

反重力技术在儿童脑瘫康复领域的应用综述

1. 反重力跑步机训练对脑瘫儿童步行能力和皮质脊髓束结构的影响

Azizi S, Marzbani H, Raminfard S, Birgani PM, Rasooli AH, Mirbagheri MM. The impact of an anti-gravity treadmill training on walking capacity and corticospinal tract structure in children with cerebral palsy. Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc. 2017 Jul;2017:1150-1153. doi: 10.1109/EMBC.2017.8037033. PMID: 29060079.

我们研究了反重力跑步机训练对脑瘫 (CP) 儿童步行能力和皮质脊髓束结构的影响。反重力跑步机可以帮助 CP 孩子在跑步机上行走，减轻体重高达 80%，并在运动过程中保持平衡。因此，反重力训练有可能永久提高步行能力，因为它可以在足够长的时间内提供系统和强烈的运动训练并产生大脑神经可塑性。反重力跑步机训练持续 45 分钟，每周 3 次，持续两个月。使用扩散张量成像 (DTI) 评估皮质脊髓束的神经可塑性。提取分数各向异性 (FA) 特征以量化皮质脊髓束的结构变化。使用流行的步态临床测量评估步行能力；即步行速度、机动性和平衡性。评估在训练前后进行。我们的结果表明，反重力训练导致训练后皮质脊髓束的平均 FA 值增加。步态临床评估的结果测量显示了 CP 受试者的步行能力增强。我们的研究表明，步行能力的提高与皮质脊髓束结构的增强同时发生。临床意义是反重力训练可被视为 CP 儿童永久性步态改善的治疗工具。我们的结果表明，反重力训练导致训练后皮质脊髓束的平均 FA 值增加。步态临床评估的结果测量显示了 CP 受试者的步行能力增强。我们的研究表明，步行能力的提高与皮质脊髓束结构的增强同时发生。临床意义是反重力训练可被视为 CP 儿童永久性步态改善的治疗工具。

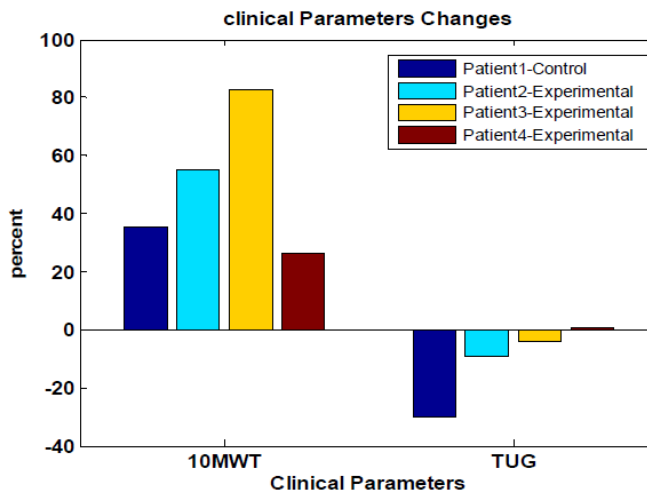
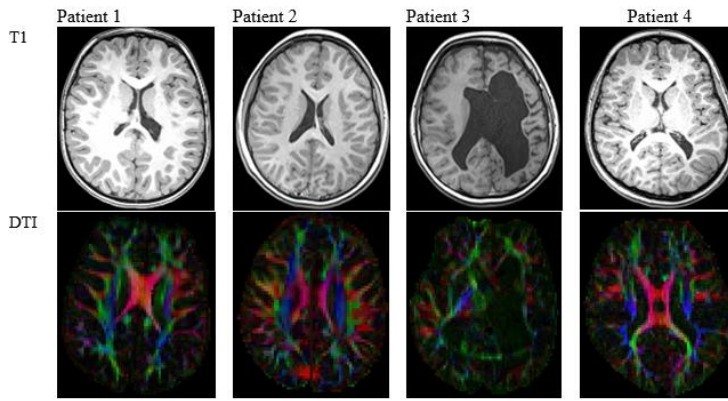


Figure 2. percentage of pre-post changes in 10-meter-walking test (10MWT) and Time-Up-and-Go (TUG) for all patients.

