



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109068989 A

(43)申请公布日 2018.12.21

(21)申请号 201780022237.1

(74)专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

(22)申请日 2017.02.21

代理人 张全信 赵蓉民

(30)优先权数据

62/310,974 2016.03.21 US

(51)Int.Cl.

A61B 5/00(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2018.10.08

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2017/018627 2017.02.21

(87)PCT国际申请的公布数据

W02017/165037 EN 2017.09.28

(71)申请人 体育科学协同作用公司

地址 美国马萨诸塞州

(72)发明人 S·N·车武恩特

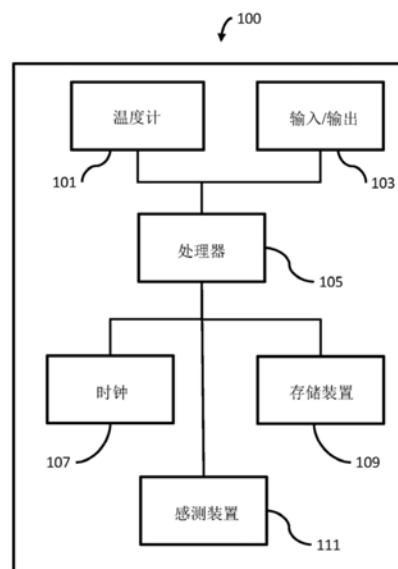
权利要求书2页 说明书10页 附图4页

(54)发明名称

用于准确估计响应于运动的皮肤水分损失的系统和方法

(57)摘要

一种用于准确估计由运动引起的皮肤水分损失的系统和方法。所述系统包括用于确定环境温度的组件和用于确定由运动产生的总能量消耗的组件。皮肤水分损失计算公式如下:皮肤水分损失=(m*(气温)+b)*(能量消耗),其中m是气温的函数,且b是常数。



1. 一种系统,其包括:

计算机系统,其包括至少一个处理器

用于确定环境温度的组件;

用于确定运动期间消耗的能量的组件;

应用程序,其当由所述至少一个处理器执行时,根据所述气温和所述运动期间消耗的所述能量来计算皮肤水分损失。

2. 根据权利要求1所述的系统,其中,计算所述皮肤水分损失的所述应用程序包括将所述气温与参数m相乘以获得第一结果的应用程序。

3. 根据权利要求2所述的系统,其中,计算所述皮肤水分损失的所述应用程序包括将所述第一结果与参数b相加以获得第二结果的应用程序。

4. 根据权利要求3所述的系统,其中,计算所述皮肤水分损失的所述应用程序包括将所述第二结果与运动期间消耗的所述能量相乘的应用程序。

5. 根据权利要求2所述的系统,其中所述参数m是通过测量产生于环境温度 T_1 下的运动的所述皮肤水分损失 WL_1 、测量产生于环境温度 T_2 下的所述运动的所述皮肤水分损失 WL_2 、估计所述运动期间消耗的能量的量E以及使用以下方程式求解m而计算:

$$m = (WL_1 - WL_2) / E / (T_1 - T_2)。$$

6. 根据权利要求3所述的系统,其中所述参数b是通过测量产生于环境温度 T_1 下的运动的所述皮肤水分损失 WL_1 、测量产生于环境温度 T_2 下的所述运动的所述皮肤水分损失 WL_2 、估计所述运动期间消耗的能量的量E以及使用以下方程式求解b而计算:

$$b = (WL_2 / E) - ((WL_1 - WL_2) / E) / (T_1 - T_2) (T_2)。$$

7. 根据权利要求1所述的系统,其中所述运动期间消耗的所述能量包括从对象的心跳速率或通过使用步数计或加速度计来估计所述能量消耗。

8. 根据权利要求1所述的系统,其中所述运动期间消耗的所述能量包括以下步骤:确定预定时间段 t_1 期间对象移动的距离;输入所述对象的体重 W_1 ;存取每单位体重消耗的卡路里的数量以及所述运动的时间F的测量;以及根据以下公式计算消耗的所述能量E:

$$E = (t_1) (W_1) (F)。$$

9. 一种计算对象的皮肤水分损失的方法,包括:

确定气温;

确定运动期间消耗的能量;

将所述气温乘以参数m以获得第一结果;

将所述第一结果与参数b相加以获得第二结果;以及

将所述第二结果乘以所述运动期间消耗的所述能量。

10. 根据权利要求9所述的方法,其中所述参数m和b是通过测量产生于环境温度 T_1 下的运动的所述皮肤水分损失 WL_1 、测量产生于环境温度 T_2 下的所述运动的所述皮肤水分损失 WL_2 、估计所述运动期间消耗的能量的量E,并且使用以下方程式求解m和b而估计:

$$m = (WL_1 - WL_2) / E / (T_1 - T_2)$$

以及

$$b = (WL_2 / E) - ((WL_1 - WL_2) / E) / (T_1 - T_2) (T_2)。$$

11. 根据权利要求9所述的方法,其中所述确定所述运动期间消耗的所述能量的步骤包

括从所述对象的心跳速率或通过使用步数计或加速度计来估计所述能量消耗。

12. 根据权利要求9所述的方法,其中所述确定所述运动期间消耗的所述能量的步骤包括以下步骤:确定预定时间段 t_1 期间对象移动的距离;输入所述对象的体重 W_1 ;存取每单位体重消耗的卡路里数量以及所述运动的时间 F 的测量;以及根据以下公式计算消耗的所述能量 E :

$$E = (t_1) (W_1) (F)。$$

13. 根据权利要求9所述的方法,其中所述确定运动期间消耗的所述能量(E)的步骤包括以下步骤:确定所述运动的MET;输入对象的体重;测量所述运动的时长,以及根据以下公式计算 E :

$$E = (\text{MET}) (W) (\text{时长})。$$

14. 一种非暂时性计算机可读媒体,其包含程序指令以用于致使计算机执行以下方法:

确定气温;

确定运动期间消耗的能量;

将所述气温乘以参数 m 以获得第一结果;

