



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105078652 B

(45)授权公告日 2019.03.15

(21)申请号 201410190599.X

(22)申请日 2014.05.07

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105078652 A

(43)申请公布日 2015.11.25

(73)专利权人 香港理工大学

地址 中国香港九龙红磡

(72)发明人 胡金莲 库马尔·毕频

(74)专利代理机构 深圳市顺天达专利商标代理

有限公司 44217

代理人 郭伟刚

(51)Int.Cl.

A61F 13/08(2006.01)

(56)对比文件

GB 2470185 A,2010.11.17,说明书第第1页
第10-23行,4页第2-6、17-23行,第7页第5-23行,
第17页1-23行,图1-9.

WO 2011/008934 A2,2011.01.20,说明书第
22-28段,图1-7.

CN 101969903 A,2011.02.09,全文.

CN 102845841 A,2013.01.02,全文.

CN 1502313 A,2004.06.09,全文.

审查员 刘莎

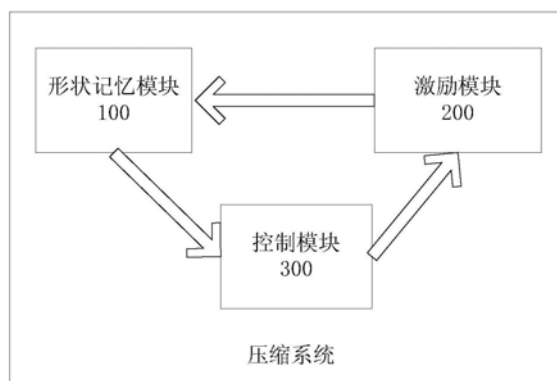
权利要求书1页 说明书7页 附图5页

(54)发明名称

一种基于形状记忆材料的智能压缩系统

(57)摘要

本发明公开了一种由形状记忆材料制成的智能压缩系统,该压缩系统用于管理或预防慢性静脉功能不全,所述智能压缩系统包括形状记忆模块、激励形状记忆效应的激励模块以及接收形状记忆模块反馈信息并控制激励过程的控制模块。所述形状记忆模块包括但不限于由形状记忆材料制成的具有一定功能结构的纺织品,如压缩袜、压缩绷带等。本发明涉及形状记忆细丝及不同结构形状记忆模块的制作。实施本发明的有益效果是,所述形状记忆模块施加于受损肢体上的压力可以通过简单的激励模块进行改变及控制,可克服形状记忆模块随使用时间增长而压力下降的弊端,进而提高治疗自由度、增强疗效并降低治疗成本。



1. 一种基于形状记忆材料的智能压缩系统,用于慢性静脉功能不全的预防与管理,其特征在于,所述智能压缩系统包括:形状记忆模块、激励模块和控制模块;

所述形状记忆模块包含形状记忆材料;所述形状记忆模块用于产生压力;所述激励模块作用于所述形状记忆模块,用于激励所述形状记忆材料的形状记忆效应;

所述控制模块用于接收所述形状记忆模块的反馈信息并作用于所述激励模块,从而控制所述激励模块的激励过程;

所述形状记忆模块包括形状记忆纺织品;所述形状记忆纺织品为压缩袜或压缩绷带;

所述形状记忆纺织品的编织方式为针织或梭织;所述形状记忆纺织品单独由形状记忆聚合物细丝编织而成,或者由形状记忆聚合物细丝及人工或天然纤维混合编织而成;

所述形状记忆聚合物细丝包含形状记忆聚氨酯细丝或聚降冰片烯细丝或苯乙烯-丁二烯共聚物细丝或反式-1,4-聚异戊二烯细丝;其中,聚降冰片烯由降冰片烯单体在催化剂下聚合而成,其所使用的催化剂包括Ziegler-Natta催化剂或甲基铝氧烷或茂金属或 $Pb(CH_3CN)_4[BF_4]$;苯乙烯-丁二烯共聚物是以苯乙烯、丁二烯为原料在锂系引发剂阳离子溶液中聚合而成;反式-1,4-聚异戊二烯由异戊二烯单体在Ziegler-Natta催化剂下聚合而成;

所述形状记忆聚氨酯细丝由长链多元醇,二异氰酸酯以及增链剂三种物质合成,其中,所述长链多元醇的相对分子质量范围为250-6000,所述二异氰酸酯的相对分子质量范围为150-250;所述形状记忆聚合物细丝的制丝工艺包括熔化或浸湿;

所述形状记忆聚合物细丝的所述形状记忆效应的热转化温度范围为0-70℃。

2. 根据权利要求1所述基于形状记忆材料的智能压缩系统,其特征在于,所述压缩袜和压缩绷带均包含一种或多种具有不同热转化温度的所述形状记忆聚合物细丝。

3. 根据权利要求1所述基于形状记忆材料的智能压缩系统,其特征在于,所述形状记忆聚合物细丝的热转化形式为熔化或玻璃化转化。

4. 根据权利要求1所述基于形状记忆材料的智能压缩系统,其特征在于,所述激励模块包括变温装置;所述变温装置用于调节所述形状记忆聚合物的温度,进而改变所述形状记忆聚合物的内部压力或空间形变。

5. 根据权利要求1所述基于形状记忆材料的智能压缩系统,其特征在于,所述控制模块用于接收形状记忆模块反馈的压力值,进而控制所述激励模块的温度升降过程。

一种基于形状记忆材料的智能压缩系统

技术领域

[0001] 本发明涉及医疗器械领域,尤其涉及一种基于形状记忆材料的用于管理或预防慢性静脉功能不全的压缩系统。

背景技术

[0002] 慢性静脉功能不全因其产生持续疼痛和不舒服感、限制行动、恢复时间长、治疗成本高、治疗方法苛刻而严重影响患者的生活质量。下肢慢性静脉功能不全是周围静脉因血液向心回流障碍所致的临床证候群,包括下肢静脉曲张、原发性深静脉瓣膜功能不全、下肢深静脉血栓形成等。压缩疗法自古以来就是患者与病痛作斗争的必选方法。施加于受损肢体上的外部压力能加速静脉血液的回流,进而降低静脉血压,以达到治愈及防止疾病重发的功效。

