

步态分析可以提供有关某人的运动和运动动作模式，跌倒风险和平衡能力等的重要信息。世界范围内的很多运动实验室利用 2D 或 3D 动作捕捉系统，EMG，压力分布鞋垫或平台和测力板等工具来鉴定和量化整体运动，特别是在步行或跑步中。新型的 h/p/cosmos gaitway® 3d 是一款功能强大，创新且精确的生物力学系统，不仅适用于分析，还可提供在线生物反馈，应用于纠正步态康复和运动跑步。

## 测力板

人们可能需要评估作用在每个下肢上的外力，例如通过逆动力学方法来估算在踝关节，膝关节和髌关节处产生的关节力和力矩。测量力量的最常见方式是使用测力平台或集成型检测跑台。

测力平台可以精确地测量六分力和力矩分量，但是由于较低的初始投资，测力平台具有一些自身缺点。为了获得准确的数据，受试者只能使用一只脚作用于平台上，这是至关重要的。如果受试者错误地使用平台，例如只将脚的一部分置于其上或用双脚触碰平台，测量结果将是不准确的。这迫使受试者正确地将脚放在测力平台上。这将导致运动学和动力学参数，特别是步长的变化受到影响 (MEURISSE et al., 2016)。OGGERO 及其同事 (1998 年) 回顾了他们的试验，发现只有 25% 的受试者需要三次或更少的试验来获得一只脚的准确试验数据。

因此，为双脚提供足够的数据对研究人员和患者来说非常具有挑战性，耗时，疲劳和令人沮丧的，并降低了实验室的效率。此外，利用测力板的设置需要更多的空间，以便在撞击平板之前达到并保持一定的速度。尽管如此，测力板必须不偏不倚地安装在地板上，无论是在一个坑内还是被一个平台所包围，这使得改装到现有设施中变得非常困难。

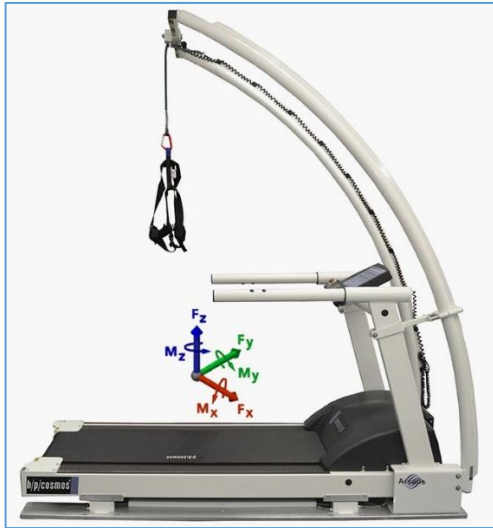
## 集成型检测跑台

现在有不同规格的不同商业集成型检测跑台可供选择。例如，压力分布平台可以集成在跑台皮带的下方。借助于该技术 (例如 ZEBRIS) 可以计算压力分布，各种步态和运行参数，COP，足部旋转，脚掌内旋，旋后，步态对称以及垂直力。

此外，可以嵌入 Optogait (MICROGATE) 等光学检测系统，并测量与之有关的时间和定位参数。然而，使用应变计或压电式负荷传感器测量力量被认为是现有技术水平和生物力学实验室的黄金标准。作为地面步态分析的替代方案，测力跑台在生物力学实验室中变得越来越普遍，因为它们允许测量重复步幅，需要更少的实验室空间并且通过嵌入的测力板可以测量地面反作用力 (SLOOT et al., 2014)。

最初的较高投资将通过更快的数据采集和实验室效率的提高来平衡。同样值得注意的是，从老年人到健康的短跑运动员步态范围内，都可以轻松调节跑台的恒定速度。

特别是当涉及到病态步态和运动疗法等临床应用时，跑台是不可或缺的工具。与测力板不同，集成型检测跑台可以在安全的环境中在跑台上记录无限数量的脚步 (使用预防跌倒的背心和/或减少部分体重的失重系统)。结合生物反馈和通过 robowalk® 强身器系统提供的额外步态支持，先进的集成型检测跑台在几乎所有步态应用中远胜传统测力板。



