

· 继续教育园地 ·

等速运动在康复评定与治疗中的应用

徐军

20 世纪 60 年代末, Hislop 等^[1]率先提出等速运动理论。上世纪 70 年代初期, 早期等速装置(如 Orthotron)面世。此后, 等速运动以其独到之处广泛应用于康复医学、运动医学和骨科等多个领域。30 多年来, 等速运动理论与实践都获得了较大发展, 尤其是近年来, 其研究和应用更为广泛。本文就等速运动在康复评定与治疗中的应用作一简要介绍。

等速运动的概述

一、等速运动的定义

等速运动, 又称为可调节抗阻运动或恒定角速度运动, 即在预定角速度的前提下, 利用专门的装置, 根据运动环节的肌力大小变化相应地调节所施加的阻力, 使整个关节只能依照预先设定的角速度运动, 运动环节中肌肉用力仅使肌肉力量增大, 力矩输出增加, 而不改变运动角速度的大小。在等速运动过程中, 需要具备感应系统的专门装置, 以感受运动环节每一点肌力大小的改变, 并通过反馈调节系统即时改变阻力大小使之与肌力大小的改变相匹配, 这样方可使预定的角速度在整个运动环节中保持不变。因此, 在等速运动过程中, 一方面可通过感应系统获得有关肌力变化的各种力学参数, 从而客观、量化地完成肌力测试; 另一方面, 由于运动环节中每一点的阻力负荷与其相应的肌力形成了最佳匹配, 故能较好地完成肌力训练^[2]。

二、等速运动与肌肉生理收缩运动的比较

肌肉生理收缩运动主要为等长收缩运动和等张收缩运动两大类型。利用等长收缩进行肌力评定时, 仅反映关节运动某一点的肌力; 而利用其进行肌力训练时, 则无助于肌肉耐力的强化。等张收缩仅在运动范围的极小部分达到最大收缩, 效率不佳, 且负荷只能按最低肌力输出而定, 因此在肌力评定和肌力训练上同样也存在欠缺。而等速运动具有恒定速度和可调节阻力的特点, 以及关节运动中任何一点肌力均可达到最佳效果的优点, 因此在肌力评定和训练上明显优于传统肌肉收缩运动^[3]。

三、等速运动的特点

等速运动具有以下两个基本特点: (1) 恒定速度, 即根据需要预设运动速度; (2) 可调节阻力, 即运动过程中任何一点的肌肉活动均承受最大阻力, 也称为顺应性阻力。这两个基本特点保证了其精确肌力测试和最佳肌力训练两方面的作用^[4], 同时, 也使其应用领域遍及康复医学、运动医学、矫形外科和职业医学等涉及运动系统的多个学科。

四、等速运动的工作原理

等速运动需借助特殊设备(等速运动装置)完成。等速运动装置主要借助变速电机或液压设备以使关节运动时的角速度保持恒定。等速肌力测试时, 在预先设定角速度后, 肌肉收

缩所产生的关节运动带动等速运动装置上的杠杆绕其轴心转动, 由于杠杆转动的角速度已被预先设定而不能加速, 因此肌肉收缩产生的关节运动力矩能与等速运动装置产生的反向力矩保持平衡。

等速肌力的测试

由于等速运动具有上述特征, 因此可以较好地应用于肌力、肌耐力、肌张力(痉挛)等方面的量化测试。

一、等速肌力测试的主要影响因素

1. 装置的系统校准: 系统校准的目的是提高装置的可靠性和稳定性。机械实验研究报道, Kin-Com 所测力矩值与实际力矩值之间约有 3.2% 的误差, 且主要来源于装置系统校准的误差。因此, 系统校准是进行等速肌力测试的首要步骤^[5, 6]。

2. 肢体重力: 等速肌力测试中有许多功能动作需在抗重力位完成。因此, 在测试过程中应考虑重力的影响, 相应地给予补偿, 以克服肢体因承受重力所做的功, 或减去肢体下落时重力所做的功。重力不仅在一定程度上影响所测力矩值及拮抗肌比值, 还会影响交互收缩形式的选择^[5, 7]。

3. 测试体位: 等速肌力测试中, 头的姿势、卧位方式、相邻关节的位置、同一关节不同运动功能角度和手的摆放等均会影响测试^[8]。头的姿势对肌力的影响主要来自非对称性颈反射。卧位方式对肌力的影响, 一部分也来自于人体的紧张性反射, 此外, 还可能受到解剖因素, 甚至心理因素的影响。相邻关节的位置和同一关节不同运动功能角度对肌力测试的影响主要在于肌群本身的解剖和肌肉初长度等因素。大肌群卧位肌力的大小更多是受肌群长度改变的影响, 小肌群肌肉长度的改变对肌力的影响不明确。手的摆放主要是通过抓握、下压等力量, 使身体得以较好地固定。测试体位的选择对获得更准确的结果是有意义的, 尤其应注意偏瘫等患者在某些体位可能出现紧张性反射增强的情况。