[0003] 在所有压缩疗法中,压缩袜和压缩绷带一直都是人们的首选。然而,传统的压缩系统(压缩袜或压缩绷带等)面临着许多不可克服的困难:

[0004] 第一,压缩系统的疗效及使用舒适度受限:传统压缩系统施加于肢体的压力是没有办法改变或调节的,除非更换新的压缩系统;另外,为了获得更好的疗效,受损肢体需要连续一段时间使用压缩系统,而高压等级的压缩系统在晚间佩戴时会非常不舒服,使患者不得不放弃晚间治疗,影响疗效;

[0005] 第二,压缩系统使用成本高:随着使用时间的增长,目前几乎所有的压缩系统的压力都会下降,因为这些压缩系统的压力主要来源于所选材料的弹性力。一旦压缩系统的压力值下降到目标值以下,唯一的办法就是更换新的压缩系统;

[0006] 第三,压缩袜可选面窄:目前市面上的压缩袜根据所提供的压力大小大致可分为三类:一级低压袜(14-17mmHg),二级中压袜(18-24mmHg)及三级高压袜(25-35mmHg),然而所设计的压缩袜的压力值是由下肢特性(形状和尺寸)和压缩袜材料的弹性决定的,患者很难选到理想尺寸的压缩袜。

发明内容

[0007] 针对上述传统压缩系统疗效及使用舒适度受限、成本高、可选面窄等问题,本发明提供一种基于形状记忆材料的智能压缩系统,用于系统压力的控制及管理。

[0008] 所述基于形状记忆材料的智能压缩系统,用于慢性静脉功能不全的预防与管理,其特征在于,所述智能压缩系统包括:形状记忆模块、激励模块和控制模块;

[0009] 所述形状记忆模块包含形状记忆材料;所述形状记忆模块用于产生压力;

[0010] 所述激励模块作用于所述形状记忆模块,用于激励所述形状记忆材料的形状记忆效应;

[0011] 所述控制模块用于接收所述形状记忆模块的反馈信息并作用于所述激励模块,从而控制所述激励模块的激励过程。

[0012] 所述形状记忆模块包括形状记忆纺织品;所述形状记忆纺织品包括压缩袜和压缩

绷带。

[0013] 所述形状记忆纺织品的编织方式包括针织和梭织；所述形状记忆纺织品单独由形状记忆聚合物细丝编织而成，或者由形状记忆聚合物细丝及人工或天然纤维混合编织而成。

[0014] 所述压缩袜和压缩绷带包含一种或多种具有不同热转化温度的所述形状记忆聚合物细丝。

[0015] 所述形状记忆聚合物细丝包含形状记忆聚氨酯细丝、聚降冰片烯细丝、苯乙烯-丁二烯共聚物细丝以及反式-1,4-聚异戊二烯细丝。

[0016] 所述形状记忆聚氨酯细丝由长链多元醇，二异氰酸酯以及增链剂三种物质合成，其中，所述长链多元醇的相对分子质量范围为250-6000，所述二异氰酸酯的相对分子质量范围为150-250；所述形状记忆聚合物细丝的制丝工艺包括熔化和浸湿。

[0017] 所述形状记忆聚合物细丝的所述形状记忆效应的热转化温度范围为0-70℃。

[0018] 所述形状记忆聚合物细丝的热转化形式为熔化或玻璃化转化。

[0019] 所述激励模块包括变温装置；所述变温装置用于调节所述形状记忆聚合物的温度，进而改变所述形状记忆聚合物的内部压力或空间形变。

[0020] 所述控制模块用于接收形状记忆模块反馈的压力值，进而控制所述激励模块的温度升降过程。

[0021] 实施本发明的有益效果是：形状记忆压缩系统在包裹部位的压力是可以通过外部激励装置来调节和控制的，能轻易将压力值调节在所需范围内，这为医护人员提供了更大的自由操作空间，也可根据需要调节系统白天和夜间的压力值，保证患者在一段连续时间内穿戴压缩系统，提升使用舒适度并增强疗效；由于形状记忆材料的伪弹性特征，形状记忆压缩系统可多次利用，节约了治疗成本；形状记忆压缩系统可持续提供所需压力，当压力值下降时无需拆卸、更换即可恢复压力值，提升了治疗功效并节约了更换成本；由于形状记忆材料能产生额外的压力，使得压缩袜的总压力值能覆盖市场上所有压力级别，而且所产生压力不再依赖于受损肢体特征，适用于任何尺寸的肢体。

附图说明

[0022] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单的介绍。很显然，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0023] 图1是本发明第一个实施例提供的外部加热作用下压缩袜/压缩绷带的压力变化机理示意图；

[0024] 图2是本发明第二个实施例提供的形状记忆纺织品的制作方法方框图；

[0025] 图3是本发明第三个实施例提供的形状记忆压缩系统方框图；

[0026] 图4是本发明第四个实施例提供的压缩袜压力测试装置示意图；

[0027] 图5是本发明第四个实施例提供的不同温度下(30,40和50℃)压缩袜所产生的额外压力随时间的变化图；

[0028] 图6是本发明第四个实施例提供的不同张力(5.85,13.06和20.27%)下压缩袜所

产生的压力随时间的变化图；

[0029] 图7是本发明第四个实施例提供的不同温度(30,40和50℃)、不同张力(5.85,13.06和20.27%)下压缩袜所产生的额外压力直方图；

[0030] 图8是本发明第四个实施例提供的小张力(5.85%)下压缩袜的压力随时间的变化图。

具体实施方式

[0031] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述。显然,所描述的实施例仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0032] 请参见图1,图1是本发明第一个实施例提供的外部加热作用下压缩袜/压缩绷带的压力变化机理示意图。如图1所示,内部圆表示受损肢体2,而外部圆边界到内部圆边界之间的范围表示包裹于受损肢体2上的压缩袜/压缩绷带1。施加于受损肢体2上的表面压力与肢体的曲半径 r 和压缩袜/压缩绷带1的内部张力有关。它们之间的关系满足拉普拉斯定律描述的薄壁圆柱的内部压力与壁张力之间的关系：