将所述第一结果与参数 b 相加以获得第二结果;以及

将所述第二结果乘以所述运动期间消耗的所述能量。

15. 根据权利要求14所述的非暂时性计算机可读媒体,其中所述参数 m 和 b 是通过测量产生于环境温度 T_1 下的所述运动的皮肤水分损失 WL_1 、测量产生于环境温度 T_2 下的所述运动的所述皮肤水分损失 WL_2 、估计所述运动期间消耗的能量 E ,并且使用以下方程式求解 m 和 b 而估计:

$$m = ((WL_1 - WL_2) / E) / (T_1 - T_2)$$

以及

$$b = (WL_2 / E) - (((WL_1 - WL_2) / E) / (T_1 - T_2)) (T_2)。$$

16. 根据权利要求14所述的非暂时性计算机可读媒体,其中所述确定所述运动期间消耗的所述能量的步骤包括从对象的心跳速率或通过使用步数计或加速度计来估计所述能量消耗。

17. 根据权利要求14所述的非暂时性计算机可读媒体,其中所述确定所述运动期间消耗的所述能量的步骤包括以下步骤:确定预定时间段 t_1 期间对象移动的距离;输入所述对象的体重 W_1 ;存取每单位体重消耗的卡路里的数量以及所述运动的时间 F 的测量;以及根据以下公式计算消耗的所述能量 E :

$$E = (t_1) (W_1) (F)。$$

18. 根据权利要求14所述的非暂时性计算机可读媒体,其中所述确定运动期间消耗的所述能量(E)的步骤包括以下步骤:确定所述运动的MET;输入对象的体重;测量所述运动的时长,以及根据以下公式计算 E :

$$E = (\text{MET}) (W) (\text{时长})。$$

用于准确估计响应于运动的皮肤水分损失的系统和方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请案还要求：2016年3月21日提交的题为“用于在运动中准确估计皮肤水分损失的系统和方法”的美国临时专利申请No. 62/310,974的权益，其通过引用结合于此。

技术领域

[0003] 本发明涉及通过使用仅将气温和能量消耗单独作为所需输入的方程式来准确地估计响应于运动而来自皮肤的水分损失。

背景技术

[0004] 人身体水分损失通过皮肤不可感知的蒸发和明显的排汗，呼吸以及消除体内废物（尿液和粪便）而发生。皮肤蒸发水分损失通常被称为汗液，尽管只有明显的损失是真正从汗腺分泌的，而不可感知的损失直接从皮肤蒸发。在体力劳动、运动或暴露于炎热环境期间，皮肤水分损失随内源（代谢）和外源（环境）卡路里增加而增加。身体水分损失可能很大，必须代替。由于生物和环境因素，人们的水分损失差异很大，因此体液需求也有很大差异。强烈建议避免过度饮水和饮水不足，以分别通过避免低钠血症和脱水来优化健康和表现。因此，亦强烈建议运动员和运动爱好者了解他们在特定情况下的个体皮肤水分损失率，并相应地调整饮水行为。

[0005] 皮肤水分损失的准确测量可以在实验室中通过体重分析方法结合适当的非皮肤质量损失校正（呼吸水分和CO₂-O₂交换）进行。裸体质量的简单变化可以用作近似替代物，但是未同时考虑体液摄入和尿液输出会使裸体体重的准确性变得混乱。长时间活动以及需要相对大量每单位体重和覆盖距离能量（例如，游泳）的活动尤其受益于非皮肤质量损失的额外校正。已经建立并公布了‘Sweat’预测方程，以帮助估算运动身体水分损失，而不依赖于测量体液损失或体液增加的需要，但是只有一种已集成到装置中以实时测量个身体水分损失（美国专利第6,138,079号）并且没有一项经过验证可用于运动员以确保估计不会产生过度饮水（低钠血症）或饮水不足（脱水）的重大风险。

[0006] 能量消耗和气温分别代表潜在的内源性和外源性体热增加源。这两个变量共同增加了水需求的不确定性，这是因为它们对水分损失有影响。对个体能量消耗的了解可以解决限制对个体运动水分损失的准确估计的大部分变化问题。为此，已经建立出许多不同的最先进的可穿戴传感器以准确地追踪能量消耗。气温对运动水分损失的强烈改变效果也可以通过简单地使用天气‘应用程序’来估算局部气温来解决。本发明通过将简单的热生理学方程与测量或获得的气温和测量的能量消耗的任何第三方参数相结合来计算与运动相关的个体皮肤水分损失。输出独立于常见的测量混杂因素（例如，体液摄入，尿液输出），并且针对非皮肤质量损失进行预校正。

[0007] 存在于公共领域的几个不同的方程式可用于估计运动期间的身体水分损失。运动员可用的方程式都没有经过验证的准确性。目前市场上只有一种装置（美国专利第6,138,079号）声称对运动员提供了计算运动期间的损失或必须补充水分的速率的方法。

[0008] 美国专利申请公开案第2014/0221792号公开了一种水合监测设备。水合监测设备包括数据采集单元,分析单元,传感器接口,数据通信单元,显示器和输入输出接口。在个体中,可以通过使用传感器实时监测生物统计学,生物学和/或生理学状态。使用多变量分析的多模态分析,分别组合分析从传感器收集的数据,以确定个体的水合水平或脱水状态。收集的数据可能包括个体的心率。设备的准确性未知。

[0009] 美国专利第6,138,079号公开了一种用于计算通过脱水损失的水分量的装置。在运动开始时,诸如体重之类的个体数据被输入到装置中。所述装置根据指定的体重以及测量的户外温度和湿度计算平均体液损失。装置的准确性未知。

[0010] 需要一种简单而准确的系统和方法来计算运动导致的皮肤水分损失。

发明内容

[0011] 本发明通过提供用于测量由于运动而导致的皮肤水分损失的系统和方法,满足了本领域的上述需求。所述方法包括以下步骤:确定气温,测量运动期间消耗的能量,将气温乘以参数m以获得第一结果,将第一结果与参数b相加以获得第二结果并将第二结果乘以运动时消耗的能量。

[0012] 根据本发明的另一个实施例,提供了一种用于计算由运动产生的皮肤水分损失的系统。所述系统包括计算机系统,所述计算机系统包括至少一个处理器、用于确定环境温度的组件、用于确定运动期间消耗的能量的组件,以及一种应用程序,其在由所述处理器执行时,以运动期间的所述环境温度及所述消耗的能量的函数计算皮肤水分损失。

