

足部辅具用高分子材料浅析

徐晴岩¹ 姚显会¹

近年来,随着全社会对健康的关注,足部健康的问题已得到了人们的重视。欧美一些发达国家,足部康复的发展比较先进、完善,他们将工程技术与生物医学理论相结合,不仅拥有十年左右从业经验的足科医生,更有方便适用的足部辅具制作设备与材料。国内医院和康复机构近几年开展了足部健康与康复方面的探索与研究。主要是由医院的骨科医生通过各类手术和由康复机构制作辅具共同协作来达到康复目的,医院与康复机构各取所长。

可见足部辅具是足部康复事业中重要的组成部分,而高分子材料又是制作足部辅具的基础。在制作辅具过程中根据不同康复要求,需要有不同的材质、不同性能的高分子材料来供选择。本文对制作足部辅具中几种常用的材料进行了归纳与分析总结。

1 聚烯烃板材

聚烯烃类板材因其可热塑变形,经过切削打磨等加工方法后可因人而异的进行适配产品的制作,并且能保证一定的强度与韧性而在制作足部矫形器中被广泛应用。这样的硬质材料制作的辅具可以控制足部关节的位置,使其能矫正不正常的足部动作。目前这类板材主要是聚乙烯(polypropylene, PE)和聚丙烯(polyethylene, PP)材质。PE与PP性能比较见表1。从表1可见,①PP的成型收缩率要低于PE,这有利于操作者掌握在热成型、冷定型制作过程中制品尺寸的准确性;②PP与PE质量均较轻,其中PP是除聚4-甲基戊烯-1外所有树脂中最轻的^[1];材料质量轻可使患者减少身体负担;③PP抗拉强度与压缩强度均高于PE,这保证了其成形性好,不易断裂、龟裂;④PP的一个最重要的特质就是弯曲强度极高,是PE材料不能比拟的。PP能承受 7×10^7 次以上的折叠弯曲,而没有损坏痕迹。PP这一特点最适合制作踝足矫形器,这类矫形器要能适应足踝部频繁的折曲动作,它要求材料要有很高的耐弯曲疲劳性;⑤PP的热变形温度高导致其加工成形较PE难一些。另外PP材料还比PE具有更光滑的表观效果,外表更美观。

表1 PE与PP材料性能比较

项目	PP	PE	
		高密度	低密度
成型收缩率(%)	1.0—2.5	2.0—5.0	1.5—5.0
比重	0.90—0.91	0.94—0.97	0.91—0.93
拉伸强度(kg/cm ²)	300—390	220—390	80—160
拉伸弹性模量(10 ⁴ kg/cm ²)	1.1—1.6	0.4—1.1	0.1—0.3
压缩强度(kg/cm ²)	390—560	225	—
弯曲强度(kg/cm ²)	420—560	70	—
冲击强度(悬臂梁有缺口)(kg·cm/cm ²)	2.0—6.4	86	不断
热变形温度(负荷18.6kg/cm ²)	57—64	43—49	32—41
热膨胀系数(10 ⁻⁵ /°C)	6—10	11—13	10—20

2 发泡类材料

这类材料主要有聚氨酯、乙烯-醋酸乙烯聚合物等。在足部康复中通过制作足垫来实现足部疾患的医治更方便易行,因为制作合适的足垫比改造鞋子更简单,又可以保留足部患者选择自己喜欢鞋子的可能性,实现个性化治疗。

2.1 聚氨酯类材料

聚氨酯是一类用途非常广泛的合成材料,耐磨性好,高强度和高伸长率。目前在足部辅具中主要用到的就是聚氨酯泡沫弹性体,用来制作半硬质和软质足垫。半硬质足垫,可以降低足底压力以及矫正足部至正常的姿势,让使用者在吸震材料上达到支撑及矫正的功效。软质足垫可提供良好的吸震和缓冲性能,并有效降低足底表面的剪切力和足底压力,也略有矫正足部姿态的功效。

聚氨酯材料与各合成材料的Taber磨耗值比较见图1(磨耗条件:CS17轮,1000g/轮,5000r/min,23°C)。由图1可见,与其他材料相比,聚氨酯的磨耗量最低,耐磨性能优异,这可使其足垫产品的使用寿命达到两年以上。

普通纯聚氨酯的损耗因子温度曲线(tanδ~T)见图2。由图2可见,材料的最高tanδ值为0.9662,表现了极高的阻尼性能,表现出其弹性高、强度高、形变滞后时间长,在应力应变时吸收能量大,从而减震效果好。

图1 聚氨酯材料与各合成材料的Taber磨耗值比较

图2 聚氨酯损耗因子温度曲线图

1 中国假肢学校,河北省三河市燕郊开发区燕灵路2号,065201
 作者简介:徐晴岩,女,硕士,助理
 收稿日期:2005-09-01

聚氨酯弹性体的拉伸强度是天然橡胶和合成橡胶的2—3倍^[2], 聚氨酯材料的高强力和高伸长率保证了负载支撑容量大, 不易塌陷变形。综合来看, 选择聚氨酯弹性泡沫体来制作半硬质和软质足垫, 效果非常理想。