[0033] $P=F/r$

[0034] 其中, P 为圆柱的内部压力, F 为壁张力, r 为圆柱的半径。施加于压缩袜/压缩绷带1所裹覆的受损肢体2的压力主要来源于压缩袜/压缩绷带1的内部张力。如果不产生其他额外形变的前提下,能改变压缩袜/压缩绷带1的内部张力,就能改变压缩袜/压缩绷带1提供的压力值。对于压力管理与控制来说,这将是一个巨大的优势,因为这样就能在任何需要的时候调节或控制压缩袜/压缩绷带1提供的压力值,以达到所需目标压力值。另外,如果随着使用时间的增长,压缩袜/压缩绷带1提供的压力值下降,上述优势可以提供额外的压力值,从而保证压缩袜/压缩绷带1长时间提供所需压力值。

[0035] 本发明给出的形状记忆聚合物在上述压力值可调特性上具有巨大的潜力。形状记忆聚合物是一种智能材料,它能记住其原始形状,而当被至于其相应激励环境中时,它就能从一个临时的形变状态恢复到原始形状。形状记忆材料的这一独特性能称为形状记忆效应。

[0036] 较佳地,本实施提供的形状记忆材料为热敏形状记忆聚合物。对于热敏形状记忆聚合物来说,当温度低于其转化温度(T_{trans})时,临时形变状态下热敏形状记忆聚合物中的分子链(即开关部位)的运动被封存,此时热敏形状记忆聚合物的内部张力很低或为零。当温度高于其转化温度(T_{trans})时,热敏形状记忆材料的开关部位会被触发,这样就会重新释放封存张力,使得形变的形状记忆材料恢复至原始形状。这一张力也称为恢复张力。如图1所示,压缩袜/压缩绷带1是由热敏形状记忆聚合物细丝混合天然或人工纤维制成。通过简单的加热,就可以改变压缩袜/压缩绷带1的部分压力,也就是说,可以通过外部方式控制压缩袜/压缩绷带1的压力等级。当温度较低时($<T_{trans}$),形状记忆聚合物细丝的恢复张力没有被触发,所得到的压力仅来自于压缩袜/压缩绷带1的弹性形变力 F ,所以此时压力 P 很小。当温度较高时($>T_{trans}$),形状记忆聚合物细丝的恢复张力被触发,压缩袜/压缩绷带1的总张力 F 增大,进而使压力 P 增大。

[0037] 应理解,除了温度外,形状记忆材料还有其他形式的激励源,如光、电、磁和水等。光敏形状记忆材料操控简单、可远程激励、能精确控制目标区域等特点。某特定波长范围的光通过形状记忆聚合物表面,会导致形状记忆聚合物的开关部位发生光化学反应(化学过程)或这是发生光致热效应(物理过程)。电敏形状记忆聚合物能利用添加剂(如碳纳米管或纳米纤维、炭黑、石墨烯及其他金属粒子)的电导率,通过电生热来激发形状记忆效应。对于磁控形状记忆聚合物来说,在外加磁场或电磁场作用下,添加于形状记忆聚合物内的磁性颗粒随着磁场场强的周期变化而发生往复运动,此时磁性颗粒与聚合物分子之间的相对运动产生摩擦和碰撞,进而产生热量。当产生的热量使形状记忆聚合物的温度升高到转化温度时,磁控形状记忆材料的形状记忆效应就会被触发。水或湿气敏感的形状记忆材料主要是指玻璃化转化的形状记忆聚氨酯。当吸收水分时,形状记忆聚氨酯的玻璃化转化温度会随着所吸收水分的增加而逐步下降,以至于在室温下或更低温度下就能触发形状记忆聚氨酯的形状记忆效应。

[0038] 请参见图2,图2为本发明第二个实施例提供的形状记忆纺织品的制作方法方框图。在本实施例中所合成的形状记忆材料为本发明第一实施例中提供的热敏形状记忆聚合物。热敏形状记忆聚合物已广泛应用于诸多工程领域。

[0039] 较佳地,对于本实施例中的热敏形状记忆聚合物细丝,其转化温度(T_{trans})可以是玻璃化转变温度或熔化温度。对于玻璃化转变型的热敏形状记忆聚合物来说,形状记忆效应可发生在一系列温度范围内。这也就是说可以通过改变温度将压力处于不同的等级。而对于熔化型热敏形状记忆材料来说,形状记忆效应的转变温度范围是有限的。然而,对于熔化型热敏形状记忆材料,我们可以利用两种或者更多种具有不同转化温度的形状记忆聚合物来制作压缩系统,从而获得更大的温度调节范围和更宽的压力调节范围。