附图说明

[0013] 图1是用于测量由于运动引起的皮肤水分损失的装置的示意图。

[0014] 图2是显示气温与每千卡的皮肤水分损失之间关系的概括图。

[0015] 图3是测量总皮肤水分损失和总皮肤水分损失率的方法的流程图。

[0016] 图4是使用参数m和b计算总皮肤水分损失和总皮肤水分损失率的方法的流程图。

具体实施方式

[0017] 图1示出用于测量运动导致的总皮肤水分损失的装置100。装置100可包括温度确定组件101、输入输出组件103、处理器105、时钟107、存储装置109和能量消耗感测装置111。

[0018] 温度确定组件101可以是用于测量环境温度的温度计,或者是基于位置下载环境温度的应用程序。

[0019] 已经描述了许多测量运动期间能量消耗的装置。例如,美国专利第4,855,942号,标题:计步器和/或卡路里测量装置和方法(Bianco,1989年8月8日)描述了一种装置,其中通过具有在其期间对象移动确定的距离的预定自行车时间的计算机,近似执行运动例程的对象消耗的卡路里数。标题为:监测体内活动的卡路里消耗(Mault,2003年5月27日)的美国专利第6,571,200号公开了一种用于监测对象的卡路里消耗率的设备,其包括用于检测及测量对象的卡路里消耗速率的卡路里消耗速率检测器;用于检测和测量对象身体活动的身体活动检测器;以及处理器,,其用于存储测量的卡路里消耗速率和并行测量的多个不同身体活动和活动速率中的每一个的身体活动,以允许每个随后检测到的身体活动测量值能够

被转换为对应对象的卡路里消耗速率。

[0020] 例如,能量消耗感测装置111可以包括用于检测和测量运动者的卡路里消耗率的卡路里消耗率检测器。卡路里消耗率检测器可以包括身体活动检测器,其可以检测对象的身体活动,包括步行,以及以不同的速率跑步,和/或对象的体力消耗,例如对象的心率。已经建立了其它传感器来测量运动期间的卡路里消耗。一些传感器将机械能输出转换为运动者消耗的卡路里。其它传感器使用用户心率与遍及个体总体心率范围内燃烧的卡路里之间的预先建立的关系来测量脉搏率并估计卡路里总量。

[0021] 计算能量消耗的另一种方法是提供一种传感器,其测量自行车移动部件(例如,手臂)在运动期间移动的次数。这可以实现为具有多个脉冲的计步器,其与对象行进的步数成正比。响应于计步器的输入,以及指示对象年龄、体重和性别的预设输入来计算卡路里。卡路里由具有已知体重的对象以步行、慢跑或跑步移动预定距离所燃烧的卡路里数的近似线性关系确定。燃烧的卡路里与体重之间的线性关系可近似为:

[0022] (燃烧的卡路里) = $a * (\text{距离}) + c$

[0023] 其中 a 和 c 是根据对象的性别而变化的预定常数。

[0024] 另一种计算运动能量消耗的方法是使用代谢当量(metabolic equivalent; MET)值,按照下面的公式:

[0025] 运动能量消耗 = (MET) (体重) (时长)

[0026] 已经针对各种活动计算了MET值,例如自行车,健美操,划船,跑步等。活动的MET值范围从0.9(睡眠)到23(以22.5km/h或4:17英里的速度跑步)。因此,可以通过将运动的体重和时长的乘积乘以运动的MET值来确定运动能量消耗。

[0027] 另一种计算运动能量消耗的方法是:确定对象在预定时间段 t_1 期间行进的距离;输入对象 W_1 的体重;获取每单位体重消耗的卡路里数量和运动时间 F 的测量值;并根据以下公式计算消耗的能量 E :

[0028] $E = (t_1) (W_1) (F)$ 。

[0029] 在本发明中,已经确定可以通过使用气温和能量消耗,根据下式估算皮肤水分损失:

[0030] $(m * (\text{气温}) + b) * (\text{能量消耗}) = \text{皮肤水分损失}$ 。

[0031] 使用传热的生物物理学和生理学来获得以mL/kcal为单位的水分损失,然后将其相对于以摄氏度的气温回归运算。通过使用大量基本生物物理学、生理学和运动科学术语和计算(包括公共领域中的术语),建立了许多较小理论条件范围下的皮肤水分损失(mL/kcal)和气温坐标的许多值。斜率(m)和截距项(b)是线性回归分析的输出。这些参数是最终允许简单实现非常复杂信息的关键。跑步(自行车,步行,游泳,踢足球等)的 y 和 x 之间的关系碰巧最拟合直线,因此 $y = mx + b$ 是最佳的数学拟合。因此,这产生具有斜率(m)和截距(b)项的线性方程。将斜率乘以气温,并且加上截距。参数 m 是气温的函数,参数 b 是常数项。结果是以mL/kcal为单位的水分损失。只需乘以总能量消耗即可获得总水量损失。除以时间,得到失水率。如果运动时长 $< 60\text{min}$,那么在计算出汗率之前,应将热生理学方程的mL/kcal解除以出汗的时间常数,以考量在运动开始时出汗不会立即开始的事实。当运动时长 $> 60\text{min}$ 时,未考虑延迟的情况不会显著影响。

[0032] 参数 m 和 b 可以通过测量环境温度(T_1)下运动所产生的皮肤水分损失(WL_1)、测量环

境温度 (T_2) 下运动所产生的皮肤水分损失 (WL_2)、估算运动期间消耗的能量 (E) 并使用以下方程式求解 m 和 b :

$$[0033] \quad m = ((WL_1 - WL_2) / E) / (T_1 - T_2)$$

[0034] 以及

$$[0035] \quad b = (WL_2 / E) - (((WL_1 - WL_2) / E) / (T_1 - T_2)) (T_2)。$$

[0036] 上面的广义方程对于步行, 自行车甚至游泳都是相同的。唯一会改变的是参数 m 和常数 b 。类似地, 相同的广义方程可以适用于团队运动, 小组水分规划, 甚至可以调整为包括额外的输入 (使用多元线性回归), 以在期望的测试条件落在原始方程域之外时改善方程式性能。