图例 1: gaitway® 3d 生物力学跑台具有安全拱撑倒预防系统以及可以拆卸的扶手以利于无视线障碍的运动捕捉。

### 分体式皮带和前后排列的跑台

由于人类行走中出现双重接触阶段，一些测力跑台制造商采用了分别测量左脚和右脚下的力量的想法。有些并排排列，还有一些前后排列的两个带有测力板的独立皮带。在这两种情况下，跑台的皮带都是分开的，这需要跑台上的受试者站在特定的位置上，以便清楚地测量力。该强制性的位置限制了受试者在跑台上自由和自然的运动。例如，ALTMAN 及其同事（2012 年）发现在并排分离式跑台上，步行宽度增加了 3.7 厘米。此外，还发现这种改变与膝关节和髌关节内收缩峰值减少之间的相关性。这可能是由于受试者试图在两条皮带上各保持一只脚时需要更多的脚踏空间。他们还指出，他们研究中使用的跑台其皮带之间的 4 毫米间隙相对于大多数其他分体式皮带跑台（例如 BERTEC 20 毫米）1-2 厘米的间隙要小得很多。在 3 到 4 倍的缺口宽度情况下，对步态基础的影响可能会更大，而这对运动学在医疗范畴上的影响可能非常重要。ZENI 和 HIGGINSON（2010）在他们的研究中得出结论，当使用分体式皮带跑台时，最大的担忧可能是步幅。此外，当在分体式皮带跑台上行走时初始的焦虑会导致不自然的步态模式。

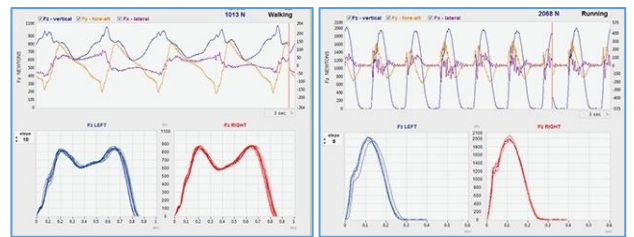
### 单皮带跑台

h/p/cosmos® gaitway® 3d 与上文提到的分体式皮带跑台不同，是由一个没有分体式皮带的大型单一

皮带平台组成。其具有多种不同尺寸的跑台甲板，例如 150/50 (图例 1), 170/65 以及 190/65cm。

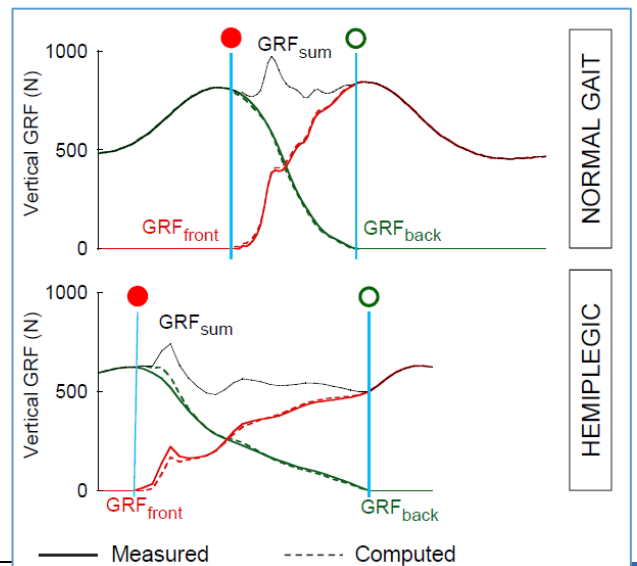
由于跑步由单个接触阶段组成（每次只有一只脚在地面上），跑台也可以在较高的速度下测量力量。足够的跑步接触面鼓励自然的跑步位置。稍微向前或向侧移动不会影响测量精度。

同样在跑台上行走时，受试者不需要担心位置的问题，不需要将脚后跟放在前皮带上，也不必用右脚碰到右皮带，反之亦然。当在单个平台上行走时，测重传感器将测量左右肢力量的总和，但仅在双站立阶段。专用算法可以分解这个总和。该程序几年前已发布，随后几年得到改进 (DAVIS & CAVANAGH, 1993; DIERICK et al, 2004; MEURISSE et al, 2016, RAISON et al, 2005)。该算法现在已经针对健康和临床步态进行了验证，并已在受高度评价的期刊中发表。



图例 2：在 gaitway® 3d 上进行步行（左）和跑步（右）时 Fz, Fy, Fx 的 3 向力测量

健康步态的中位数相对误差为 1.8%，重建和实际测量力量之间的临床步态为 2.5%。双重接触阶段的重建和真实地面反作用力对于健康和临床步态数据都是息息相关的。图 3 显示了这个例子。

