

مقاله در دست چاپ

مواد ترموپلاستیک در ساخت ارتوزها، مروری بر مقالات

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

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

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

ایران.

تلفن: ۰۹۳۹۰۱۹۹۵۷۶، ایمیل: mohammad.karimi.bioengineering@gmail.com

دریافت: ۹۵/۶/۲۵ پذیرش: ۹۶/۹/۲۹

Thermo-plastic materials in the manufacture of orthoses: A review a review of literature

Mohammad Taghi Karimi¹, Mahsa Kavyani Broujeni²

1- Research Center of Musculoskeletal Disorders, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.

** Corresponding author: Research Center of Musculoskeletal Disorders, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.*

تلفن: ۰۹۳۹۰۱۹۹۵۷۶، ایمیل: mohammad.karimi.bioengineering@gmail.com

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

مقاله در دست چاپ

چکیده:

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، بريس 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 موارد 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

مقاله در دست چاپ

مقدمه:

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):

(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 رایج شده است و اساساً در جهت پدیدآوردن 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 متریال 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،

مقاله در دست چاپ

میزان جمع شدگی و میزان سختی متریال 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.

روش‌ها:

در پایگاه‌های اطلاعاتی ISI web of knowledge، PubMed، Scopus، Google Scholar با واژه‌های کلیدی Orthosis، Thermoplastic sheet و splint 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، 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

مقاله در دست چاپ

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 متریال ساخت اسپیلنت معرفی شده بود که تلاش گردید متریال 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 اسپیلنت‌های 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.

مقاله در دست چاپ

مواد فرم پذیر در دمای پایین: همان طور که شرح داده شد خصوصیات این مواد بر اساس مواد اضافه شده متفاوت می باشد 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 می باشد (۴، ۵). جدول ۲ بعضی خصوصیات مواد فرم پذیر در دمای پایین را نشان می دهد.

جدول ۱.

تقسیم بندی کلی مواد مورد استفاده در ساخت ارتوز و پروتز

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

مقاله در دست چاپ

مواد فرم پذیر در دمای بالا:

(۱) پلی پروپیلن: اساساً پلاستیک‌های پلی پروپیلن جزء پلاستیک‌های Polyolefin می‌باشند و به دو دسته کلی

تقسیم می‌شوند که شامل Thermolyn و Thermolyn polypropylene homopolymer

polypropylen 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.

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 ○ فایبرگلاس
۴-۶ دقیقه	در آب با دمای اتاق (۲۴-۲۱) غوطه‌ور شود.	پارچه بافته‌شده پلی پروپیلن که با رزین پلی یورتان ترکیب شده است.	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 پلی ایزوپرن با مقادیر متغیر فیلر ترکیب شده است.	○ با زمینه لاستیک (rubber based) ○ با زمینه الاستیک (Elastic based)
۳-۵ دقیقه	○ در ظرفی حاوی آب با دمای ۶۰-۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱-۲ دقیقه غوطه‌ور شود.	○ پلی کاپرولاکتون با مقداری ثبات دهنده و اصلاح‌کننده ترکیب شده است.	

مقاله در دست چاپ

۲) ورقه‌های ترمو پلاستیک پلی اتیلن: ورقه‌های پلی اتیلن نیز بر اساس دانسیته به دو نوع کلی تقسیم می‌شوند که

شامل پلی اتیلن با دانسیته بالا (Thermolyn RcH500) و پلی اتیلن با دانسیته پایین (Thermolyn)

PE 200) می‌باشند.

۳) **Kydex**: از پلاستیک‌های با دانسیته 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 که محکم‌ترین ترموپلاستیک موجود است.

Polypropylene orthopedic Grade: مشابه پلی پروپیلن استاندارد است ولی برخی مواد به آن اضافه

شده‌اند که باعث نرم‌تر شدن و انعطاف پذیر شدن و دوام بالای آن شده است.

۵) **Vitra thene sheet**: نوع خاصی از پلی اتیلن است که نسبت به پلی اتیلن 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.