[0040] 在本实施例中,我们选取了合适的形状记忆聚合物来制作形状记忆纺织品。如图2所示,该形状记忆聚合物为形状记忆聚氨酯,是由三种物质合成的:长链多元醇,二异氰酸酯以及增链剂,这三种物质的聚合工艺S1为溶液聚合或块体聚合。所合成的形状记忆聚氨酯通过制丝工艺S2(包括浸湿工艺和熔化工艺)制成形状记忆聚氨酯细丝,然后再通过包含针织和梭织的编织工艺S3最终制成形状记忆纺织品。在实际使用中,我们并不能把压缩系统的温度升得太高,因为对于受损肢体来说,太高温度的无法承受或者会非常不舒服。因此,选择合适的转化温度(T_{trans})是人们非常关心的问题。通过在合形状记忆聚合物时选择适当的组分,可以将转化温度(T_{trans})调节到目标范围内。在之前的工作中,在研发不同的热敏形状记忆聚合物、表征它们的形状记忆特性方面,我们已经积累了非常丰富的经验。本实施例中选择的形状记忆聚合物的转化温度范围为0~70℃。表1给出了一些合成本实施例形状记忆聚合物的详细参数。

[0041] 表1形状记忆聚合物细丝的详细参数

[0042]

多元醇的相对分子质量的范围 (M_n)	250-6000
二异氰酸酯相对分子质量的范围 (M_n)	150-250
聚合技术	块体/溶液
制丝工艺	熔化/浸湿
转化温度范围	0-70℃

单丝丹尼尔数	40-300
--------	--------

[0043] 其中,本实施例所使用的多元醇包括且不限于:聚丙二醇、聚丁二醇、聚乙二醇、聚(1,6-己二酸己二醇脂)二醇、聚(1,4-丁烯己二酸酯)二醇、聚乙烯己二酸二醇、聚(1,2-丙二醇己二酸酯)二醇、聚己内酯二醇、双酚A+环氧丙烷、双酚A+环氧乙烷、聚(1,6-己烯己二酸酯)二醇。

[0044] 本实施例使用的二异氰酸酯包括且不限于:异佛乐酮二异氰酸酯、亚甲基-双(4-环己基)异氰酸酯、1,6-六亚甲基二异氰酸酯、4,4'-二苯基甲烷二异氰酸酯、2,4-甲苯二异氰酸酯、四甲基二甲苯二异氰酸酯、1,4-亚甲基二异氰酸酯。

[0045] 本实施例使用的增链剂包括且不限于:1,3-丙烷二醇、1,4-丁烷二醇、1,2-乙烷二醇、1,6-己烷二醇、4,4'-二羟基二苯基、2,2-双(羟基甲基)丙酸、氢醌双(2-羟基乙基)醚、4,4'-双(2-羟基乙氧基)二苯基、4,4'-双(6-羟基己氧基)二苯基、双(对羟基甲基苯基)对苯二酸酯、4,4'-(1,4-亚苯基双(甲基dynenltrilo))、二苯乙醇、双酚A、N-双(2-羟基乙基)-吡啶甲酰胺、N-甲基二乙醇胺、双酚A乙氧基化物、1,2-二氨基乙烷、1,2-二氨基丙烷、多面体低聚倍半硅氧烷、N,N-双(2-羟基乙基)-吡啶甲酰胺、N-甲基二乙醇胺。

[0046] 应理解,本发明所使用的形状记忆聚合物还包括聚降冰片烯、苯乙烯-丁二烯共聚物、反式-1,4-聚异戊二烯等聚合物。其中聚降冰片烯由降冰片烯单体在催化剂下聚合而成,所使用的催化剂包括且不限于Ziegler-Natta催化剂、甲基铝氧烷、茂金属、 $[Pb(CH_3CN)_4][BF_4]$ 等。苯乙烯-丁二烯共聚物是以苯乙烯、丁二烯为原料在锂系引发剂阳离子溶液中聚合而成。反式-1,4-聚异戊二烯由异戊二烯单体在Ziegler-Natta催化剂下聚合而成。这些聚合物同样可以通过如图2所示的制丝工艺S2和编织工艺S3制成各种形状记忆纺织品。

[0047] 本发明中所用的形状记忆模块,可以是单独由形状记忆聚合物细丝制成;也可以包含其他天然和/或人工合成纤维材料,如图2中的虚线所示。

[0048] 请参见图3,图3是本发明第三个实施例提供的形状记忆压缩系统方框图。如图3所示,在本实施例中,形状记忆模块100是由第二个实施例中合成的形状记忆聚合物细丝制作的压缩袜;因为第二实施例最终合成的形状记忆聚合物细丝是热敏材料,所以激励模块200为加热室;而控制模块300为温度控制模块。在本实施例中,压缩袜由形状记忆聚合物细丝和尼龙细丝构成的混合纱制成。制作机器为双面纬编针织机或者圆筒针织机。表2给出了本压缩袜的详细制作参数。

[0049] 表2形状记忆袜的详细参数

	编织方式	圆筒针织
	所用纱的线密度 (单位特)	18.9 (尼龙) 18.6 (形状记忆聚合物细丝)
[0050]	化学组成, %	50.4 (尼龙) 49.6 (形状记忆聚合物细丝)
	单位面积重量, g/m ²	310.1
	厚度, mm	0.76
	单位长度的线数	12 (纵向线圈/cm)
[0051]		27 (横向线圈/cm)

[0052] 应理解,本实施例公开压缩袜只是形状记忆模块100具体表现形式中的一种,形状记忆模块100包括但不限于压缩袜、压缩绷带、压缩裤等,单纯改变形状记忆聚合物细丝的编制工艺和织物形状都属于本发明的保护范围;本实施例压缩系统中的形状记忆模块100、激励模块200和控制模块300只是本发明的一个例子,本领域的技术人员在没有做出创造性劳动的前提下,很容易想到根据形状记忆模块100所用形状记忆材料的不同而相应设计出其他不同的激励模块200和控制模块300;本领域的技术人员也很容易想到进一步细化在本发明中没有公开的激励模块和控制模块的人性化、智能化控制功能;以上工作都属于本发明的保护范围或/和技术启示。