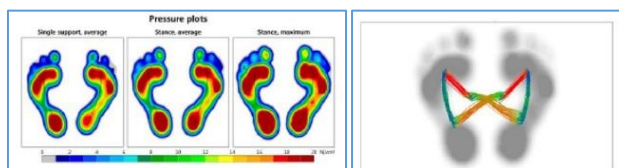


图例 3: 双重接触期间的 GRF。请注意，虚线的一些部分被实线隐藏。细实线表示 Ffront 和 Fback (Fsum) 的总和。双触点阶段在前脚触点（纯红色圆圈）和后脚抬起（空绿色圆圈）之间界定。



图例. 4: 步态对称 (左侧与右侧) 加载峰值力可视化, 作为患者和治疗师的在线生物反馈

h/p/cosmos 与 ARSALIS 合作开发的 gaitway®3d 单带跑台的额外价值可以通过将 ZEBRIS 制造的压力分配平台结合到跑台甲板中来, 如图例 5 所示。压力分布评估不仅增加了双重接触阶段每只脚下的 COP 等有价值的信息, 脚的旋转角度和滚降分析, 还提供了一种原始方法, 以提高 gaitway®分解算法的准确性并且扩展其水平 GRF 部分的应用。



图例. 5: 采用力分布的步态对称 (左侧与右侧), COP 中心压力, 滚降分析

参考:

ALTMAN, REISMAN, HIGGINSON & DAVIS, I. S. (2012). Kinematic comparison of split-belt and single-belt treadmill walking and the effects of accommodation. *Gait & posture*, 35(2), 287-291.

DAVIS & CAVANAGH (1993). Decomposition of superimposed ground reaction forces into left and right force profiles. *Journal of biomechanics*, 26(4-5), 593-597.

DIERICK, PENTA, RENAUT & DETREMBLEUR (2004). A force measuring treadmill in clinical gait analysis. *Gait & posture*, 20(3), 299-303.

MEURISSE, DIERICK, SCHEPENS & BASTIEN (2016). Determination of the vertical ground reaction forces acting upon individual limbs during healthy and clinical gait. *Gait & posture*, 43, 245-250.

OGGERO, PAGNACCO, MORR, SIMON & BERME (1998). Probability of valid gait data acquisition using currently available force plates. *Biomedical sciences instrumentation*, 34, 392-397.

RAISON, DETREMBLEUR, FISETTE, PENTA, SAMIN & WILLEMS (2005). Determination of ground reaction forces and centres of pressure of both feet during normal walking on a single platform. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 8(S1), 227-228.

SLOOT, VAN DER KROGT & HARLAAR (2014). Self-paced versus fixed speed treadmill walking. *Gait & posture*, 39(1), 478-484.

ZENI & HIGGINSON (2010). Gait parameters and stride-to-stride variability during familiarization to walking on a split-belt treadmill. *Clinical Biomechanics*, 25(4), 383-386.

关键词:

测力板, 集成跑台, 步态分析, 运动分析, 运动生物力学, 体育科学, 运动疗法, 步态训练器, 积极的步态矫正, 步态恢复, 跑台训练, 失重, 体重支持 (BWS), 坐轮椅的病患, 理疗, 中枢神经系统 (CNS), 中风幸存者, 脊髓损伤 (SCI), 创伤性脑损伤 (TBI), 神经修复, 脑瘫 (CP), 多发性硬化症 (MS), 帕金森病, 血管痉挛症, 增加肌张力 (痉挛状态), 病态步态模式, 病态步态, 生理步态, 神经可塑性, 步态对称性, 生物反馈, robowalk, 跌倒预防计划, 老年人跌倒, 跌倒风险, 跌倒风险评估, 跌倒风险因素。

相应的作者:

Björn Zimmermann, PhD  
 h/p/cosmos sports & medical gmbh  
 Germany  
 电话: +49 86 69 86 42 0  
 传真: +49 86 69 86 42 49  
 skype: h-p-cosmos\_bjoern.zimmermann  
 email: bjoern.zimmermann@h-p-cosmos.com



robowalk® 强身器, 运用于积极的步态矫正

airwalk® ap 运用于可调节的体重支持

步态治疗中的视觉刺激路线图

力量+压力分布测量的结合