4. 测试角速度: 通常将低于 60°/s 的测试角速度列为低速范围, 而将高于 180°/s 的测试角速度列为高速范围。随着测试角速度的增大, 向心收缩肌力明显降低, 而离心收缩肌力则增加, 这主要与向心收缩和离心收缩机制不同有关^[9]。在高速向心收缩时, 参与的快肌纤维较多, 可产生较大的峰值力矩; 而低速向心收缩主要由慢肌纤维完成, 峰值力矩与快肌纤维的百分比之间缺乏有意义的关系。因此, 向心收缩随测试角速度增大而降低。基于此, 借助单纯等速向心收缩测试所获得的低速和高速力矩值可间接反映所测肌群的肌纤维组成情况。在高速离心收缩时, 有结果表明其肌电活动仍保持在一个较低水平, 这一发现说明这时离心收缩肌力的增大是由于弹性组织牵伸而不是收缩单位肌电活动的增加所致。即高速离心收缩可进一步选择性地改善肌腱等连接组织的张力, 从而使力矩值增大^[10]。此外, 高速离心收缩时, 肌纤维拉长产生的较大张力可导致 II b 型肌纤维优先募集^[11]。等速肌力测试中, 测试角速度

除了可选择高速或低速之外,还应同时考虑所测肌群的解剖结构和运动类型等情况。

5. 测试重复次数:测定肌力的重复次数一般为 4~6 次,重复 4 次和 6 次所测的等速力矩均值比较,差异无统计学意义;最高峰值力矩一般出现在前 3 次;想要得到稳定的等速肌力测试数据,重复 4 次是最低限度^[12]。测定耐力的重复次数一般为 25 或 30 次,并用最后 5 次的肌力与最初 5 次的肌力之比作为耐力指数。也有用重复次数的多少作为耐力指数。但包含离心收缩的测试重复次数则不宜过多,否则可能导致延迟性肌肉疼痛(delayed onset muscle soreness, DOMS)和肌肉拉伤^[13]。

6. 测试的交互形式:早期等速肌力测试大都采用原动肌和拮抗肌的交互形式,以使测试更接近功能活动。但是,由于等速肌力测试的目的在于评定功能肌群活动中每一点最大肌力的创造能力,所以在了一项测试中测定两组肌群是不合适的。目前,多采用离心收缩-向心收缩的交互形式,以更好地反映伸展-缩短循环这一常见的收缩循环形式^[4]。

7. 收缩前负荷:为测试时肢体初始运动所需克服的最小驱动力量,属于静态前负荷,可更为准确地测定运动初始时的肌肉最大运动力量,并可有效地降低或消除达到最大肌力所需时间的变异。将小于 50% 最大等长收缩力量作为收缩前负荷较为合适^[14]。

8. 旋转轴心:等速肌力测试时,连动臂旋转轴心和关节运动轴心的对应程度可影响所测力矩值反映肌肉行为的准确性。对于关节运动轴心位移范围较小、肢体易于稳定的膝、肘等关节,因轴心之间不一致产生的误差相对较小;而较复杂的关节,如肩、踝等关节,因为其关节运动轴心位移范围较大,造成的误差也较大^[4]。

9. 受试者的因素:当评定者给予受试者某一形式的鼓励时,可使所测的力矩值发生改变;视觉反馈可使等速肌力测试得到的峰值力矩值增加。此外,受试者对等速运动的熟悉程度也可使测试结果发生改变,这一现象并非是肌肉构造方面的改变所致,而属于“神经运动学习”(neuromotor learning)效应,但这一效应的产生和持续时间均不清楚。因此,应根据受试者是否有等速运动的经验,来合理地安排测试间隔时间。

10. 测前训练:在测试前进行所测关节的准备活动和少量等速运动训练可能是有益的。除了从受试者安全方面以及使其适应等速肌力测试的形式和过程等方面考虑之外,测前训练还可能使所测结果更为稳定。一般为 3 次最大努力和 3 次亚极量最大努力收缩^[4]。

二、评价指标及其意义

1. 肌力测试评价指标^[15]

(1) 峰值力矩:反映力矩曲线的最高点,对下肢负重肌群的力量评定有较大意义。(2) 平均力矩:反映整个力矩曲线的平均水平,可作为比值指标评价的基础。(3) 峰值角度:峰值力矩出现时关节所处的角度,是关节的最佳用力角度。(4) 单位最大做功:一次运动所做的功,即力矩曲线下的面积。(5) 总功:数次运动所做的功,即力矩曲线下的面积之和。(6) 平均功率:单位时间内的平均做功量。(7) 力矩加速能:力矩产生开始 1/8 s 内的做功量,用以代表肌肉活动的灵敏度或爆发力。

2. 比值指标^[16,17]

(1) 力矩体重比:所测力矩值与个体体重的比值,以消除个

体间体重因素的影响,利于个体间的横向比较。(2) 力矩瘦体重比:所测力矩值与个体瘦体重之间的比值,能较力矩体重比更为精确地消除个体之间的差异。(3) 拮抗肌比值:一般以慢速运动时的峰值力矩计算,也可在不同速度、不同测试模式及特定角度下计算,反映拮抗肌肌力平衡情况,间接反映关节稳定性,预测潜在的关节损伤,尤其是下肢膝关节的屈伸比在临床上最有意义。(4) 平均力矩/峰值力矩:反映平均力矩与峰值力矩间的关系,对爆发力的评价有意义。(5) 向心收缩/离心收缩力矩:反映关节稳定性及肌肉运动功能,有疼痛性关节疾病时该值可增大,甚至 > 100%。(6) 左右同名肌群力矩缺失百分比:反映两侧同名肌群力量的平衡情况,一般 > 10% 易造成弱侧损伤。(7) 左右肢体运动功能组合力矩缺失百分比:反映两侧肢体力量的平衡情况,一般下肢总力矩左右相差 > 5% 时易造成弱侧拉伤。