[0053] 利用第三个实施例的压缩袜,本发明第四个实施例提供了压缩袜的压力测试装置及压力测试结果。请参见图4,图4为本发明第四个实施例提供的压缩袜压力测试装置示意图。如图4所示,本测试装置包括以下模块:

[0054] 圆柱管1,压力测试点2,Kikuhime压力传感器3,压缩袜4(图中为网格线)。将压缩袜4包裹在圆柱管1上之后,整个压力测试装置被置于加热室内,压缩袜4在压力测试点2处所产生的表面压力的变化可以通过Kikuhime压力传感器3的显示屏观察到。实验获得了在不同温度(30,40和50℃)和不同张力(5.85,13.06和20.27%)条件下对压缩袜加热所获得的额外压力。

[0055] 请参见图5,图5为本发明第四个实施例提供的不同温度下(30,40和50℃)压缩袜4所产生的压力随时间的变化图。如图5所示,当压缩袜4被置于加热室时,压缩袜4施加于圆柱管1上的压力随着时间的推移先上升,最后达到一个最大值并保持稳定。图5中L1、L2和L3分别为温度为30,40和50℃时,压缩袜4在相应温度作用下产生的最大压力值。我们很容易从图5中看出,L1<L2<L3,也就是说,温度越高,压缩袜4产生的额外压力越大。

[0056] 请参见图6,图6为本发明第四个实施例提供的不同张力(5.85,13.06和20.27%)下压缩袜4所产生的额外压力随时间的变化图。如图6所示,在张力分别为5.85,13.06和20.27%时,压缩袜4在相应张力条件下所增加的额外压力分别为5,6和9mmHg。张力越大,压缩袜4恢复形变时所产生的恢复力就也大,因此所产生的额外压力也就越大。

[0057] 从图5和图6的测试结果我们已经能非常清楚地看到,升高温度和/或增大张力会

导致压缩袜4产生额外的压力。

[0058] 请参见图7,图7为本发明第四个实施例提供的不同温度(30,40和50℃)、不同张力(5.85,13.06和20.27%)下压缩袜所产生的额外压力直方图。如图7所示,在同一温度下,张力越大,压缩袜4所产生的额外压力越大;同一张力下,温度越高,压缩袜4所产生的额外压力越大。

[0059] 在下面的表3中将给出在不同温度(30,40和50℃)和不同张力(5.85,13.06和20.27%)条件下压缩袜4所产生的额外压力的具体值。

[0060] 表3不同温度和张力的下压缩袜所产生的额外压力(单位mmHg)

[0061]

张力 (%)	温度		
	30℃	40℃	50℃
5.85	1.8 (0.4)	5.2 (0.4)	6.8 (0.74)
13.06	2.6 (0.5)	6.4 (0.5)	8.2 (0.4)
20.27	5.4 (0.5)	9.2 (0.7)	16.2 (1.7)

[0062] 注:括号内的值表示标准偏差。

[0063] 请参见图8,图8为本发明第四个实施例提供的小张力(5.85%)下压缩袜的压力随时间的变化图。如图8所示,当压缩袜受到温度(T=30,40或50℃)激励时,在长达8个小时的时间范围内,压缩袜所产生的压力先上升一段时间(约15分钟),然后随着时间的延长而下降。而置于室温中的压缩袜所产生的压力值一直在下降。从图8中我们还可以看出,温度越高的压缩袜,其压力值保持在某一目标值(如图中虚线所示的压力值)以上的时间越长。一般来说,

[0064] 患者白天穿戴压缩袜的时间约为8~10小时,图8表明本发明的压缩袜所提供的压力值及使用时长都能满足患者的需求。

[0065] 由上述实施例可以看出,在保证形状记忆压缩系统不脱离肢体的前提下,通过简单的加热方式,即可实现压缩系统压力的调节与控制,能轻易将压力值调节在所需范围内,这为医护人员提供了更大的自由操作空间,也可根据需要调节系统白天和夜间的压力值,提升使用舒适度;当长时间使用后,压缩系统的弹性力下降而使总的压力值低于目标值时,通过简单加热就能使形状记忆压缩系统产生额外的压力,避免更换新的压缩系统,节约了成本;由于形状记忆材料的伪弹性特征,形状记忆压缩系统在去掉张力后可自动恢复原状,可多次利用,节约了治疗成本;由于形状记忆材料能产生额外的压力,使得压缩袜的压力不再依赖于受损肢体的形状和尺寸特征,适用于任何尺寸的肢体,并且压缩系统产生的压力值能覆盖目前市场上的所有压力级别。

[0066] 以上所揭露的仅为本发明一种较佳实施例而已,当然不能以此来限定本发明之权利范围,本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例的全部或部分流程,并依本发明权利要求所作的等同变化,仍属于发明所涵盖的范围。

