برای استفاده کننده پدید نمی آورد. ضخامت $\frac{1}{4}$ تا $\frac{1}{8}$ اینچ را دارا می باشد.	۳۵۰ تا ۳۷۵ درجه فارنهایت و به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه	TLSO و میلوکی و ارتوزهایی که برای شکستگی اندام فوقانی تجویز می گردد.
Polyethylene	انعطاف پذیری خوبی دارد. ایجاد حساسیت پوستی نمی کند. ضخامت آن بین $\frac{1}{4}$ تا $\frac{1}{8}$ اینچ می باشد.	۳۵۰ درجه فارنهایت، به مدت ۷ تا ۱۵ دقیقه حرارت داده شود.	TLSO و باسکت ارتوز میلوکی و ارتوزهایی که برای شکستگی اندام تحتانی تجویز می گردد.
Thermo-vac	شفاف می باشد، از مواد ترموپلاستیک می باشد، مقاومت کششی بالایی دارد. در مواردی که استرس های زیادی بر آن ها وارد می شود کاربرد ندارد. قابلیت فرم پذیری با ساکشن را دارد. در ضخامت های $\frac{1}{8}$ تا $\frac{3}{8}$ اینچ وجود دارد.	۳۰۰-۲۵۰ درجه فارنهایت. به مدت ۵ دقیقه حرارت داده می شود.	TLSO, WHO, AFO, CHECK SOCKET

References

1. American Academy of Orthopaedic Surgeons. Atlas of orthotics. 10. 2nd. ed. St. Louis, Mo.: Mosby; 1985. 199-237.
2. Rose GK. Orthotics : principles and practice: Heinemann; 1986.
3. Rose J, Gamble JG. Human walking. 3rd ed. ed. Philadelphia, Pa. ; London: Lippincott Williams & Wilkins; 2006. xiii, 234 p. p.
4. Canelon MF. Material properties: a factor in the selection and application of splinting materials for athletic wrist and hand injuries. The Journal of orthopaedic and sports physical therapy. 1995; 164(4):72.
5. Breger-Lee DE, Buford WL. Properties of Thermoplastic Splinting Materials. Journal of Hand Therapy. 1992;5(4):202-11.
6. Groth GN, Kamwesiga J. Splinting materials old and new. Journal of Hand Therapy.2006;15(2):202-4.
7. Rowley DI, Pratt D, Powell ES, Norris SH, Duckworth T. The comparative properties of plaster of Paris and plaster of Paris substitutes. Archives of orthopaedic and traumatic surgery Archiv fur orthopadische und Unfall-Chirurgie. 1985;103(6):402-7.
8. Bowker P, Powell ES. A clinical evaluation of plaster-of-Paris and eight synthetic fracture splinting materials. Injury. 1992;23(1):13-20.

Thermo-plastic Materials in the Manufacture of Orthoses: A Review of Literature

Mohammad Taghi Karimi^{1*},
Mahsa Kavyani Broujeni¹

*1. Research Center of Muscu-
loskeletal Disorders, Isfahan
University of Medical Sciences,
Isfahan, Iran.*

Abstract

Received: Sep 15, 2016 Accepted: Dec. 20, 2017

Objective: Using support devices generally known as orthoses is common in curing skeletal-muscular deformities and in so doing, application of thermoplastic materials is of great important. The present work considers the various types of such materials and describes their characteristics.

Methods: In conducting the study, major scientific data bases including ISI web of knowledge, Scopus, Google Scholar and PubMed were searched for keywords such as thermoplastic materials, orthosis, and face braces. Moreover, thermoplastic materials were classified based on their melting point and their formability.

Results: On the whole, thermoplastic materials can be classified into three main classes involving no-heat moldable, low-head moldable and high-head moldable materials.

Conclusion: As different types of thermoplastic materials are used in making orthoses, identifying their applications is of utmost importance. The study suggests that the choice of such materials needs to be done based on their mechanical features, their durability and their mold ability.

Keywords: Thermoplastic Materials, Orthosis, Features of Thermoplastic Materials

* Corresponding author:
Research Center of Musculoskeletal
Disorders, Isfahan University of Medical
Sciences, Isfahan, Iran.
Tel: 09390199576
Email:
mohammad.karimi.bioengineering@
gmail.com

آقای دکتر محمد تقی کریمی، متولد ۱۳۵۷ شهر
آباده استان فارس، دارای مدرک دکتری تخصصی
در رشته Bioengineering از دانشگاه استراسکلاید
شهر گلاسکو انگلستان (۲۰۱۰)، وی عضو بنیاد
ملی نخبگان ایران، دانشیار گروه آموزشی ارتوپدی



فنی، عضو مرکز اختلالات اسکلتی عضلانی و مدرس دروس بیومکانیک
اندام تحتانی، بیومکانیک اندام فوقانی، بیومکانیک ستون مهره، ارتوز
پیشرفته در مقطع کارشناسی ارشد در دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه
علوم پزشکی اصفهان می باشد. زمینه تحقیقاتی ایشان طراحی ارتوز و
پروتز برای افراد ناتوان، ارزیابی عملکرد افراد دارای اختلالات عضلانی
اسکلتی، راه رفتن، تعادل و تحلیل مصرف انرژی و مدل سازی سیستم
عصبی عضلانی می باشد. ایشان دارای ۶۵ مقاله ISI چاپ شده در مجلات
بین المللی و ۱۷ مقاله علمی-پژوهشی می باشد.