3. 肌肉耐力测试指标^[15]

该指标通常在高速测试角速度($\geq 180^\circ/\text{s}$)的条件下进行。

(1) 耐力比值:高速($180^\circ/\text{s}$)下耐力测试时,连续最大收缩 25~30 次,最末 5 次(或 10 次)与最初 5 次(或 10 次)做功量的比值,以百分比表达。(2) 50% 衰减次数:高速($180^\circ/\text{s}$ 或 $240^\circ/\text{s}$)下耐力测试时,连续最大收缩直至有 2~5 次不能达到最初 5 次运动平均峰值力矩的 50% 为止,计算完成的运动次数。在等速耐力测定时应注意,协同肌与拮抗肌要分别测定。也有人主张以协同肌与拮抗肌的总做功量下降达 50% 为止;或者以健侧的峰值力矩为准,若患侧峰值力矩一开始即低于健侧的 50%,则认为患侧肌肉耐力完全丧失。

三、其他形式的等速肌力测试

1. 力矩曲线分析:结合临床检查,通过分析等速力矩曲线中发生的切迹、波动、低平、不对称或其他变形,以及曲线中断或缩短,来判定关节可能的病变^[15]。

2. 力量控制精度测验:通过重复次大收缩运动数次,来观察力矩曲线的匀称性,作为运动协调性的评价指标^[15]。

3. 峰功率测试:测试速度以 $30^\circ/\text{s}$ 的间隔递增,进行多次测试,以获得产生最大峰功率的运动速度^[15]。

4. 痉挛的量化评定:通过等速摆动试验^[18]和等速被动测试^[19,20]进行痉挛的量化评定。等速摆动试验的指标为最大可能膝屈角度(相对转换角度)、第一摆动膝关节屈曲角度、摆动次数、摆动时间、放松指数和幅度比。等速被动测试的指标为最大阻力力矩、阻力力矩之和、重复次数的平均阻力力矩和力矩速度曲线上升斜率。

四、禁忌证和注意事项

1. 绝对禁忌证:包括所测关节及相邻关节失稳、所测肢体骨折、局部严重的骨质疏松、骨关节恶性肿瘤、术后早期、关节活动度严重受限、软组织瘢痕挛缩、急性肿胀、急性拉伤或扭伤以及严重疼痛^[21]。

2. 相对禁忌证:包括所测关节局部疼痛、关节活动度受限、滑膜炎或渗出以及亚急性或慢性扭伤^[21]。

3. 注意事项:(1) 测试前正确摆放患者体位,近端肢体应良好固定,防止产生替代动作;(2) 进行双侧同名肌群肌力比较时,应按先测定健侧,再测定患侧的顺序进行,以利于双侧的比较;(3) 测试中可适当给予鼓励性指令,以提高患者用力的兴奋性,从而获得最大肌力;(4) 指导患者避免在运动后、疲劳时及

饱餐后等进行等速肌力测试;(5)有心血管疾病者,应指导其避免屏气和过度用力^[21]。

五、等速肌力测试的优点

1. 良好的信度和效度:许多研究均表明,等速肌力测试提供了一种极佳的客观量化评定运动功能的手段^[6]。

2. 准确性和敏感性:等速肌力测试的结果具有相当的准确性和敏感性。Wilk 等^[22]和 Ellenbecker^[23]分别对正常人膝伸、肩内外旋运动进行了徒手肌力测定和等速测定的比较,发现即便在徒手肌力为 5 级的正常人群中,也有 10%~30% 的人存在力量缺陷。等速测试的敏感性对于肌力缺陷相对较小的个体更有意义。

3. 多种评价指标:等速肌力测试时,提供了上述多种评定指标。

4. 测试范围广泛:包括四肢大关节绝大部分的功能动作,以及腰背肌各功能动作的肌力测试;测试模式有向心收缩、离心收缩等形式;测试速度可从每秒数十度至每秒数百度。通过等速持续被动运动(continuous passive motion, CPM)可将测试扩展到徒手肌力 3 级以下和疼痛性关节疾病患者^[24]。

六、等速肌力测试的缺点^[21]

1. 不能进行手、足等部位小关节的肌力测试。

2. 若不采用等速 CPM 形式,则不能进行≤3 级的徒手肌力测试。

3. 仪器价格偏高,操作相对费时。

4. 不同类型的等速运动装置所测结果有显著差异,不能相互比较。

5. 有关技术问题尚未得到解决。例如:多数等速运动装置的测试角速度范围在每秒零度至每秒数百度之间,而相当多的功能运动,尤其是运动员的某些动作,角速度可高达每秒数千度(如棒球投手投掷时肩关节角速度超过 5 000°/s)。此外,等速运动装置的连动臂(杠杆)旋转轴心能否与运动关节的旋转轴心相对应,连动臂一个旋转轴心能否与自由度为 2 或 3 的腕、踝、肩、髋等关节运动相匹配等问题并未得到很好的解决^[4]。所以,想要达到模拟人体关节运动从而获得更精确的肌力测定结果的目的,等速运动装置仍有待完善。

总之,等速运动不是绝对的功能运动模式的复制,而是一种特殊的运动模式。它提供了客观量化评定肌力的新方式和肌力训练的新途径。研究表明,等速运动与运动行为之间存在着高度相关性^[25],因此,等速肌力测试在康复临床实践和科学研究中具有较高的实用价值。