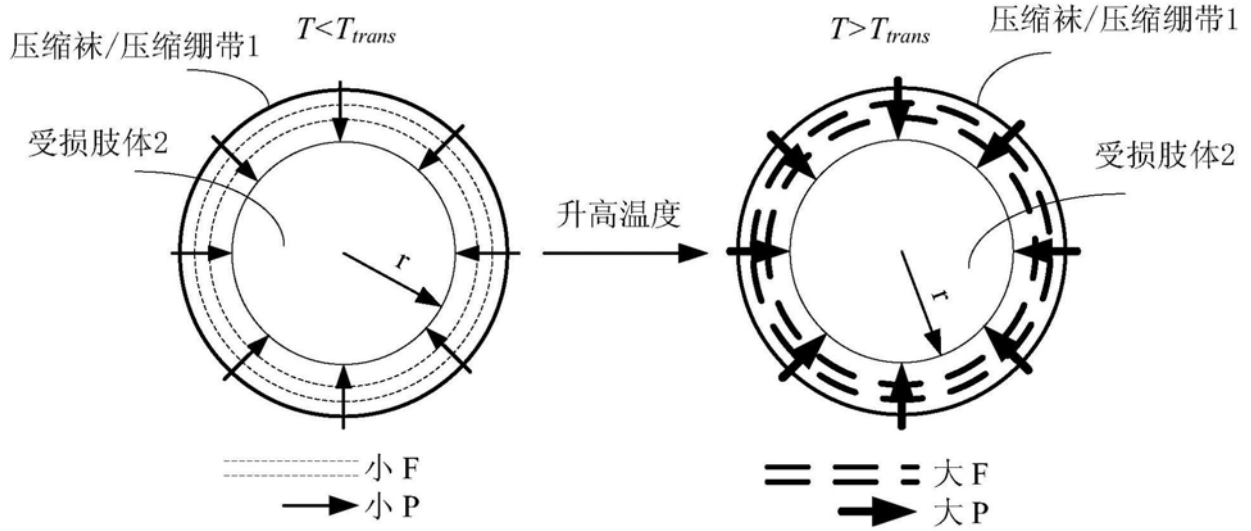


图1

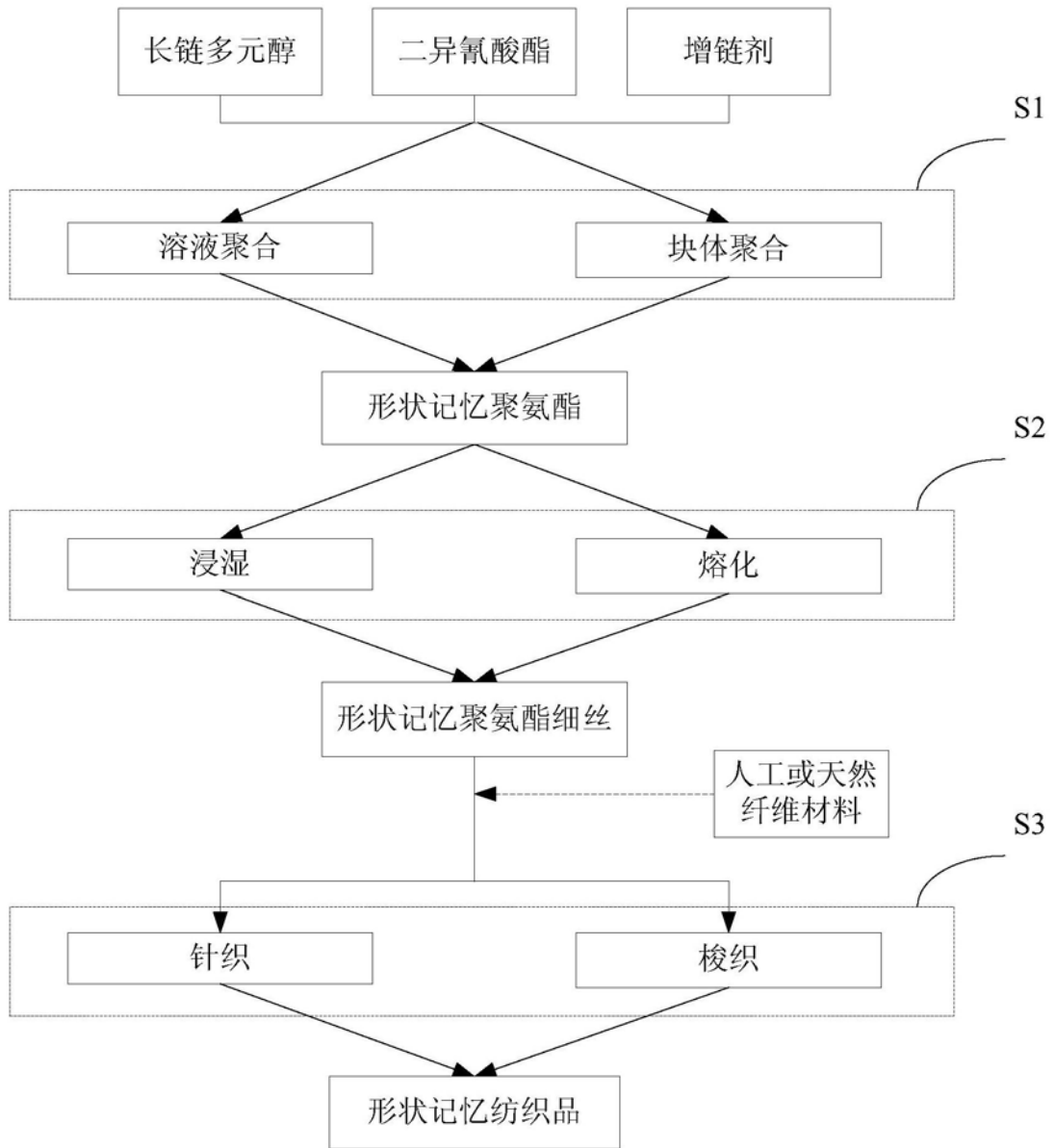


图2

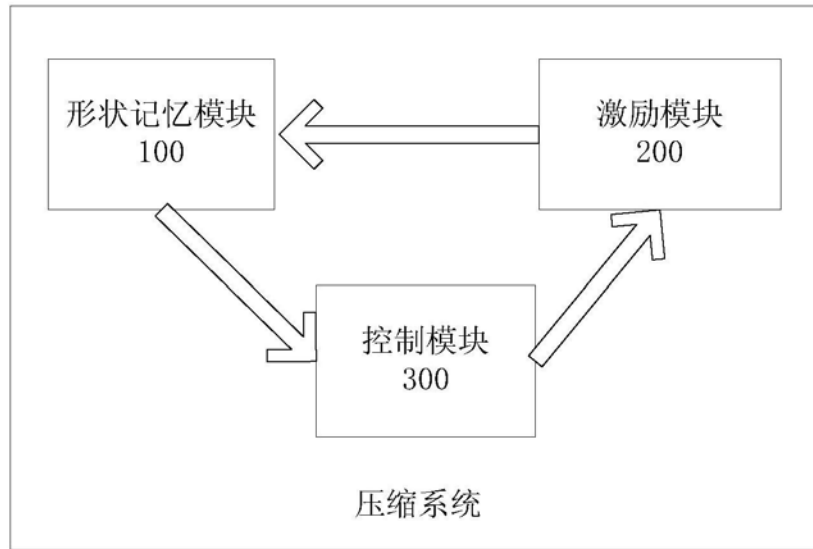