[0037] 皮肤水分损失是内源性 (肌肉代谢) 和外源性 (环境) 热量增加的函数。皮肤的经皮 (非汗液) 水分损失随着代谢和环境温度的增加而增加。随着体核 (T_c) 和皮肤温度 (T_s) 的变化, 体温调节出汗增加 (Stolwijk 等, 1968)。在研究实验室之外测量这些变量是不切实际和不方便的。然而, 这些变量之间的关系通常是线性的, 并且可以通过更方便的测量或甚至估计来合理地近似。例如, T_c 的变化可以通过产热来近似, 其可以通过能量消耗来近似。当针对体重标准化时尤其如此。 T_s 可以通过环境温度来近似。因此, 响应于运动的皮肤水分损失在理论上可以仅通过能量消耗和环境温度的知识来近似。

[0038] 创建了一个小的理论范围的条件, 从中近似了皮肤水分损失。这些条件包括一系列真实的体重 (60至90kg)、体表面积 (1.68至2.08 m^2)、跑步速度 (140至280m/min) 和环境气温 (10至35 $^{\circ}C$) 的组合。相对湿度根据气温在35%至75%之间变化, 并假设气温和相对湿度之间存在每日往复自行车。相关的空气水蒸汽压力范围为6.91至14.81mm Hg。蒸发冷却的理论要求被设定为小于环境最大蒸发容量的70% (即 $E_{req}/E_{max} < 0.70$), 因此假设蒸发效率高。更潮湿的条件需要第三个蒸汽压力项 (多元回归), 可用于预测皮肤水分损失, E_{req}/E_{max} 在0.71和1.10之间。理论行驶距离设定为42km。在现实世界中, 在这些条件下穿着的任何衣物都会有很大差异, 因此衣物完全被排除在分析之外, 并被认为是潜在误差的来源。通过在 Excel[®] 电子表格中串联热平衡和能量消耗的标准生物物理方程来估算皮肤水分损失。所关注的变量之间的大多数定量关系来自公开文献。在没有关于所述分析所关注的变量的定量方程的情况下, 从头建立了方程式。从方程和状态的这一主文件, 对于每单位能量消耗 (毫升/千卡) 产生皮肤失水输出, 并最终通过迫使函数关联到气温 ($^{\circ}C$)。创建最终的单个热生理学方程, 当仅知道气温和能量消耗时, 所述方程可用于估计皮肤水分损失。

[0039] 图2是说明环境温度与每卡路里消耗的能量之间的关系的概括图。可以通过测量在第一温度下运动期间的皮肤水分损失以及所述对象在这种运动期间消耗的能量, 并测量在第二温度下运动期间的皮肤水分损失, 以及运动期间所述对象消耗的能量, 来测量参数 m 和 b 。这些测量将提供两个数据点, 这些数据点足以代数求解参数 m 和常数 b 的线性方程。对于每个个体, m 和 b 的准确值将略有不同。已经建立一条最佳拟合线, 以提供在可接受的指定误差限度内“为每个人”起效的单个 m 和 b 值。

[0040] 准确性, 验证和比较

[0041] 固有方程误差 $< 55mL/1000kcal$ 的能量消耗, 因此与用于测量野外全身出汗率的大多数医疗量表的分辨率相比, 它完全可以忽略不计。为了测试热生理学方程的估计有效性, 从公开文献中确定并汇编了10项研究, 其中仔细测量了身体水分损失率 (L/h), 且所述损失

率是基于长时间户外跑步运动或具有真实对流气流的室内跑步运动(跑步机)期间的体重变化而报告(表1)。对于未校正非皮肤体重损失的研究,从报告的全身损失中减去标准化校正,其以每单位能量消耗表示(即g/kcal)。在10项研究中,除了能量消耗外,获得了所需输入的109次独立观测(表2),其根据Excel®文件中使用的相同标准方程估算。将热生理学方程与公开文献(Barr和Costill,1989)或专利形式(Putnam,2000)(表2)中公布的两个其它方程进行比较。基于热平衡参数的其它方程虽然在职业或军事环境中普遍采用,但由于一些原因未进行评估。简而言之,它们需要许多输入(即 ≥ 10),包括一些通常未知的输入,例如衣物绝缘和蒸汽渗透特性。更重要的是,运动员和娱乐爱好者运动的条件可能远远超出所述方程的有效范围,因此极大地限制了它们对运动的使用,应用和有效性。

[0042]

表格 1.用于比较和验证方程性能(跑步)的研究。	
研究(第一作者姓名, 期刊, 出版年份)	#个体观察
Adams 等人《应用生理学期刊(Journal of Applied Physiology)》(1975年)	13
Byrne 等。《体育与运动中的医学与科学(Medicine and Science in Sports & Exercise)》(2006)	18
Cheuvront 等人《体育科学期刊(Journal of Sports Sciences)》(2001年)	24 *
Cohen 等人《南非医学期刊(South African Medical Journal)》(1978年)	18
Magazanik 等人《应用生理学期刊(Journal of Applied Physiology)》(1974年)	6
Maron 等人《欧洲应用生理学期刊(European Journal of Applied Physiology)》(1975年)	6
Maron 等人《应用生理学期刊》(1977年)	6
Myhre 等人《欧洲应用生理学期刊》(1982年)	3
Myhre 等人《应用生理学期刊》(1985年)	11
Pugh 等人《应用生理学期刊》(1967年)	4
总计	109
*论文报告组平均值; 个体数据自佛罗里达州立大学 Cheuvront 论文(2000)获取。	

[0043] 表2列出了分析中比较的方程式及其所需的输入。

[0044]

表 2.用于估计运动期间体内水分损失率的方程式。		
作者	方程式	输入
Barr&Costill,1989	$\frac{kg \times \frac{km}{H}}{720}$	身体质量; 跑步速度
Putnam,2000年	$\frac{METS \times kg \times Ta + rh^2}{1450}$	METS, 体重, 气温; 相对湿度的平方
申请人的发明	$\frac{(m(\text{气温}) + b) \times \text{能量支出}}{\text{时间}}$	气温, 能量消耗, 时间(如果速率为期望值)
所有方程式输出归一化为 L/h 单位以进行比较。		