等速肌力测试在康复医学领域的应用

一、运动系统伤病的康复功能评定

1. 肩关节:(1)基础工作——肩关节不同功能活动等速测试的信度和效度研究^[26];肩关节不同功能活动等速测试正常值和有关比值的研究,以及不同人群的研究^[27]。(2)临床工作——肩关节术后的运动功能评价^[28];建立评价指标,如运动范围终点拮抗肌离心收缩/原动肌向心收缩力量比值,作为肩关节动态稳定的标准等^[29]。(3)国内工作——采用等速 CPM、无痛活动阈方法对冻结肩进行运动功能评定,这在方法学上具有抛砖引玉的作用^[24]。

2. 膝关节:由于膝关节具有功能活动相对单一、相关肌群

力量强大、运动轴心相对固定,且作为负重关节较易受到损伤等特点,因此成为等速运动中最为重视、研究最为深入的关节之一。大量的等速运动理论研究、方法学的建立等皆以膝关节为基础。拮抗肌比值、左右同名肌力矩缺失百分比、ECC/CON 力矩亏空(前膝痛的预测指标)^[30]等指标均由膝关节等速运动研究中获得并推广应用。临床应用的新趋向则表现为重建术后的功能随访^[31]、膝骨关节炎等退行性疾病的功能评定^[32]等。

3. 腰背肌:这一应用途径尤其受到脊柱外科医师的青睐,《Spine》上时有相关论著发表^[33]。其中最有意义的工作是对下背痛的研究和评定。此外,其研究对于腰背部职业损伤的判定、社会保险问题也有帮助^[34]。

4. 髋关节:由于其自由度为 3 以及运动轴心易漂移等特点,故成为等速运动研究的一个难点,有关研究甚少。国内有学者对髋关节进行了相对深入的基础研究,其中包括影响因素、方法学、测试程序和评定指标等内容^[5,7-9,16,17]。

5. 踝关节:踝关节与跑、跳等许多下肢重要的运动功能关系密切,损伤机会多。国内外学者已开展了有关踝关节与跳跃之间的关系、踝关节扭伤等方面的研究^[35]。

6. 肘、腕关节:研究相对较少。

总之,等速测试在运动系统中的应用主要集中在膝关节、肩关节等运动伤病较多的关节,并主要涉及关节、韧带损伤等疾病;腰背部疾病的评定和训练也随等速装置的发展而成为一个热点;等速肌力测试由急性损伤或术后功能评定逐渐趋向于慢性骨关节疾病的功能评定;同时还可作为职业损伤的评价方法之一。

二、神经系统疾病的康复评定

近十余年来,等速运动在神经系统疾病康复评定方面的应用获得了相当的发展,突出表现为痉挛的客观量化评定和偏瘫运动功能的评定。

1. 对痉挛的评定:等速肌力测试对痉挛的评定属于较为客观的生物力学方法,具体方法有等速摆动试验和等速被动测试^[19,20]。这两种方法的重测信度、内容效度和实证效度较好。研究内容包括:与便携式测力计评定痉挛的比较、与其它功能评定(如步速等)的相关性研究^[36]。等速摆动试验的优点为:评价指标较多;等速被动测试的优点为模拟了 Ashworth 方法,体现出痉挛速度依赖的特征,可区分痉挛的反射部分和非反射部分。缺点为:费用高,限制了其广泛开展;应注意滞后或肌肉触变性生理现象;在临床上不能完全替代常规的评定方法^[37]。

2. 对偏瘫运动功能的评定:研究范围包括受累侧下肢膝关节、踝关节、躯干肌和非受累侧等;内容包括肌力评定、重测信度、伸展-缩短循环、与步速的相关性、痉挛、疲劳度以及其它康复训练的疗效等^[38-41]。等速肌力测试提供了一种评定偏瘫运动功能的方法,也可作为其它康复训练疗效评定的方法;同时可为康复治疗提供参考性建议,如:偏瘫肢体肌力缺失及其随速度增加进一步减弱的特性提供了偏瘫患者力量训练的依据;等速肌力改变与步速的相关性更进一步表明了肌力训练的必要性;非受累侧肌力和躯干肌屈伸力量的减退表明偏瘫患者的康复训练不能仅注重于偏瘫上下肢。

3. 对其它神经系统疾病的康复评定:如用于小儿脑瘫、截瘫、假肥大性进行性肌营养不良症、帕金森病和多发性硬化等神经系统疾病的康复评定^[42-46]。

等速运动训练

一、等速运动训练的基本原理

与等速肌力测试相同。

二、等速运动训练的优点^[21]

(1) 对加速运动系统损伤组织的修复、促进运动功能的改善具有良好的作用。(2) 因所施加的阻力是根据运动肌群的实际力量而定,故在训练中提供的阻力较为恰当,具有极好的安全性。(3) 离心收缩训练在维持关节稳定性、提高日常生活活动能力、增强体育技能等方面具有优越性。(4) 等速 CPM 对运动系统早期关节活动受限、肌力偏弱的患者尤为适合。(5) 声讯和视频起到了一定的反馈作用。

三、等速运动训练的研究进展

相对于等速肌力测试而言,等速运动训练所开展的工作显然要少许多。但也有许多学者对于等速运动训练中收缩形式的选择及其增强肌力的机制等方面进行了深入的探讨,具体可总结为如下几个方面。