TABLE II. PERCENTAGE OF PRE-POST CHANGES IN DTI PARAMETERS IN THE AFFECTED AND UNAFFECTED SIDE OF BRAIN. H:HEALTHY SIDE , A:AFFECTD SIDE

Patie nt	FA		MD		ADC		RD		AD	
	A	H	A	H	A	H	A	H	A	H
1	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
2	↓	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
3	-	↑	-	↓	-	↓	-	↓	-	↑
4	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓

2. 反重力运动训练对脑瘫患儿姿势平衡和小脑结构的治疗作用

Rasooli AH, Birgani PM, Azizi S, Shahrokhi A, Mirbagheri MM. Therapeutic effects of an anti-gravity locomotor training (AlterG) on postural balance and cerebellum structure in children with Cerebral Palsy. IEEE Int Conf Rehabil Robot. 2017 Jul;2017:101-105. doi: 10.1109/ICORR.2017.8009229. PMID: 28813801.

我们评估了反重力运动跑步机训练对脑瘫 (CP) 和痉挛儿童姿势稳定性的治疗效果，特别是在下肢。反重力运动可将 CP 儿童的体重减轻 80%，从而促进步行；它还可以帮助受试者在训练期间保持适当的姿势。因此，我们假设反重力运动训练足够长的时间，有可能产生小脑神经可塑性，从而产生有效的永久姿势稳定性。反重力运动训练持续 45 分钟，每周 3 次，持续两个月。使用姿势描记法评估姿势平衡。提取基于 Romberg 的姿势图的参数以量化平衡中心 (CoP)。使用扩散张量成像 (DTI) 评估小脑的神经可塑性。评估是在培训前和培训后进行的。分数各向异性 (FA) 特征用于量化小脑的结构变化。结果表明，反重力训练导致训练后小脑白质的平均 FA 值增加。姿势图评估的结果显示姿势稳定性持续改善。

TABLE I. CoP FEATURERS AND THEIR FORMULAS

Feature	Formula
Standard Deviation (SD)	$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{(N+1)}}$
Standard Deviation of Velocity	$\sigma_v = \sqrt{\frac{\sum(v_i - \bar{v})^2}{(N+1)}}$ where $v_i = \frac{x_{i+1} - x_i}{t_{i+1} - t_i}$
Phase Plane Portrait (x direction)	$\sigma_{r_x} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_{v_x}^2}$
Phase Plane Portrait (x-y direction)	$\sigma_r = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_{v_x}^2 + \sigma_y^2 + \sigma_{v_y}^2}$
Mean Velocity	$\bar{v} = \frac{1}{T} \sqrt{\sum_1^T (x_{t+1} - x_t)^2 + (y_{t+1} - y_t)^2}$
95% Ellipse Area	$A = 2\pi F_{0.05[2, N-2]} \sqrt{\sigma_x^2 \sigma_y^2 - \sigma_{xy}^2}$

