

ELABORAÇÃO DE INSTRUMENTO PADRONIZADO PARA O TESTE DE MATERIAIS TERMOPLÁSTICOS PARA ÓRTESES

Elaboration of standard instrument for the test of thermoplastic materials for orthoses

Elaboración de instrumento padronizado para la prueba de materiales termoplásticos para órteses

Luciana Bolzan Agnelli Martinez

Docente do Departamento de Terapia Ocupacional da Universidade Federal de São Carlos, UFSCar
Programa de Pós Graduação Interunidades em Bioengenharia EESC/FMRP/IQSC/USP
luagnelli@ufscar.br

Valéria Meirelles Carril Elui

Docente do Curso de Terapia Ocupacional da FMRP da Universidade de São Paulo, USP
Programa de Pós Graduação Interunidades em Bioengenharia EESC/FMRP/IQSC/USP
velui@fmrp.usp.br

Rodrigo Andrade Martinez

Engenheiro de Materiais
rodrigo@iversus.com.br

José Augusto Marcondes Agnelli

Docente do Departamento de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de São Carlos, UFSCar
agnelli@ufscar.br

Resumo

As órteses para os membros superiores devem ser confeccionadas sob medida e se faz necessária uma boa seleção do material. Os termoplásticos de baixa temperatura são os mais utilizados atualmente e suas propriedades devem ser conhecidas e mensuradas adequadamente pelos profissionais da área. O presente estudo teve por objetivo elaborar um protocolo para avaliar, de forma padronizada, algumas propriedades dos materiais termoplásticos de baixa temperatura necessárias na prática clínica. Trata-se de um estudo exploratório, pois envolveu a criação de um instrumento de avaliação, visando a descoberta e o achado. Para que os materiais possam ser avaliados de forma padronizada, possibilitando a comparação e replicação, foi elaborado um instrumento específico para isso, denominado "Manuseio Padronizado de Materiais Termoplásticos para Órteses". Resultados: O instrumento contém cinco propriedades a serem avaliadas: Temperatura de Trabalho, Moldabilidade, Memória, Auto-aderência e Rigidez. O protocolo fornece, para cada um dos itens, a definição técnica, considerações relativas à aplicação na confecção de órteses e a descrição dos testes. Discussão: Na prática clínica as propriedades dos materiais geralmente são verificadas pela percepção do profissional que o manipula. Testes padronizados, como os propostos no presente estudo, são importantes para uma análise precisa dos materiais. Conclusão: Os testes criados para mensurar moldabilidade, memória e auto aderência representam um avanço para a análise e comparação entre materiais existentes no mercado. O instrumento elaborado poderá ser utilizado por profissionais da prática clínica e por pesquisadores que pretendem investigar materiais termoplásticos para essa finalidade.

Palavras-chaves: Aparelhos ortopédicos, Teste de materiais, Reabilitação, Polímeros

Abstract

The orthoses for the upper limbs must be tailor-made and a good selection of the material is required. Low temperature thermoplastics are the most widely used today and their properties should be known and properly measured by professionals in the field. This study aimed to develop a protocol to evaluate, in a standardized way, some properties of low temperature thermoplastic materials required in clinical practice. This is an exploratory study, since it involved the creation of an evaluation instrument, aiming at the discovery and the finding. In order to be able to evaluate the materials in a standardized way, allowing for comparison and replication, a specific instrument for this has been developed, called "Standardized Handling of Thermoplastic Materials for Orthotics". The instrument contains five properties to be evaluated: Working Temperature, Moldability, Memory, Self-adhesion and Rigidity. The protocol provides, for each of the items, the technical definition, considerations regarding the application in the preparation of orthoses and the description of the tests. In clinical practice, the properties of materials are usually verified by the perception of the professional who manipulates them. Standardized tests, such as those proposed in the present study, are important for an accurate analysis of materials. The tests created to measure moldability, memory and self-adhesion represent an advance for the analysis and comparison of existing materials in the market. The instrument can be used by professionals of clinical practice and by researchers who intend to investigate thermoplastic materials for this purpose.