1. 等速向心收缩训练和等速离心收缩训练的效果:对于这两种训练方式效果孰优孰劣尚存争论。Dvir^[47]认为,等速向心收缩训练可增强向心收缩和离心收缩力量,而等速离心收缩训练仅使离心收缩力量增强。Mont 等^[48]则认为,等速离心收缩训练可使向心收缩、离心收缩力量均增加,且离心收缩力量略高于向心收缩力量。分析训练结果不同的原因可能在于样本、肌群和肌纤维以及训练程序等存在不同。还有观点认为,等速离心收缩训练因具有低能耗、高力量的特点,可能有益于运动能力受限的患者;离心收缩中非收缩成分的介入可能有益于肌腱等组织的功能康复;并可能对经常离心做功的肌肉(如腓肠肌)康复有益^[48]。

2. 等速运动训练增强肌力的机制:目前较多的观点认为,等速运动训练增强肌力的机制是神经和生化调节。在等速运动训练过程中,神经调节机制可能通过促进神经活动,改善运动单位的同步性,增加运动单位的募集而得以实现^[49];生化调节机制则可能通过增加肌糖原和线粒体酶而实现^[50]。形态学方面的研究结果也支持这一观点,即等速运动训练后肌肉横截面未见改变,也未见肌肉肥大,只是 II 型肌纤维比例增大^[51]。

3. 等速运动训练的副作用:相关的研究工作涉及了心血管系统的反应^[52]、离心收缩后延迟性肌肉疼痛^[13]等方面。这些工作为临床上安全、有效地应用等速运动训练提供了帮助。

4. 等速 CPM:等速 CPM 对肌力弱、疼痛性关节疾病者肌力的评定拓宽了等速运动在肌力评定方面的应用范围。由于等速 CPM 在运动形式和运动速度等方面的特点,因此从理论上推测,等速 CPM 不仅能作为早期运动范围的训练方式,还能同时通过促进肌肉神经生理机制来达到早期增强肌力、防止肌萎缩的目的。此外,等速 CPM 中离心收缩形式的介入可能更好地防止韧带、关节囊等组织的粘连和挛缩^[53]。

四、禁忌证和注意事项

1. 禁忌证:同等速肌力测试。

2. 注意事项^[21]:(1) 危险因素,包括 >40 岁的男性和 >50 岁的女性肥胖者;心、脑血管抗凝治疗者。(2) 一般损伤后的训练宜从高速开始,逐渐降低速度。(3) 训练过程应保持无痛。(4) 出现渗出、疼痛、关节或肢体肿胀、感觉异常等副作用时,应

暂停训练。(5) 等速离心收缩训练依据特定的诊断而采用,一般多用于膝和肩关节,且可能出现延缓性肌痛现象。

等速运动训练在康复医学领域的应用

一、运动系统的康复训练

等速运动训练在骨关节伤病的康复训练方面已开展了一些工作。例如,膝关节前交叉韧带损伤等造成膝关节失稳疾病的等速运动训练及其重建手术后的等速运动训练推动了膝关节运动损伤康复的进程^[54]。对膝骨关节炎等退行性疾病的功

能评定及训练结果表明,股四头肌肌力减弱是原发的危险因素之一,等速运动训练可有效地改善膝骨关节炎患者的疼痛问题^[32]。

二、神经系统的康复训练

近十余年来,等速运动训练在神经系统,尤其是在偏瘫运动功能的康复中取得了一定的成果。有研究者分析了等速运动训练对偏瘫患者膝关节肌群力量的改善作用;比较了离心收缩训练与向心收缩训练对偏瘫肢体肌力的作用;研究了等速运动训练对痉挛的影响;应用肌电图分析了偏瘫患者等速运动训练的效果;观察了等速运动训练对偏瘫患者移行、站立、爬楼等日常生活活动能力的影响^[55,56]。总的结果表明,等速运动训练可增强偏瘫患者肌力,却不影响其痉挛程度,由此可提高患者步速、移行和其它日常生活活动能力。国内在这一方面也开展了初步的工作,研究结果表明,短期的等速离心收缩训练可显著地改善偏瘫患者肌力与步速,且动态肌电图显示其未增加患者痉挛程度^[57]。

(本期测试题及答题卡分别见 530 页和 534 页)

参 考 文 献

- Hislop HJ, Perrine JJ. The isokinetic concept of exercise. *Phys Ther*, 1969, 47: 114-117.
- 徐军. 等速运动新进展. 引进国外医药技术与设备, 1999, 2: 58-62.
- Rosentswieg J, Hinson MM. Comparison of isometric, isotonic and isokinetic exercises by electromyography. *Arch Phys Med Rehabil*, 1972, 53: 249-252.
- Rothstein JM, Lamb RL, Mayhew TP. Clinical uses of isokinetic measurements. *Phys Ther*, 1987, 67: 1840-1849.
- 徐军, 黄美光, 徐民. 影响正常青壮年髋关节等速力矩值的部分因素分析. *中国运动医学杂志*, 1994, 13: 140-143.
- Farrell M, Richards JG. Analysis of the reliability and validity of the kinetic communicator exercise device. *Med Sci Sports Exerc*, 1986, 18: 44-49.
- 徐军, 黄美光, 徐民. 重力因素对髋关节屈曲、伸展等速力矩值的影响. *中国运动医学杂志*, 1997, 16: 169-172.
- 徐军, 黄美光, 徐民. 测试体位对髋关节运动等速力矩值结果的影响分析. *中国运动医学杂志*, 1996, 15: 91-94.
- 徐军, 黄美光, 徐民. 不同角速度下正常人髋关节屈曲、伸展等速测试结果的比较. *中国康复医学杂志*, 1995, 10: 149-152.
- Ryan LM. Velocity-specific and mode specific effects of eccentric isokinetic training of the hamstrings. *J Orthop Sports Phys Ther*, 1997, 13: 33-39.
- Westing SH, Cresswell AC, Thorstensson A. Muscle activation during maximal voluntary eccentric and concentric knee extension. *Eur J Appl Physiol*, 1991, 62: 104-108.
- 徐军, 黄美光, 徐民. 应用 Kin-Com 等速装置进行髋关节内旋测试