2.2 乙烯-醋酸乙烯聚合物 (ethylene-vinyl acetate copolymer, EVA) 泡沫材料、EVA/软木热塑性泡沫板

与聚乙烯相比, EVA 由于它在聚醋酸乙烯分子中引入了乙烯分子链, 使乙酰基产生不连续性, 增加了高分子链的旋转自由度, 空间阻碍小, 高分子主链变得柔软, 产品在较宽的温度范围内具有良好的柔软性、耐冲击性、耐环境应力开裂性、耐低温及无毒特性。将其制成发泡材料刚具有一定的硬度, 广泛应用在鞋材中。EVA 硬质发泡材料可以制成硬质热塑性材料用于足垫的制作中。其支撑负荷大, 加工方便。最近国外一些足部矫形器制作机构采用 EVA 和软木材料混合制成热塑性材料制作足垫, 增加了人体接触舒适度。

总体看 EVA 材料在制作足部辅具尤其是制作足垫时体现了以下几方面显著优点: ①耐水性: 密闭泡孔结构, 不易吸水, 防潮, 耐水性能良好。②耐腐蚀性: 耐海水、油脂、酸、碱等化学品腐蚀, 抗菌、无毒、无味、无污染。③加工性: 无接头, 且易于进行热压、剪裁、涂胶、贴合等加工。④防震动: 回弹性和抗张力高, 韧性强, 具有良好的防震/缓冲性能。⑤保温性: 隔热, 保温防寒及低温性能优异, 可耐严寒和曝晒。

EVA 发泡材料的高档次产品与低档次产品相比具有热塑性、不易塌陷特点, 目前高档次产品均是由国外生产, 国内产品还不能达到该要求。

3 碳纤类材料

碳纤维是一种增强型复合材料, 具有高比强度和比模量, 与其他增强材料性能比较见表 2。

由表 2 可见, 碳纤维材料质量最轻, 比强度、比模量值最高, 体现了碳纤材料的高抗拉强度、低密度, 弹性好的特点, 具有高承载能力, 是制作起固定、支撑、矫正作用的足部辅具的较好选择, 在大大减轻患者身体负担的同时, 还能达到高强度要求。

表 2 碳纤维与两种增强材料性能的比较

种类	密度 (g/cm ³)	抗拉强度 (10 ⁴ kg/cm ²)	弹性模量 (10 ⁴ kg/cm ²)	比强度 (10 ⁶ cm)	比模量 (10 ³ cm)
中强度碳纤维	1.8	2.0	2.0—2.3	15.5	11.1—12.7
碳钢	7.75	3.1	0.84	11.1	3.34
玻璃纤维	2.49	0.9—2.7	2.0	0.86—3.4	2.58

断裂伸长小是碳纤维另一重要特征, 经高温处理后 (2000℃) 一般为 4% 以下^[3], 这使它能承受很高应力而几乎不产生伸长, 可保证矫形器的尺寸稳定。

目前在康复器具中, 用到了碳纤维预浸品。它是经过预

处理就能直接用来模压成型的碳纤维和树脂的组合物。现在应用的基体材料主要是热固性环氧树脂, 要求制作康复辅具要一次成功, 不能修改, 这对技师的技术水平要求较高。

当前, 研究层间剪切强度高、固化温度低或能耐高温并具有热塑性的新型碳纤维预浸品材料更具有实用意义。因为热塑性碳纤材料再加工性好, 给矫形器以修改的空间; 固化温度低可以降低操作难度, 缩短制作周期。

4 有机硅人体仿生材料

近年来高档的有机硅人体仿生材料广泛应用在康复用品用具中。它多由乙烯基、硅氢基等硅氧烷类聚合物制备, 具有人体相容性好、无毒无刺激、能促进创伤的皮肤痊愈及伤疤平滑的作用^[4], 易于成型加工, 适于做成各种形状的管、片等制品, 是医用高分子材料中应用最广、能基本上满足不同使用要求的一种材料^[5]。

有机硅仿生材料具有低硬度、高强度特点, 可作为人体在“创伤性”手术后需要的协助物理治疗或非手术物理治疗所需的软质材料。例如在糖尿病足患者的术后或非手术的物理治疗中, 柔软、与人体相容性好的有机硅足垫成为最佳的选择。有机硅仿生材料物理机械性能指标: 拉伸强度 7MPa; 伸长率 300%; 永久变形 3%; 硬度 (邵氏) 5; 撕裂强度 30.2kN/m。可见, 有机硅仿生材料在低硬度的同时保持了高撕裂强度和高拉伸强度, 其突破了普通有机硅材料硬度与强度是成正比的技术难点, 技术含量较高。目前, 这类产品均由国外生产, 国内尚无此生产技术。中国假肢学校现已从德国引进了有机硅仿生材料的制作设备及原材料, 并派人前往德国学习, 有望将这一产品实现国产化。

5 小结

从现有足部辅具用高分子材料的应用情况可见, 热塑性、可低温操作、高强度、低密度是行业最适宜、最需要的材料特性, 是未来足部辅具材料的发展方向。研究开发具有这些特性的高分子材料是康复行业内专业人员努力的目标。

参考文献

- [1] 罗河胜. 实用聚丙烯[M]. 第 1 版. 广州: 广东科技出版社, 1991.
- [2] 徐培林, 张淑情. 聚氨酯手册[M]. 第 1 版. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- [3] 贺福, 王茂章. 碳纤维及其复合材料[M]. 第 1 版. 北京: 科学出版社, 1995.
- [4] Zhang Chengyan. Applications of silicone rubber in the field of biomedicine[J]. Youjigui Cailiao, 2002, 16(6): 14—17.
- [5] Hron P. Hydrophilization of silicone rubber for medical applications[J]. Polymer International, 2003, 52(9): 1531—1539.