[0045] 以两种方式检查方程精度并进行比较。第一种方法是指定一个可接受的“绝对”估

计误差率为 $\pm 0.250\text{L/h}$ 。基于 $\leq 1.0\text{L}/4\text{小时}$ 的期望总量误差率来选择所述阈值。对于体型较小的运动员(约 50kg)， $\pm 1.0\text{L}/4\text{h}$ 可能在4小时的连续运动中增加或减少体重 $\pm 2\%$ ，分别增加低钠血症和脱水的健康和表现风险(Almond等,2005年;Sawka等,2007年)。虽然这些是保守的估计,可以防止运动过程中超过4小时的健康和表现风险,但随着运动事件变得越来越久(即过耐力事件)以及当汗液电解质损失与电解质消耗之间存在负平衡时,它们变得更加重要。使用平均绝对差值(mean absolute difference;MAD)评估表现,以便在不考虑符号或方向性的情况下理解均值误差的大小。通过简单计算高估计(低钠血症风险)数目、低估计(脱水风险)数目和估计误差(总风险)总数来评估个体误差。正确估算皮肤水分损失的比值($\pm 0.250\text{L/h}$)计算为(比例正确/1-比例正确):1。

[0046] 测试方程精度的第二种方法是对实际体重(作为身体水分)的计算增加或损失应用 $\pm 2\%$ 的可接受的‘相对’估计误差。从观察到的文献中报告的运动身体水分损失率(表1)中减去皮肤水分损失的估计值,乘以运动时长,然后除以实际体重,并表示为质量增加或减少的百分比(表1)。体重急剧减轻 2% (作为水)是由于脱水导致的可测量受损表现的开始的保守阈值(Sawka等,2007)。体重急剧增加 2% (作为水)是症状性低钠血症发展的保守阈值(Almond等,2005)。第二种方法更为自由,因为 0.250L/h 或更高的误差可能不会明显增加运动时长 $< 4\text{小时}$ 的体形较大个体($> 50\text{kg}$)的风险。使用MAD评估性能,以便在不考虑符号或方向性的情况下理解均值误差的大小。正确估算皮肤水分损失的比值($\pm 2\%$ 体重)计算为(比例正确/1-比例正确):1。

[0047] 表4提供了与保守的绝对误差率阈值 $\pm 0.250\text{L/h}$ 相比的方程性能的结果。只有本文公开的方程式符合MAD标准。本文公开的方程式的正确估计的总体比值是 $2.34:1$ (正确性的概率为 70%)。Barr和Costill(1989年)和Putnam(2000年)的比值和概率分别为 $0.8:1$ (正确率为 44%)和 $1.3:1$ (正确性概率为 58%)。

[0048]

方程	MAD (L/h)	脱水风险 误差	低钠血症风险 误差	总风险 误差	正确估计的 比值
Barr&Costill,1989	0.302	20/109	43/109	61/109	0.8:1
Putnam, 2000 年	0.258	3/109	43/109	46/109	1.37:1
申请人的发明	0.188*	17/109	16/109	33/109	2.3:1

* =可接受的表现

[0049] 表5提供了与自由相对误差阈值 $\pm 2\%$ 体重相比的方程性能结果。对于更自由的阈值,所有三个方程符合MAD标准。对于本文公开的方程式的正确估计的总体比值是 $12.5:1$ (正确性的概率为 93%)。Barr和Costill(1989年)和Putnam(2000年)的比值和概率分别为 $2.6:1$ (正确率为 72%)和 $4.4:1$ (正确性概率为 82%)。

[0050]

方程	MAD (% 身体质量)	脱水风险 误差	低钠血症风险 误差	总风险 误差	正确估计的 比值
Barr&Costill,1989	1.45%*	15/109	15/109	30/109	2.6:1
Putnam,2000 年	1.26%*	1/109	19/109	20/109	4.4:1
申请人的发明	0.92%*	8/109	3/109	11/109	12.5:1

* =可接受的表现

[0051] 申请人的热生理学方程对于所测试的数据集是有效的,其主要包括在145至268m/min的测量跑步速度下的户外跑步(或具有足够气流的跑步机),15至42km的距离,60min至280min的跑步时长,10至35℃的气温,41.6至88.3kg的体重范围,0.38至2.11L/h的测量的皮肤失水率。

[0052] 还建立了对于户外步行、自行车和游泳运动的方程式的参数m和b的调整。再次创建了一个较小理论范围的条件,以跑步近似皮肤水分损失。条件与跑步条件相同,不同之处在于对于自行车,运动速度范围为286至572m/min。对于步行,移动速度范围为80.4至127m/min。在26至28℃的温度的水中的游泳速度为30至60m/min。固有方程误差大于跑步($< 55\text{mL/kcal}$)但仍小于118mL(步行)、207mL(自行车)和64mL/1000kcal(游泳)。验证数据仅限于少数几项研究,仅报告户外自行车,散步和游泳运动的组平均失水率。一旦针对非皮肤质量损失(呼吸水和 $\text{CO}_2\text{-O}_2$ 交换)进行校正,那么申请人的方程式估计在所检查的6项研究中有6项的水分损失在 $\pm 0.250\text{L/h}$ 之内(表6)。

[0053]

研究性学习(第一作者姓名,期刊,出版年份)	MAD (L/h)
Brown 等人,《欧洲应用生理学期刊》(1985年) - 自行车	-0.173 *
Lemon 等人,《体育科学期刊》(1989年) - 游泳	-0.185 *
Saunders 等,《Acta Physiologica Scandinavica》(2005年) - 自行车	-0.039 *
Maughan 等,《国际体育营养和运动代谢期刊(International Journal of Sport Nutrition and exercise Metabolism)》(2009年) - 游泳(男性)	0.061 *
Maughan 等,《国际体育营养和运动代谢期刊》(2009年) - 游泳(女性)	0.022 *
O'Neal 等,《欧洲应用生理学期刊》(2012年)	0.053 *
福克斯和伯恩斯,《竞争性自行车中的热量和体液平衡(Thermal and fluid balance in competitive cycling)》, DeSales 大学(2013)	0.148 *

*可接受的性能 ($\pm 0.250\text{L/h}$)。

[0054] 对足球的适应性进行了类似的验证,其中6个估计组平均值中的5个被预测在 $\pm 0.250\text{L/h}$ 内(表7)。

[0055]