- 的可靠性. 中国运动医学杂志, 1995, 14: 220-222.
- 13 Kellis E, Baltzopoulos V. Isokinetic eccentric exercise. *Sports Med*, 1995, 9: 202-222.
 - 14 Kovalski JE, Heitman RH, Trundle TL, et al. Isotonic preload versus isokinetic knee extension resistance training. *Med Sci Sports Exerc*, 1995, 27: 895-899.
 - 15 范振华. 肌力检查. 见: 周士枋, 范振华, 主编. 实用康复医学(修订版). 南京: 东南大学出版社, 1998. 117-132.
 - 16 徐军, 黄美光, 徐民. 应用等速测力方法对正常青壮年膝关节运动的初步评价——功能动作力量正常值及有关比值评价的意义. 中国康复医学杂志, 1996, 11: 102-106.
 - 17 徐军, 黄美光, 徐民. 应用等速测力方法对正常青壮年膝关节运动功能的初步评价——正常运动组合的评价. 中国康复医学杂志, 1996, 11: 153-155.
 - 18 纪树荣, 杨今妹. 等速运动测试仪量化评定痉挛的研究. 中国康复理论与实践, 1999, 5: 75-79.
 - 19 Firozbakhsh KK, Kunkel CF, Erisa Scremin AM, et al. Isokinetic dynamometric technique for spasticity assessment. *Am J Phys Med Rehabil*, 1993, 72: 379-385.
 - 20 徐军, 瓮长水, 高怀民, 等. 应用等速被动测试方法对偏瘫膝伸痉挛肌群的量化评定. 中国康复医学杂志, 1999, 14: 253-256.
 - 21 徐军, 主编. 实用运动疗法技术手册. 北京: 人民军医出版社, 2006. 118-125.
 - 22 Wilk KE, Andrews JR. Comparison of normal grade manual muscle test to isokinetic testing of the knee extensors and flexors. *Phys Ther*, 1992, 70: 75-79.
 - 23 Ellenbecker TS. Muscular strength relationship between normal grade muscle testing and isokinetic measurement of the shoulder internal and external rotators. *Isokine Exerc Sci*, 1996, 12: 12-16.
 - 24 徐军, 刘冰, 徐民, 等. 老年男性肩关节外展、内收运动功能初步评价. 中国康复医学杂志, 1997, 12: 153-157.
 - 25 Mookerjee S, Bibi KW, Kenney GA, et al. Relationship between isokinetic strength, flexibility and flutter kicking speed in female collegiate swimmers. *J Strength Conditioning Res*, 1995, 9: 71-74.
 - 26 van Meeteren J, Roebroek ME, Stam HJ. Test-retest reliability in isokinetic muscle strength measurements of the shoulder. *J Rehabil Med*, 2002, 34: 91-95.
 - 27 van Meeteren J, Roebroek ME, Selles RW, et al. Concentric isokinetic dynamometry of the shoulder: which parameters discriminate between healthy subjects and patients with shoulder disorders? *Isokinet Exerc Sci*, 2004, 4: 239-246.
 - 28 Hartsell HD, Forwell L. Postoperative eccentric and concentric isokinetic strength for the shoulder rotators in the scapular and neutral planes. *J Orthop Sports Phys Ther*, 1997, 25: 19-25.
 - 29 Scoville CR, Arciero RA, Taylor DC, et al. End range eccentric antagonist/concentric agonist strength ratios: a new perspective in shoulder strength assessment. *J Orthop Sports Phys Ther*, 1997, 25: 203-207.
 - 30 Bennett JG, Stauber WT. Evaluation and treatment of anterior knee pain using eccentric exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 1986, 18: 526-530.
 - 31 McComb FH, Kerr KM. Isokinetic strength of the thigh muscles following the dacron method of reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Physiotherapy*, 1992, 78: 478-483.
 - 32 Lankhorst GJ, van de Stadt RJ, Korts JK. The relationships of functional capacity, pain, and isometric and isokinetic torque in osteoarthritis of the knee. *Scand J Rehabil Med*, 1985, 17: 167-172.
 - 33 Newton M, Waddell G. Trunk strength testing with iso-machines. Part 1. Review of a decade of scientific evidence. *Spine*, 1993, 18: 800-811.
 - 34 Moestardi RA, Noe DA, Kovacic MW, et al. Isokinetic lifting strength and occupational injury. A prospective study. *Spine*, 1992, 17: 189-193.