Keywords: Orthotic Devices, Materials Testing, Rehabilitation, Polymers

Resumen

Las órtesis para los miembros superiores deben ser confeccionadas a medida y se hace necesaria una buena selección del material. Los termoplásticos de baja temperatura son los más utilizados actualmente y sus propiedades deben ser conocidas y mensuradas adecuadamente por los profesionales del área. El presente estudio tuvo por objetivo elaborar un protocolo para evaluar, de forma estandarizada, algunas propiedades de los materiales termoplásticos de baja temperatura necesarias en la práctica clínica. Se trata de un estudio exploratorio, pues involucró la creación de un instrumento de evaluación, buscando el descubrimiento y el hallazgo. Para que los materiales puedan ser evaluados de forma estandarizada, posibilitando la comparación y replicación, se elaboró un instrumento específico para ello, denominado "Manejo estandarizado de Materiales Termoplásticos para Ortesis". El instrumento contiene cinco propiedades a ser evaluadas: Temperatura de trabajo, Moldabilidad, Memoria, Auto-aderencia y Rigidez. El protocolo proporciona, para cada uno de los elementos, la definición técnica, consideraciones relativas a la aplicación en la confección de órtesis y la descripción de las pruebas. En la práctica clínica las propiedades de los materiales generalmente son verificadas por la percepción del profesional que lo manipula. Las pruebas estandarizadas, como las propuestas en el presente estudio, son importantes para un análisis preciso de los materiales. Las pruebas creadas para medir la calidad, la memoria y la auto adherencia representan un avance para el análisis y la comparación entre los materiales existentes en el mercado. El instrumento elaborado podrá ser utilizado por profesionales de la práctica clínica y por investigadores que pretenden investigar materiales termoplásticos para esa finalidad.

Palabras clave: Aparatos ortopédicos, Ensayo de Materiales, Rehabilitación, Polímeros.

1 INTRODUÇÃO

As órteses são utilizadas em conjunto com outras estratégias de tratamento para melhorar o desempenho ocupacional¹ e têm sido empregadas para modificar características funcionais ou estruturais do sistema musculoesquelético.² A órtese deve ser criada de acordo com as necessidades de cada pessoa³ e a confecção individualizada requer uma boa seleção do material, por parte do terapeuta, levando em consideração as necessidades do cliente, o tipo de órtese e a prática e experiência do terapeuta em lidar com determinados materiais.

A evolução da indústria polimérica, a partir dos anos 70 e 80, somada à expansão da cirurgia de mão e da reumatologia, fez com que o mercado de materiais ortóticos se expandisse, trazendo novas opções para um tratamento eficaz.⁴ Diante disso, os termoplásticos de baixa temperatura passaram a ser os materiais mais utilizados na confecção de órteses para os membros superiores, pois tornam-se maleáveis quando aquecidos a uma temperatura na faixa de 45-70°C, podendo ser aplicados diretamente ao corpo e possibilitando dispositivos anatômicos sob medida, adequadas e funcionais.^{5,6,7}

Existe hoje uma variedade de materiais, com novos tipos a cada ano, estando disponíveis no mercado placas de cores diferentes, espessuras, texturas e perfurações^{3,8,9}, sendo que as características citadas acima sofrem variações de acordo com o tipo e com a marca de cada material.

Algumas propriedades desse grupo de materiais recebem destaque para a aplicação na área de confecção de órteses e devem ser conhecidas e verificadas pelos profissionais que atuam nesta área, tais como: conformabilidade, auto aderência, rigidez e durabilidade¹⁰, além de resistência ao estiramento, memória e acabamento⁵.