表 7.用于比较和验证足球方程表现的研究。数据来自报告的组均值。	
Maughan 等人,《国际体育营养和运动代谢期刊》(2007年) - A 队	-0.272
Maughan 等人,《国际体育营养和运动代谢期刊》(2007年) - B 队	-0.216 *
Kurdak 等人,《斯堪的纳维亚体育医学和科学期刊 (Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports)》(2010年) - W1 队	-0.064 *
Kurdak 等人,《斯堪的纳维亚体育医学和科学期刊》(2010年) - S1 队	-0.163 *
Kurdak 等人,《斯堪的纳维亚体育医学和科学期刊》(2010年) - W2 队	-0.005 *
Kurdak 等人,《斯堪的纳维亚体育医学和科学期刊》(2010年) - S2 队	-0.099 *
*可接受的性能 (± 0.250 L/h)。	

[0056] 图3示出测量总皮肤水分损失的方法115。

[0057] 在步骤117中,参数m存储在装置存储器中。在一些实施例中,可以存储m的多个值(例如, m_1, m_2, \dots, m_n),其中m的每个值对应于特定类型的运动(例如,游泳,自行车,步行等)。

[0058] 在步骤119中,参数b存储在装置存储器中。在一些实施例中,可以存储b的多个值(例如, b_1, b_2, \dots, b_n),其中b的每个值对应于特定类型的运动(例如,游泳,自行车,步行等)。

[0059] 在步骤121中,确定气温。可以通过测量气温,或通过从按位置提供气温的网站下载测量的气温,来确定气温。

[0060] 在步骤123中,测量个体的能量消耗。通过心率记录可以获得能量消耗的间接评估。在任何个体中,心率和氧气消耗之间存在关系,并且这种关系是通过在长时间内记录心率来监测身体活动的基础。然而,众所周知,心率和能量消耗之间的关系将在个体内变化,这取决于所进行的身体活动的类型。测量能量消耗的其他方法可以包括使用测力计,其为测量例如室内划船者所作的功的量的装置,被校准成测量产生的能量的量。用于测量身体活动的其它装置包括计步器和加速度计。它们将附接在身体上以检测运动并提供总活动的估计。

[0061] 在步骤125中,使用气温、能量消耗、参数m和参数b计算总皮肤水分损失。

[0062] 在步骤127中,可以通过将总皮肤水分损失除以运动时间长度来计算总皮肤水分损失率。

[0063] 图4是示出运动期间皮肤水分损失的计算方法131的流程图。

[0064] 在步骤133中,从存储器中检索参数m的值。

[0065] 在步骤135中,将参数m乘以气温以获得第一结果。

[0066] 在步骤137中,从存储器中检索参数b的值。

[0067] 在步骤139中,将参数b的值加到来自步骤135的第一结果中以获得第二结果。

[0068] 在步骤141中,将能量消耗乘以步骤139的第二结果,以提供总的皮肤水分损失。

[0069] 在步骤143中,总皮肤水分损失除以能量消耗的时间长度。

[0070] 应该注意,对于图3和图4所示的步骤不必要按顺序执行,并且应当按顺序或不按顺序执行所有步骤以实现本发明的结果。装置100可以是个人计算机(personal computer; PC)、UNIX工作站、服务器、大型计算机、个人数字助理(personal digital assistant; PDA)、智能手机、移动电话、平板计算机、笔记本计算机、上网本、平板计算机,或这些装置的一些组合。进一步根据本发明的各种实施例,本文描述的方法旨在用于专用硬件实现的操作,包括但不限于PC、PDA、半导体、专用集成电路(application specific integrated

circuit;ASIC)、可编程逻辑阵列、云计算装置和构造成实现本文所述方法的其它硬件装置。这里描述的计算机装置包括标准组件,例如处理器/控制器、存储器、显示器、输入/输出装置(键盘、鼠标等)、通信总线,连接(USB、串行、无线)、包括操作系统以及预测和预报技术等软件、摄像头、电源等。

[0071] 还应注意,如本文所述的本发明的软件实现可选地存储在有形存储介质上,例如:诸如磁盘或磁带的磁介质;磁光或光学介质,如磁盘;或者诸如存储卡或其它封装的固态介质,其容纳一个或多个只读(非易失性)存储器、随机存取存储器或其它可重写(易失性)存储器。电子邮件的数字文件附件或其它独立信息档案或档案集可以被视为等效于有形存储介质的分布介质。因此,本发明被认为包括如本文所列的有形存储介质或分布介质,并且包括其中存储了本文的软件实施方案的本领域公认的等效物和后继介质。这里描述的软件可以是一个软件模块的一部分,并且不需要是分开的。

[0072] 通信媒体通常包含计算机可读指令、数据结构、程序模块或调制信号中的其它数据,例如载波或包括任何信息传递介质的其它可传输机制。诸如通信媒体的计算机可读介质可以包括诸如射频、红外微波的无线介质,以及诸如有线网络的有线介质。此外,计算机可读介质可以存储和执行分布在经由网络连接的计算机中的计算机可读代码。计算机可读介质还包括协作或互连的计算机可读介质,其位于处理系统中或分布在可处于处理系统本地或远程的多个处理系统中。本发明可以包括其上存储有数据结构的计算机可读介质,所述数据结构包括有包含表示本发明技术的数据的多个字段。

[0073] 本发明的许多特征和优点从详细说明中显而易见,因此,所附权利要求旨在覆盖落入本发明的真正精神和范围内的本发明的所有这些特征和优点。另外,因为所属领域的技术人员将易于想出许多修改和变化,并不希望将本发明限于所说明和描述的确切构造和操作,并且因此,可采用属于本发明的范围内的所有合适的修改和等效物。

[0074] 参考

[0075] 1. Benedict FG, Root HF. 《不可渗透的汗液:它与人体生理和病理学的关系。(Insensible perspiration: Its relation to human physiology and pathology.)》Int Med 38档案:1-35, 1926年。

[0076] 2. Pinson, EA. 《汗腺未活动情况下的人体皮肤蒸发(Evaporation from human skin with sweat glands inactivated.)》。《美国生理学期刊(American Journal of Physiology)》, 137:492-503, 1942。

[0077] 3. Stolwijk JAJ, Saltin B, Gagge AP. 《与运动时出汗有关的生理因素。(Physiological factors associated with sweating during exercise.)》《航空航天医学(Aerospace Med)》10月:101-1105, 1968年。