 - 35 徐军, 汪玉萍, 于增志, 等. 膝关节损伤后远期肌力改变的分析. 中国运动医学杂志, 2003, 22: 8-13.
 - 36 Bohannon RW, Andrews AW. Correlation of knee extensor muscle torque and spasticity with gait speed in patients with stroke. *Arch Phys Med Rehabil*, 1990, 71: 330-333.
 - 37 徐军. 应用等速运动方法对痉挛客观量化的评定. 引进国外医药技术与设备, 2000, 2: 38-41.
 - 38 Tripp EJ, Harris SR. Test-retest reliability of isokinetic knee extension and flexion torque measurements in persons with spastic hemiparesis. *Phys Ther*, 1993, 71: 390-396.
 - 39 Bohannon R, Andrews A. Correlation of knee extensor muscle torque and spasticity with gait speed in patients with stroke. *Arch Phys Med Rehabil*, 1990, 71: 330-333.
 - 40 徐军, 汪玉萍, 于增志, 等. 偏瘫患者踝跖屈重复离心-向心收缩测试结果分析. 中华物理医学与康复杂志, 2003, 25: 30-33.
 - 41 Maynard V, Bakheit A, Shaw S. Comparison of the impact of a single session of isokinetic or isotonic muscle stretch on gait in patients with spastic hemiparesis. *Clin Rehabil*, 2005, 19: 146-154.
 - 42 Ayalon M, Ben Sina D, Hutzler Y, et al. Reliability of isokinetic strength measurements the knee in children with cerebral palsy. *Dev Med Neurol*, 2000, 42: 398-402.
 - 43 Lamontagne A, Malouin F, Richards CL, et al. Evaluation of H-reflex and non-reflex-induced muscle resistance to stretch in adults with spinal cord injury using hand-held and isokinetic dynamometry. *Phys Ther*, 1998, 78: 964-978.
 - 44 徐军, 黄美光, 沈定国. 假肥大型进行性肌营养不良症患者儿髋、膝运动功能分析. 中国康复医学杂志, 1994, 9: 149-152.
 - 45 Pedersen S, Oberg B, Larsson L, et al. Gait analysis, isokinetic strength measurement in patients with Parkinson's disease. *Scand J Rehab Med*, 1997, 29: 67-74.
 - 46 Ponichtera JA, Rodgers MM, Glaser RM, et al. Concentric and eccentric isokinetic lower extremity strength in persons with multiple sclerosis. *J Orthop Sports Phys Ther*, 1992, 16: 114-122.
 - 47 Dvir Z. Isokinetic; muscle testing, interpretation and clinical applications. London: Churchill Livingstone, 1995. 102-120.
 - 48 Mont MA, Cohen DB, Campbell KR, et al. Isokinetic concentric versus eccentric training of shoulder rotators with functional evaluation of performance enhancement in elite tennis players. *Am J Sports Med*, 1994, 22: 513-517.
 - 49 Sale DG. Neural adaptations to strength training. In: Komi PV, eds. *Strength and power in sport*. London: Blackwell Scientific Publications, 1992. 249-265.
 - 50 Scharf HP, Eckhardt R, Maurus M, et al. Metabolic and hemodynamic changes during isokinetic muscle training: a controlled clinical trial. *Int J Sports Med*, 1994, 15: 56-59.
 - 51 Cote C, Simonean JA, Lagasse P, et al. Isokinetic strength training protocols: do they induce muscle fiber hypertrophy? *Arch Phys Med Rehabil*, 1988, 69: 281-285.
 - 52 Horstmann T, Mayer F, Fischer J, et al. The cardiocirculatory reaction to isokinetic exercises in dependence on the form of exercise and age. *Inr J Sport Med*, 1994, 15: 50-55.
 - 53 McCarthy MR, O'Donoghue PC, Yates CK. The clinical use of continuous passive motion in physical therapy. *J Orthop Sports Phys Ther*, 1992, 15: 132-140.
 - 54 Sherman WM, Pearson DR, Plyley MJ, et al. Isokinetic rehabilitation af-