图3

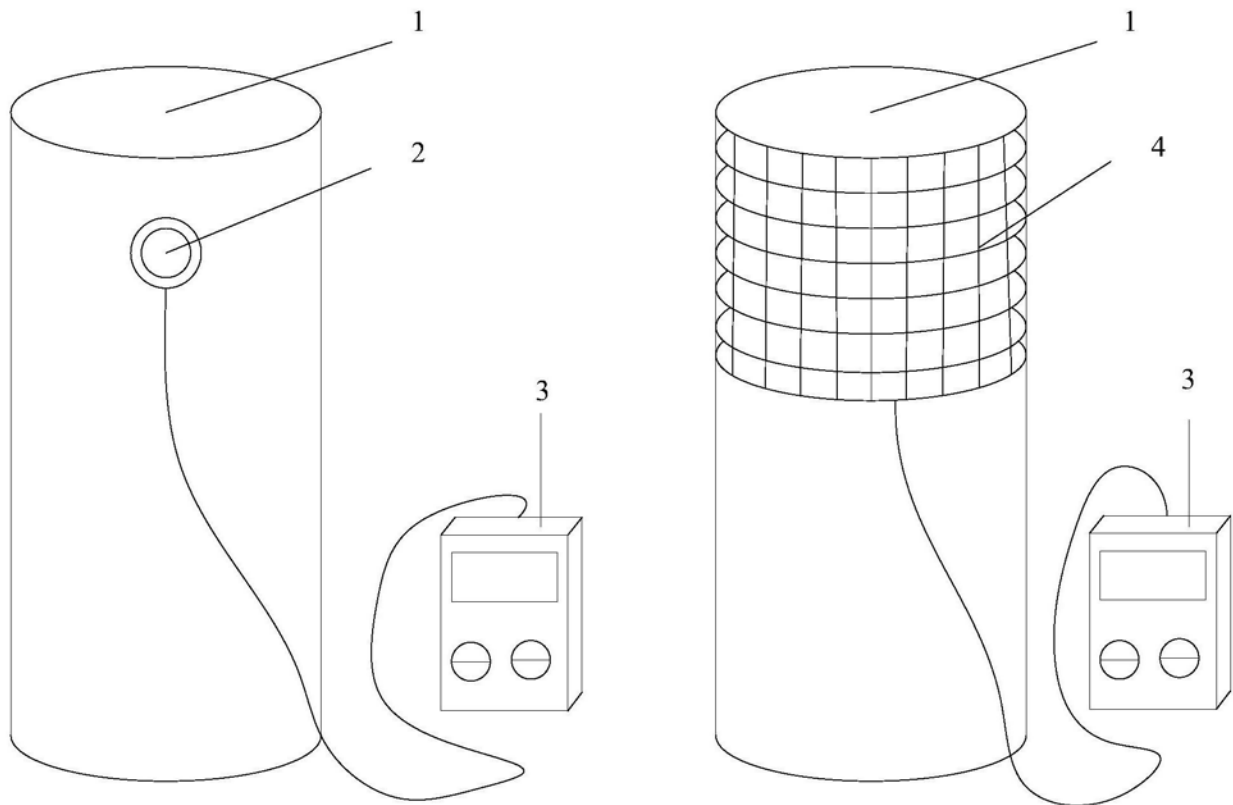


图4

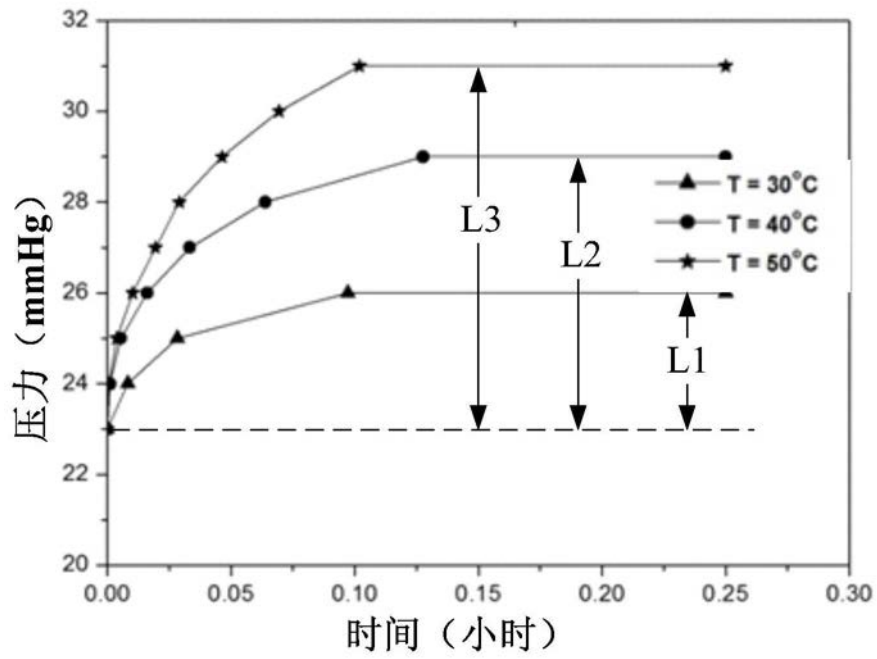


图5