O presente estudo propõe a elaboração de um instrumento para o teste padronizado de algumas propriedades e características dos materiais termoplásticos para órteses. Espera-se que, através do protocolo, seja possível avaliar os materiais de forma precisa e controlada, simulando as exigências da prática clínica.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Trata-se de um estudo exploratório, envolvendo a criação de um instrumento de avaliação. Impulsos criativos podem originar novos produtos e/ou processos, visando a descoberta e o achado, e, a partir de experimentações exploratórias, produzir inovações.¹¹

Para que os materiais possam ser avaliados com critérios definidos, foram estipulados alguns parâmetros técnicos, conforme se segue:

1 – Temperatura de Trabalho: pode-se considerar que a faixa de temperatura para a moldagem manual tem como limite inferior a Temperatura de Fusão Cristalina (T_m) do Polímero Base do Produto e como limite superior em torno de 50°C a 150°C acima desta T_m .^{12,13}

2 – Moldabilidade: característica estrutural de um material que permite a sua moldagem em produtos, com diferentes dimensões e geometrias^{14,15}, ajustando-se à região do corpo que se pretende imobilizar e possibilitando acomodação de curvas e relevos anatômicos.

3 – Memória: a memória de um produto polimérico é a tendência de permanência no formato inicial do material moldado, até uma certa temperatura.^{16,17}

4 – Auto aderência: propriedade de adesão de duas superfícies do material, que pode ser medida pela força de destacamento destas superfícies.^{12,15}

5 – Rigidez: de uma forma geral a rigidez de um material é uma propriedade medida pelo Módulo Elástico, expresso pela proporcionalidade entre a tensão mecânica aplicada e a deformação resultante, na região de deformação elástica.^{14,17}

Os testes foram selecionados e/ou elaborados a partir da definição técnica de cada parâmetro e de sua relação com as especificidades existentes na prática clínica. Para cada propriedade, portanto, o instrumento fornece: a definição técnica, as considerações em relação a sua importância para a aplicação na confecção de órteses para membros superiores e a descrição detalhada dos testes. Estes apresentam-se de forma padronizada, com critérios bem definidos e instruções quanto aos materiais necessários e procedimentos a serem adotados, a fim de possibilitar uma correta interpretação de dados obtidos, sua comparação e a replicação do instrumento.

3 RESULTADOS

Após uma busca por ensaios que atendessem a necessidade da prática clínica quanto às características a serem testadas, foram selecionados dois testes normatizados para compor o protocolo: a Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) para a identificação da Temperatura de Fusão Cristalina do material e o Teste de Flexão em três pontos, para mensurar a rigidez dos materiais a serem testados (item 5 do instrumento).

Não foram encontrados ensaios de laboratório que pudessem avaliar exatamente o que se espera de um material termoplástico no que diz respeito a moldabilidade, memória e auto aderência. Portanto foram criados testes práticos com critérios definidos, possibilitando uma avaliação precisa de materiais termoplásticos quanto a essas características, visando a comparação entre eles e a replicação do instrumento.

O instrumento de avaliação elaborado, denominado “Manuseio Padronizado de Materiais Termoplásticos para Órteses” (MPMTO), apresenta testes padronizados para as cinco propriedades dos materiais a serem testadas, conforme a tabela 1.

	Teste (s)	Critérios e Medidas
Temperatura de Trabalho	Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC)	Identificar a Temperatura de Fusão Cristalina (Tm) do termoplástico de baixa temperatura. Após a determinação da Tm, serão acrescidos 10 a 15°C para a obtenção da temperatura de trabalho do material
Moldabilidade	TESTE A – Moldagem sob esfera: com aplicação de força. TESTE B – Moldagem sobre cilindro: sem aplicação de força (caimento do material).	Os sistemas criados deverão ser colocados na água aquecida e a medida de deformação deverá ser realizada após a retirada, já com o material resfriado. No Teste A, a medida estabelecida é a altura da área deformada pela esfera e no Teste B a largura final do material sobre o cilindro.
Memória	Reaquecer o material (ainda nos dois sistemas de moldagem).	Deve-se realizar as mesmas medidas novamente. Uma melhor propriedade de memória está relacionada a uma menor deformação quando o material é reaquecido sem aplicação de força.
Auto aderência	Após aquecimento, aderir duas amostras de material, com teflon entre	Após a aderência e o resfriamento do material, a folha de teflon será removida e as pontas livres serão fixadas na máquina universal de ensaios mecânicos para a realização de ensaio de tração.

	elas (em uma das extremidades)	
Rigidez	Ensaio de Flexão em três pontos (carga central sobre um corpo de prova suportado por dois apoios).	Quando houver o modo de deformação por flexão, calcula-se o Módulo de Elasticidade em Flexão.