- ter surgery: a review of factors which are important for developing physiotherapeutic techniques after knee surgery. Am J Sports Med, 1982, 10: 155-161.
- 55 Engardt M, Knutsson E, Jonsson M, et al. Dynamic muscle strength training in stroke patients: effects on knee extension torque, electromyographic activity, and motor function. Arch Phys Med Rehabil, 1995, 76: 419-425.
- 56 Glasser L. Effects of isokinetic training on the rate of movement during ambulation in hemiparetic patients. Phys Ther, 1986, 66: 673-676.
- 57 徐军, 瓮长水, 高怀民, 等. 偏瘫患者膝伸肌群等速离心收缩训练的效果. 中国康复医学杂志, 2000, 15: 144-147.
- (收稿日期: 2006-07-03)
(本文编辑: 吴 倩)

· 短篇论著 ·

昏迷患者在高压氧治疗过程中突发窒息 3 例报道

张健

我科 1988 年 10 月至 2005 年 10 月间共治疗各种原因导致的昏迷患者千余例, 其中有 3 例患者在高压氧治疗过程中突发窒息 (其中 1 例甚至出现心跳、呼吸骤停), 由于现场及时发现并果断采取抢救措施, 使患者转危为安。现报道如下。

一、病例报道

病例 1, 男, 35 岁, 因开放性颅脑损伤行“颅脑凹陷性骨折复位术 + 脑挫裂伤组织清除术”。患者术后持续昏迷, 因喉头水肿阻塞气道行气管切开。术后 6 d 行高压氧治疗, 治疗压力为 0.2 MPa。当患者治疗第 7 天稳压吸氧约 10 min 时, 突然烦躁不安、喘憋, 随之口唇、面色青紫, 护理人员立即给予调整面罩、拍背、变换体位等处理, 数分钟后患者仍无缓解, 喘憋反而加重, 紫绀更加明显, 在此紧急情况下医护人员迅即将气管套管拔出, 发现套管内口被痰栓不完全性堵塞。套管拔出后患者喘憋顿时消失, 口唇及面色渐红晕, 呼吸平稳。

病例 2, 男, 14 岁, 因“先天性心脏病房间隔缺损、卵圆孔未闭”于全麻体外循环条件下行“室缺修补 + 卵圆孔未闭缝合术”。术中患者主动脉被阻断 26 min, 总体外循环时间为 60 min, 整个手术过程顺利。患者术后呈昏迷状态, 无自主呼吸, 持续应用呼吸机, 血压 120/65 mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa)。术后 9 h 患者自主呼吸逐渐恢复, 呼吸频率 20 次/min。术后 16 h 时患者先后出现左侧 2 次及右侧 1 次肢体抽搐, 持续约 10~20 s, 考虑为气栓可能性较大, 术后 24 h 行高压氧治疗。患者进舱前查体: 处于深昏迷状态, 体温 37.8℃, 脉搏 80 次/min, 呼吸 26 次/min, 血压 128/76 mmHg, 自主呼吸较有力, 四肢肌张力紧张, 病理反射 (-)。氧舱内给予患者人工气囊辅助呼吸, 当舱压升至 0.14 MPa 时, 患者突然躁动不安, 呼吸变慢, 口唇发紫, 调整吸氧面罩及人工辅助呼吸并适当减压后, 患者紫绀有所缓解; 再次升压至 0.16 MPa 时患者紫绀又加重; 当反复加、减压至第 4 次时, 患者口唇及面色青紫, 呼吸频率慢而浅, 紫绀加重且不缓解, 立即撤掉人工辅助呼吸后患者呼吸反而平稳, 紫绀症状很快消失; 继续加压至 0.30 MPa, 患者正常吸氧至减压出舱, 在此期间患者呼吸平稳, 口唇红晕, 再无紫绀症状出现。

病例 3, 男, 18 岁, 因在工地施工时被高压电击中后心跳、

呼吸骤停, 经复苏治疗后意识不清持续 8 d, 遂行高压氧治疗。患者进舱前查体: 处于昏迷状态, 脉搏 76 次/min, 呼吸 23 次/min, 血压 120/80 mmHg, 偶有咳嗽但无力, 似有痰咳不出, 双肺可闻及干啰音, 未闻及明显湿啰音。氧舱治疗压力为 0.2 MPa, 第 1 次高压氧治疗时较顺利, 无不良反应; 患者出舱后因进食不佳于当晚置鼻饲管; 次日再行高压氧治疗, 患者稳压吸氧约 20 min 时出现躁动、喘憋、口唇紫绀等, 经转换体位、拍背等仍不能缓解, 此时呼吸微弱、紫绀加重。护理人员立刻将患者鼻饲管拔掉, 给予吸痰并立即开启紧急减压阀约 1 min 后减压出舱。出舱时患者心跳、呼吸停止, 立即给予胸外心脏按压, 约 2 min 后自主心跳、呼吸恢复, 吸出少量粘痰后给予常压吸氧、人工辅助呼吸及升压药维持血压等处理, 患者病情逐渐平稳。

二、讨论

上述 3 例昏迷患者在高压氧治疗过程中突然发生窒息 (其中 1 例甚至出现心跳、呼吸骤停), 其主要原因可能有以下方面: 病例 1 由于气管套管内口被痰栓不完全堵塞所致; 病例 2 则是因人工气囊辅助呼吸使用不合理所致; 病例 3 则是因粘痰阻塞导致窒息及异物刺激诱发心脏骤停。以病例 2 为例, 由于人工辅助呼吸与患者自主呼吸不协调、不同步, 造成患者主动呼吸与人工被动呼吸发生严重呼吸对抗, 致使呼吸消耗能量增多、通气量减少, 心脏循环负荷加重而窒息^[1]; 同时由于舱内加压时, 患者吸入高分压氧, 引发呼吸阻力增大, 呼吸变慢、变浅致使通气量降低^[2]; 病例 3 虽然痰量不多, 但由于其心肺骤停复苏后处于昏迷状态, 基本无咳嗽反射, 加之痰液粘稠、不易咳出造成支气管堵塞, 影响了肺通气功能, 使肺内通气/血流比例失调, 引发通气功能障碍^[3,4]; 同时也不能排除鼻饲管刺激诱发刚刚复苏的心脏再次发生骤停。

由此可见, 对于拟行高压氧治疗的昏迷患者在治疗前, 一定要保证其呼吸道通畅, 气管切开患者要经常清洗、消毒或更换气管套管以免痰栓堵塞。在治疗过程中, 一旦怀疑套管阻塞经处理无效时, 应立即拔除气管内套管。陪舱人员要熟练掌握吸痰的方法及注意事项, 粘稠痰须尽量湿化, 呼吸道分泌物较多者, 进舱前及在舱内治疗过程中均要经常吸痰。如果舱内需要人工辅助呼吸时, 必须按规程操作, 掌握好人工辅助呼吸的频率、幅度并保证与患者自主呼吸同步。心肺复苏后的患者要尽量避免或减少对呼吸循环系统的刺激。急危重症昏迷患者