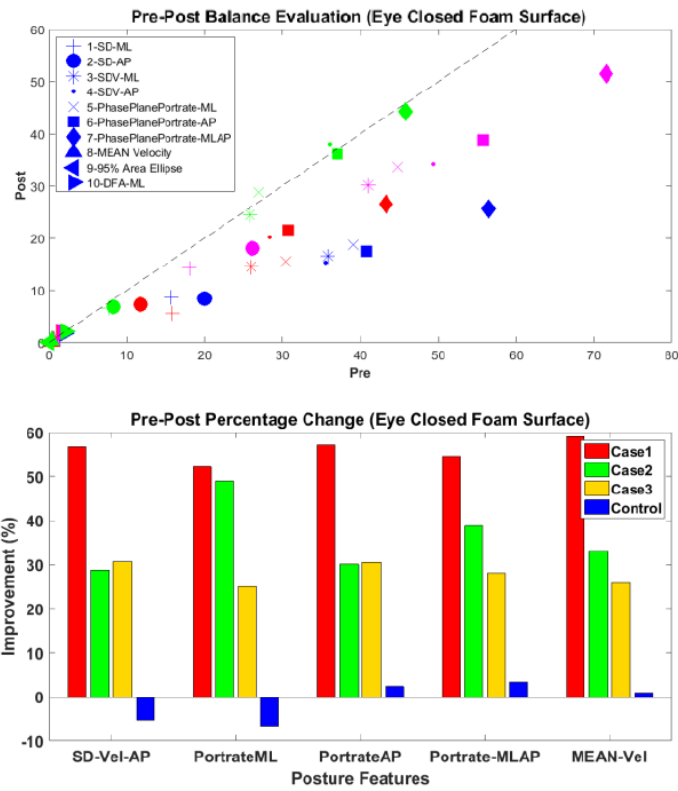


Figure 2: Pre-Post features of postural balance for all subjects (Top); green color is assigned to control subject. The percentage of Pre-Post changes for all subjects (Bottom); each color represents one subject.

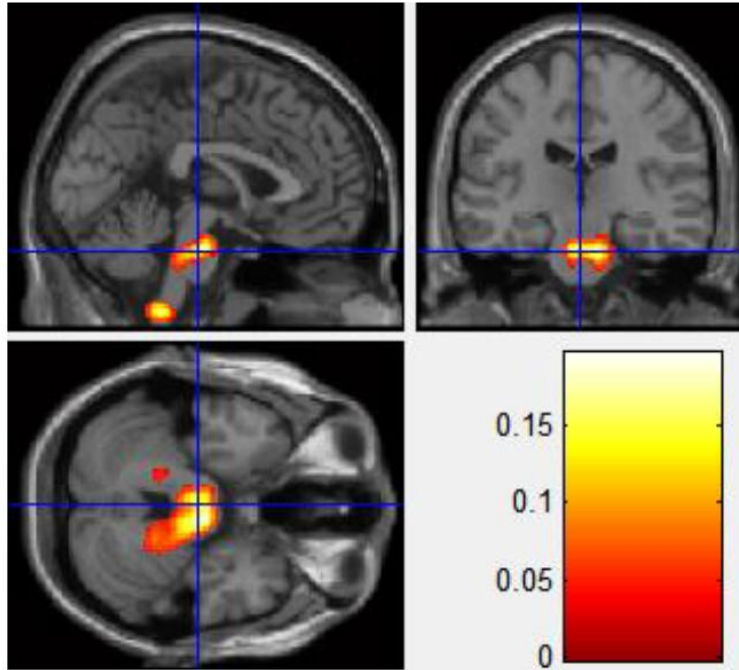


Figure 3: Difference of pre-post Fractional Anisotropy (FA) maps of the cerebellum in one of the subjects underwent AlterG training. Sagittal view (Top Left) Coronal view (Top Right) Axial view (Bottom Left).

3. 反重力跑步机训练对脑瘫患儿的影响

Mattern-Baxter K. Effects of partial body weight supported treadmill training on children with cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther.* 2009 Spring;21(1):12-22. doi: 10.1097/PEP.0b013e318196ef42. PMID: 19214072.

目的： 本文综述的目的是研究部分体重支持的跑步机训练 (BWSTT) 对脑性瘫痪 (CP) 儿童的大运动功能、平衡、步态速度和耐力的影响。

要点总结： 与婴幼儿相比，研究的学龄前儿童和学龄儿童人数更多。有更多证据表明 BWSTT 对 CP 儿童的耐力、步态速度和与行走相关的大运动功能的功效比对平衡的功效要多。更长和更密集的 BWSTT 协议可能会带来更好的结果。

结论声明： BWSTT 尚未在患有 CP 的儿童中进行广泛研究。目前的证据表明，对于不同类型和程度的 CP 患儿，强化和延长 BWSTT 可能是一种安全、有效和有益的治疗干预措施，可帮助他们实现步行、提高步态速度和提高耐力。