مقاله در دست چاپ

۸) Nyloplex : از مواد با دانسیته بالا می باشد که عمدتاً برای ارتوزهای اندام فوقانی به کار می رود. این ماده ترموپلاستیک زیبا و شفاف بوده و استحکام بسیار بالائی دارد. این ماده ترموپلاستیک بیشتر در ساخت AFO Spiral and Semispiral به کار می رود.

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 می شوند 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 می گیرد 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 بالائی برخوردار است.

برخی خصوصیات مکانیکی مواد ترموپلاستیک توسط تست های زیر مشخص می گردد که عبارت اند از: ۱- تست Tensile test ۲- تست Harness ۳- تست مقاومت در برابر ضربه (Impact test) ۴- تست Creep relaxation. میزان استحکام مکانیکی ورق های ترموپلاستیک مورد استفاده در ارتوپدی فنی بر اساس تست های مکانیکی است که در رفرنس ها وجود دارد و نکته اساسی که بایستی مدنظر قرار گیرد این است که مواد ترموپلاستیک فرم پذیر در دمای بالای ۳۲۰ درجه فارنهایت فرم می گیرند. این مواد بعد از سرد شدن کریستاله می شوند و کریستاله یا شیشه ای شدن در دمای پایین ۲۹۰ درجه فارنهایت شروع می شود و نقش بسیار مهم و

مقاله در دست چاپ

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:

مقاله در دست چاپ

(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 آناتومیکال 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.

(۶) راحتی در استفاده (Easy of fabrication)

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

مواد و پلاستیک‌های موجود در ساخت اسپلینت‌ها را می‌توان به سه دسته کلی تقسیم‌بندی نمود که عبارت‌اند از:

(۱) مواد بدون نیاز به حرارت برای فرم‌پذیری (No heat or layered material) (۲) مواد فرم‌پذیر در دمای

پایین (۳) مواد فرم‌پذیر در دمای متوسط (۴) مواد فرم‌پذیر در دمای بالا.

مواد گروه اول شامل Tape، باند گچی، Fiberglass می‌باشند. مواد ترموپلاستیک فرم‌پذیر در دمای پایین شامل

لاستیک‌ها و مواد الاستیک می‌باشند که شامل ورق‌هایی می‌باشند که پایه اصلی آنها شامل polyisoprene و

polycaprolactone می‌باشند که مواد مختلفی به آنها اضافه شده است. از گروه rubber می‌توان به

Ezeform و orthoplast اشاره کرد. این مواد از دانسیته پایینی برخوردارند، قابلیت چسبندگی دارند و سختی

نسبی خواهند داشت.

مقاله در دست چاپ

دسته دوم این مواد تحت عنوان plastic-rubber like شناخته می‌شوند که شامل موادی همچون polyflex 2 و NCM preferred می‌باشند. این مواد راحتی نسبی داشته و تا حدی خاصیت چسبندگی و سفتی نسبتاً پایینی دارند.

دسته سوم از این مواد شبه پلاستیکی می‌باشند که شامل موادی همچون orthoplast 2 و پلی فوم می‌باشند. راحتی بالا ولی خاصیت چسبندگی پایینی دارند و سختی این مواد نیز پایین می‌باشد.

نکته اساسی دیگری که باید مدنظر قرار داد ضخامت مواد مورد استفاده می‌باشد. ضخامت مواد ترموپلاستیک دمای پایین بین $1/6$ تا $4/8$ میلی‌متر متفاوت می‌باشد. به‌طور کلی می‌توان گفت ضخامت $1/6$ میلی‌متر برای ساخت اسپلینت‌های انگشتان مناسب می‌باشد و ضخامت $3/2$ میلی‌متر برای اسپلینت های دست و مچ کاربرد دارد.

نتیجه‌گیری 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 تقسیم‌بندی 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 تقسیم‌بندی نمود. بدین ترتیب پیشنهاد می‌گردد متخصصین ساخت ارتوز بر اساس ملاک‌های شرح داده شده در بالا به انتخاب مناسب مواد اقدام نمود.