[0078] 4. Barr, SI, Costill, DL. 《水:耐力运动员可以摄入过多有益物质吗?(Water: Can the endurance athlete get too much of a good thing?)》《美国饮食协会杂志(Journal of the American Dietetic Association)》, 89(11):1629-1635, 1989年。

[0079] 5. Almond, CSD, Shin AY, Fortescue EB, Mannix RC, Wypij D, Binstadt BA, Duncan CN, Olson DP, Salerno AE, Newburger JW, Greenes DS. 《波士顿马拉松赛跑者中的低钠血症。(Hyponatremia among runners in the Boston Marathon.)》《新英格兰医学期刊(New England Journal of Medicine)》, 352:1550-1556, 2005年。

[0080] 6.Sawka、MN、Burke、LM、Eichner、ER、Maughan、RJ、Montain、SJ、Stachenfeld、NS。
《运动和体液补充。(Exercise and fluid replacement.)》《体育与运动中的医学与科学
(Medicine and Science in Sports and Exercise)》,39:377-390,2007年。

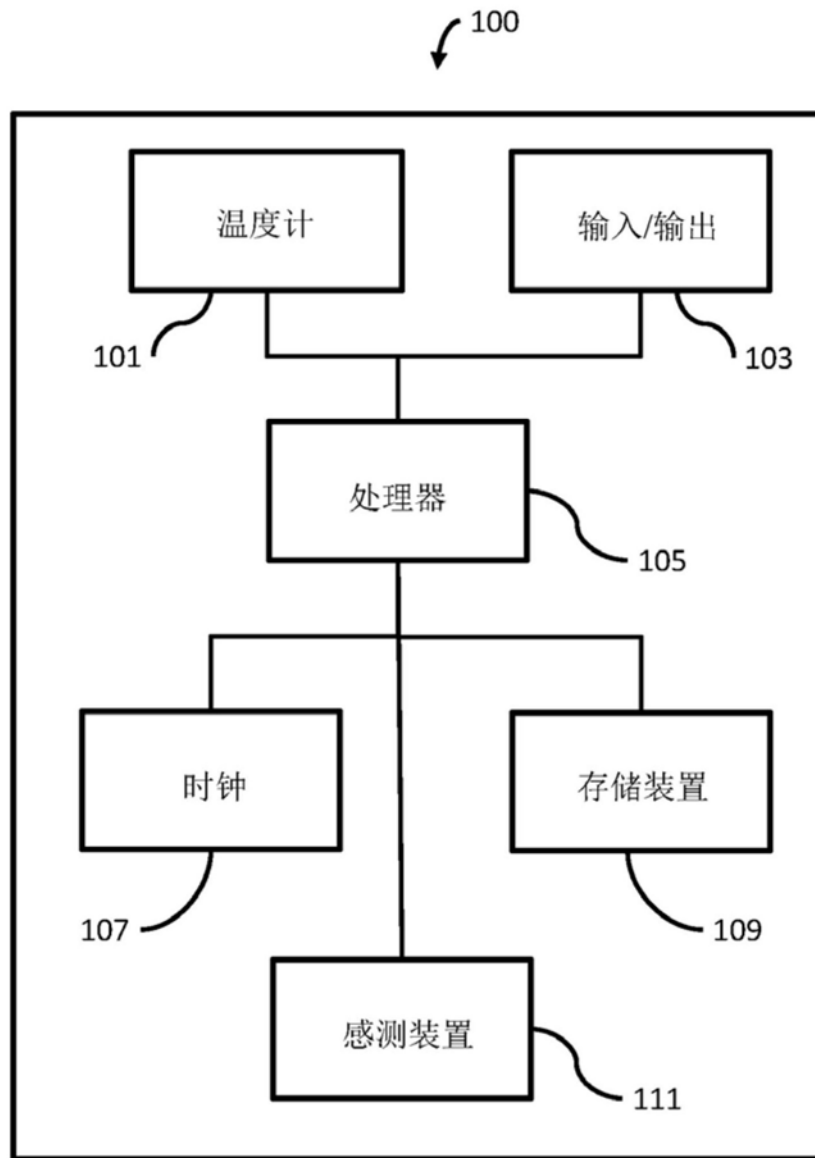


图1

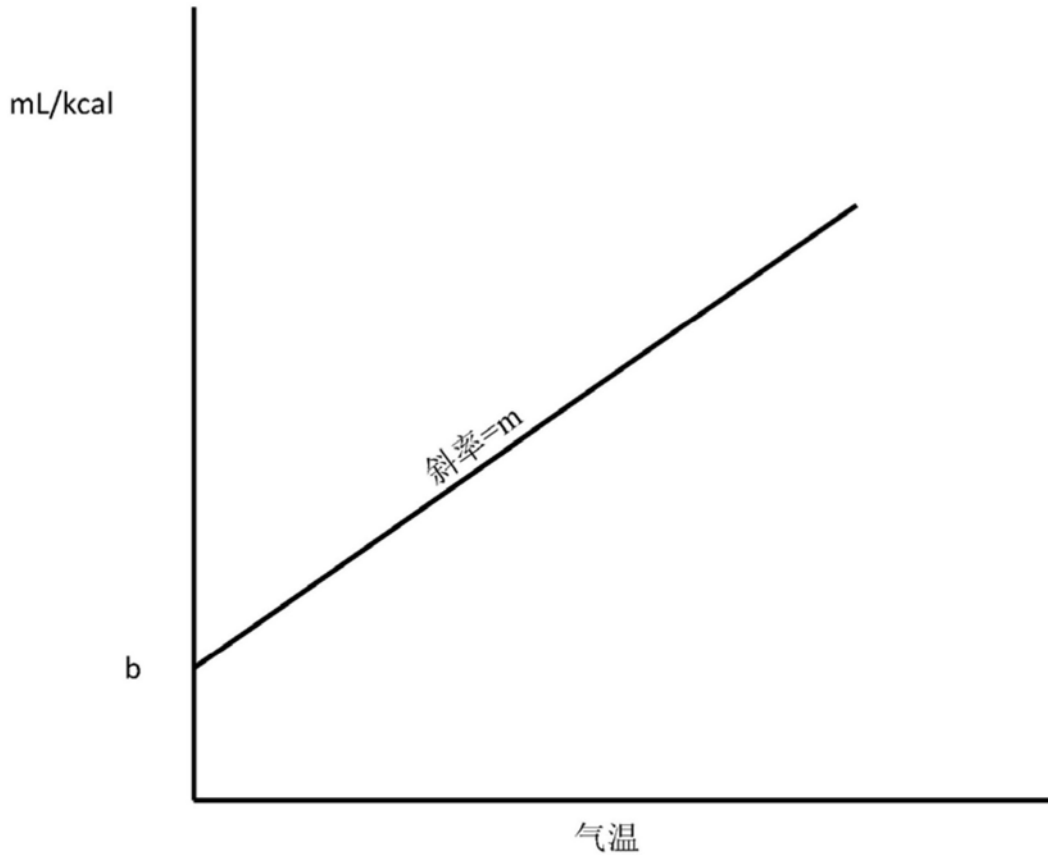


图2

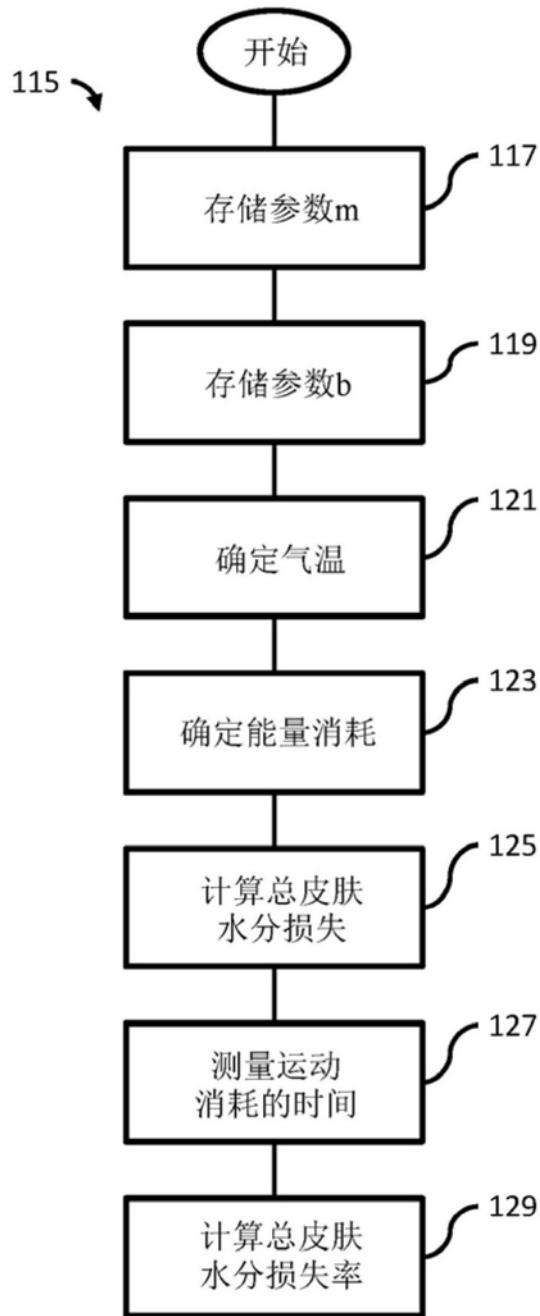


图3

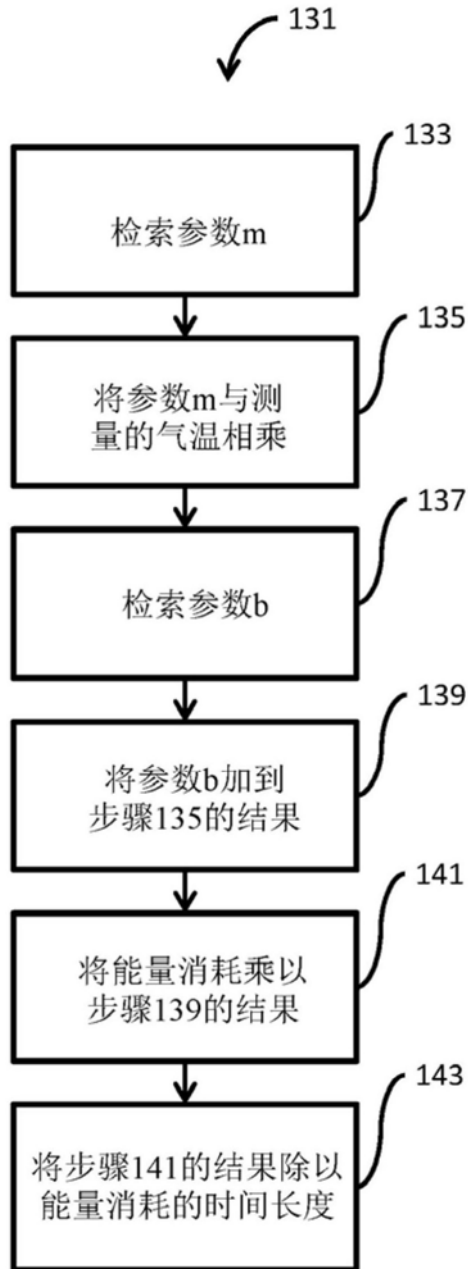


图4

专利名称(译)	用于准确估计响应于运动的皮肤水分损失的系统和方法		
公开(公告)号	CN109068989A	公开(公告)日	2018-12-21
申请号	CN201780022237.1	申请日	2017-02-21
[标]发明人	S N 车武恩特		
发明人	S·N·车武恩特		
IPC分类号	A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/1118 A61B5/4266 A61B5/4866 A61B5/4875 A61B5/7278 A61B2503/10 A61B2560/0252		
代理人(译)	张全信		
优先权	62/310974 2016-03-21 US		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

一种用于准确估计由运动引起的皮肤水分损失的系统和方法。所述系统包括用于确定环境温度的组件和用于确定由运动产生的总能量消耗的组件。皮肤水分损失计算公式如下：皮肤水分损失 = (m*(气温)+b)*(能量消耗)，其中m是气温的函数，且b是常数。