Tabela 1. Testes/critérios elaborados para cada propriedade a ser avaliada nos materiais, de acordo com o protocolo MPMTO

4 DISCUSSÃO

Existe uma variedade de materiais termoplásticos de baixa temperatura, todos importados, com novos tipos a cada ano, sendo que as características sofrem variações de acordo com o tipo e marca comercial. Por apresentarem formulações diferentes, tanto no que diz respeito aos componentes como sua quantidade, diferentes marcas comerciais podem apresentar comportamentos diferenciados quanto às propriedades destacadas no instrumento elaborado.

Como a confecção de órteses para membros superiores envolve moldagem e ajustes manuais do material, essas características geralmente são verificadas pela percepção do profissional que o manipula e pela inspeção visual da qualidade do produto moldado. Dessa forma, testes padronizados, como os propostos no presente estudo, são importantes para uma análise precisa dos materiais a serem utilizados em alguns contextos de reabilitação ou ainda para a produção de conhecimento científico.

O planejamento e a confecção envolvem criatividade combinada com o conhecimento do terapeuta, incluindo os materiais a serem utilizados¹. O bom êxito na escolha do material também depende do conhecimento das propriedades do mesmo, como elasticidade, memória, tempo de moldagem, resistência, moldabilidade, entre outras¹⁸. O conhecimento relativo à estrutura dos materiais e suas características térmicas e mecânicas é de alta relevância e merece atenção por parte dos profissionais da área da saúde que trabalham com a indicação e/ou confecção de órteses¹⁹.

Com a aplicação do instrumento MPMTO em diferentes materiais, o que já está em andamento, possivelmente serão realizadas modificações para o seu aprimoramento (como

por exemplo estabelecer um sistema de pontuação) e poderá então ser utilizado em outros trabalhos que tenham a finalidade de estudar, testar e comparar materiais para órteses.

5 CONCLUSÃO

Os testes normatizados selecionados para compor o instrumento elaborado, tanto na identificação da Temperatura de Trabalho do material como na análise da Rigidez, são métodos adequados e reconhecidos para verificar, respectivamente, as características de amolecimento térmico de termoplásticos e a resistência do material a deformações diante de solicitação mecânica constante.

Os testes criados especificamente para analisar e mensurar a moldabilidade, a memória e a auto aderência encontram-se em fase final de experimentação e representam um avanço para a comparação entre materiais existentes no mercado e também para uma análise comparativa de materiais que ainda estejam em processo de desenvolvimento.

O instrumento elaborado denominado “Manuseio Padronizado de Materiais Termoplásticos para Órteses” agrega cinco parâmetros relevantes para a escolha e avaliação de materiais para a confecção de órteses. Poderá ser utilizado na íntegra ou parcialmente, por terapeutas ocupacionais e fisioterapeutas que atuam na prática clínica, assim como por pesquisadores de diversas áreas que pretendem investigar materiais termoplásticos para essa finalidade.

Referências

1. Callinan N. **Confecção de órteses para a mão**. Capítulo 15 (351-370) *in* Trombly, C. A, Radomski, M. V. *Terapia Ocupacional para disfunções físicas* Livraria Santos Editora Ltda: São Paulo, 2005
2. Rodrigues AVN, Cavalcante A, Galvão C. **Órtese e Prótese**. Capítulo 46 *in* Cavalcanti A, Galvão C. **Terapia Ocupacional: Fundamentação e prática** Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, 2007