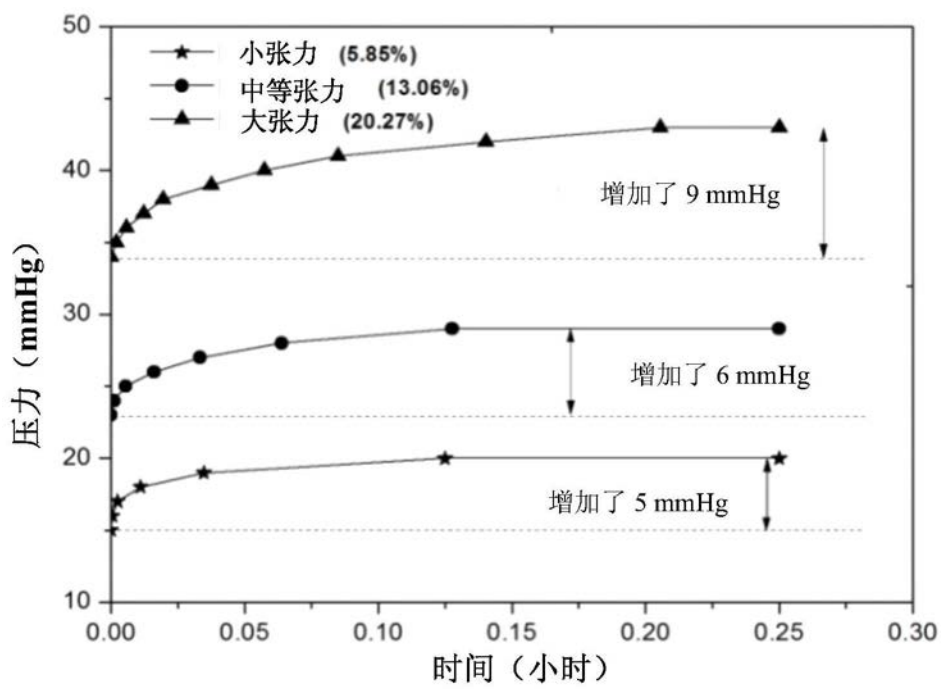


图6

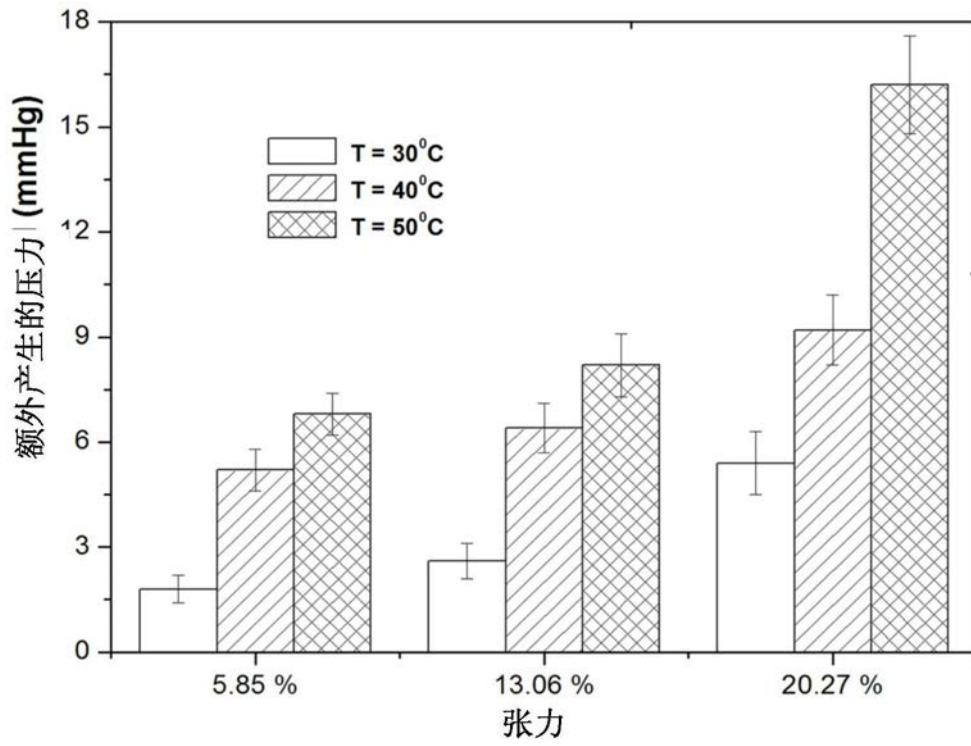


图7

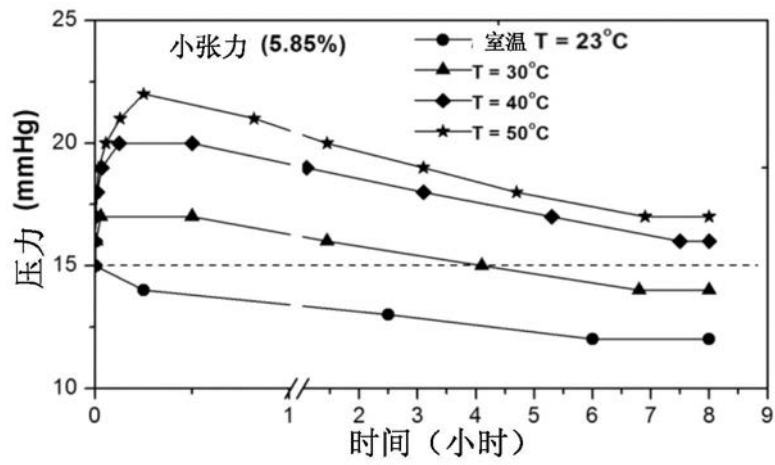


图8