مقاله در دست چاپ

جدول ۳.

خصوصیات انواع مختلف ورق‌های پلی‌پروپیلن مورد استفاده در ساخت ارتوزها

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

جدول ۴.

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

نوع ماده	خصوصیات	دمای فرم پذیری	موارد کاربرد
Lexan	آب دوست می‌باشد، قابلیت استحکام کششی بالایی دارد، از پلی‌کربنات ساخته شده است، مقاومت بالایی به ضربه دارد. بر روی قالب با ساکشن فرم داده می‌شود. ضخامت آن $\frac{1}{2}$ اینچ می‌باشد.	۴۰۰-۴۵۰ درجه فارنهایت به مدت ۱۰ تا ۲۰ دقیقه	در ساخت چک سوکت کاربرد دارد.

مقاله در دست چاپ

Kydex	برای ایجاد استحکام به روی فوم‌های نرم کشیده می‌شود. می‌توان آن را به دفعات حرارت داد و بر روی قالب فرم داد. ساخته شده و استحکام فرسایشی بالایی دارد.	۳۵۰-۴۰۰ درجه فارنهایت در عرض چند ثانیه فرم پذیر خواهد بود.	بیشتر جهت ساخت ارتوزهای ستون فقرات به ویژه کلارهای گردنی به کار می‌رود. در ساخت ارتوزهای اندام فوقانی هم کاربرد دارد.
Nyloplex	مشابه کایدکس می‌توان به دفعات آن را حرارت داد و بر روی قالب فرم داد. شفاف بوده و استحکام بالایی دارد.	۲۸۵-۳۰۰ درجه فارنهایت یا به مدت دو ساعت در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده می‌شود.	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 می‌باشد. فرم پذیری راحت، استحکام بالا، چسبندگی لبه‌ها به هم از خصوصیات آن می‌باشد. دوام آن به مدت یک سال می‌باشد. با حرارت خشک و یا آب گرم فرم می‌گیرد. ضخامت $\frac{1}{8}$ اینچ دارد	۱۴۰-۱۷۰ درجه فارنهایت بر روی قالب پوزیتوو و یا اندام بیمار کشیده می‌شود.	اسپلینت اندام‌ها، باسکت ارتوز میلواکی، ارتوزهای ستون فقرات

مقاله در دست چاپ

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 ضخامت‌های ۱-۶ میلی‌متر 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 پلی‌اتیلن ساخته شده است. حساسیت خاصی برای استفاده‌کننده پدید نمی‌آورد. ضخامت $\frac{1}{4}$ تا $\frac{1}{8}$ اینچ را دارا می‌باشد.	۳۵۰ تا ۳۷۵ درجه فارنهایت و به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه	TLSO و میلوآکی و ارتوزهایی که برای شکستگی اندام فوقانی تجویز می‌گردد.
Polyethylene	انعطاف پذیری خوبی دارد. ایجاد حساسیت پوستی نمی‌کند. ضخامت آن بین $\frac{1}{4}$ تا $\frac{1}{8}$ اینچ می‌باشد.	۳۵۰ درجه فارنهایت، به مدت ۷ تا ۱۵ دقیقه حرارت داده شود.	TLSO و باسکت ارتوز میلوآکی و ارتوزهایی که برای شکستگی اندام تحتانی تجویز می‌گردد.
Thermo-vac	شفاف می‌باشد، مقاومت کششی بالایی دارد، از مواد ترموپلاستیک می‌باشد. در مواردی که استرس‌های زیادی بر آنها وارد می‌شود کاربرد ندارد. قابلیت فرم پذیری با ساکشن را دارد. در ضخامت‌های $\frac{1}{8}$ تا $\frac{3}{8}$ اینچ وجود دارد.	۳۰۰-۲۵۰ درجه فارنهایت. به مدت ۵ دقیقه حرارت داده می‌شود.	TLSO, WHO, AFO, CHECK SOCKET

مقاله در دست چاپ

منابع:

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.

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.