3. Assumpção TS. **Órteses Princípios Básicos** Capítulo 34, in FREITAS, P. P. Reabilitação da Mão, Editora Atheneu: São Paulo, 2005
4. Melvin JL. **Tratamento ortótico da mão - quais são as novidades?** A folha médica, v.111 (2), 217-20, 1995
5. Sauron FN. **Órteses para membros superiores** capítulo 16 in Teixeira E, Sauron FN, Santos LSB, Oliveira MC. **Terapia Ocupacional na Reabilitação Física**, Editora Roca Ltda: São Paulo, 2003
6. Agnelli LB, Toyoda CY. **Estudo dos materiais para a confecção de órteses e sua utilização prática por terapeutas ocupacionais no Brasil**, *Cadernos de Terapia Ocupacional da UFSCar*, Suprema Gráfica e Editoda Ltda: São Carlos, 11 (2), Jul-Dez, 2003
7. Meng Q, Hu J, Zhu Y. **Properties of shape memory polyurethane used as a low-temperature thermoplastic biomedical orthotic material: influence of hard segment content**. J. Biomater. Sci. Polymer Edn, 19 (11), 2008
8. Politec Saúde- Importação e Comércio Ltda. São Paulo, disponível em <http://www.politecsaude.com.br/> acessado em 02/07/2017
9. MN Importação, Exportação e Comércio de Suprimentos Terapêuticos e de Reabilitação Ltda, São Paulo, disponível em <http://www.mnsuprimentos.com.br/menu/?p=74>, acesso em 02/07/2017
10. Canelón MF. **Material properties: a factor in the selection and application of splinting materials for athletic wrist and hand injuries**. J Orthop Sports Phys Ther, 22 (4), Oct-Dec, 1995.
11. Gonçalves HA. **Manual de Metodologia da Pesquisa Científica**. Editora: Avercamp, 2014.168p.
12. Andrade CT, Coutinho FMB, Dias ML, Lucas EF, Oliveira CMF, Tabak D. **Dicionário de Polímeros**. Rio de Janeiro, Editora Interciência Ltda., 2001. 256p.
13. Canevarolo SV. **Ciência dos Polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros**. 3ed. São Paulo, Artliber Editora Ltda, 2010. 280p.
14. Mano EB. **Polímeros como Materiais de Engenharia**. Ed. São Paulo, Editora Edgard Blücher Ltda.,1991

15. Mano EB, Mendes LC. **Introdução a Polímeros**. 2ed. Ed. São Paulo, Editora Edgard Blücher Ltda.,1999.191p.
16. Bretas RES, D'ávila MA. **Reologia de polímeros fundidos**. 2ed. São Carlos, EdUFSCar - Editora da Universidade Federal de São Carlos, 2005. 257p.
17. Canevarolo SV (editor). **Técnicas de Caracterização de Polímeros**. São Paulo, Artliber Editora Ltda, 2004. 446p.
18. Breger-Lee DE, Buford Junior WL. **Properties of thermoplastic splinting materials**. J. Hand Ther, Oct-Dec, 1992
19. Agnelli LB, Toyoda CY, Ferrigno ISV. **Características térmicas e mecânicas de termoplásticos de baixa temperatura utilizados na confecção de órteses**. 2010. 90f.

Contribuição das autoras e autores: **Luciana Bolzan Agnelli Martinez:** elaboração da pesquisa, concepção do texto, organização de fontes e análises, redação do texto, submissão e trâmites do artigo. **Valéria Meirelles Carril Elui:** elaboração da pesquisa, concepção do texto, organização das análises, revisão e aprovação da versão final, submissão e trâmites do artigo. **Rodrigo Andrade Martinez:** elaboração da pesquisa, análise e interpretação dos dados, organização das análises, revisão dos aspectos relacionados à Engenharia de Materiais. **José Augusto Marcondes Agnelli:** elaboração da pesquisa, análises e interpretação dos dados, organização das análises, revisão dos aspectos relacionados à Engenharia de Materiais.

Submetido em: 21/09/2017

Aceito em: 22/09/2017

Publicado em: 25/09/2017