

# 青少年女子膝关节屈伸肌力与年龄的关系

李南

(郑州大学 体育学院, 河南 郑州 450044)

**摘 要:** 为了研究女子膝关节屈伸肌群随年龄增长的自然发育规律, 运用 Kinitech 等速测试系统对 10~20 岁普通大、中、小学女生双侧膝关节屈伸肌群进行 60、120、240 (°)/s 3 种速度的等速测试。结果得到: 女子膝关节屈伸肌 PT 值随年龄的增长而增长, 在 14~17 岁年龄段肌力增长较快, 在同一年龄膝关节屈伸肌 PT 值均随测试速度的增加而减小; 同侧屈肌与伸肌比较, 各年龄段伸肌均大于屈肌; 同一速度下同年龄异侧同名肌比较差异均无显著性; 膝关节屈伸肌力比(H/Q)值在同一速度下, 随年龄的增长均呈现出减小的趋势; 同一年龄段 H/Q 值随速度的增加呈现出增大的趋势。结果说明: 10~20 岁女子膝关节屈伸肌群力量均随年龄的增长而自然增长, 在 14~17 岁年龄段膝关节屈伸肌力增长较快, 伸肌尤为显著; 随年龄增长屈伸肌力比(H/Q)值呈递减的趋势, 形成自然成长下屈伸肌群力量差距增大的现象。

**关键词:** 运动生物力学; 膝关节屈伸肌力; 动态等速测试; 青少年女子

中图分类号: G804.49 文献标识码: A 文章编号: 1006-7116(2009)11-0109-04

## Relations between the knee joint flexor and extensor strength and the age of teenage girls

LI Nan

(School of Physical Education, Zhengzhou University, Zhengzhou 450044, China)

**Abstract:** In order to study the natural development pattern of the knee joint flexor and extensor strength of females as the age grows, the author used the Kinitech isokinetic test system to perform isokinetic tests at the speeds of 60 (°)/s, 120 (°)/s and 240 (°)/s on the strength of the flexor and extensor at both sides of common elementary school, middle school and college girls at the age of 10-12, and revealed the following findings: the peak torque (PT) value of the knee joint flexor and extensor of females increases as the age grows, the muscle strength of females at the age of 14-17 grows faster, and the PT value of the knee joint flexor and extensor of females at the same age decreases as the test speed increases; as for females in various age groups, the PT value of their extensor is greater than the PT value of their flexor at the same side; as for females at the same age, there is no significant difference in the PT value measured at the same speed between the homonymous muscles at different sides; the ratio of knee joint flexor strength to knee joint extensor strength (H/Q) tested at the same speed shows a trend of decreasing as the age grows; the H/Q ratio of females in the same age group shows a trend of increasing as the speed increases. The said findings indicate the followings: the knee joint flexor and extensor strength of females at the age of 10-20 grows naturally as the age grows, and the knee joint flexor and extensor strength of females in the age group of 14-17 grows faster, especially their extensor strength grows significantly faster; the H/Q ratio shows a trend of gradually decreasing as the age grows, which forms the sign of increasing of the difference in muscle strength between the flexor and extensor under the condition of natural growth.

**Key words:** sports biomechanics; knee joint flexor and extensor strength; dynamic isokinetic test; teenage girls

等速运动是 20 世纪 60 年代由 Hislop 和 Perrine<sup>[1]</sup>提出的一种新的运动模式。被认为是肌肉功能测试和训练技术的一次革命。等速测试的特点是运动速度相对稳定,不会产生爆发式运动的现象,而且整个运动中的任何一点都能产生最大的力量,因其在有效性、准确性和安全性等方面均具有明显优势,被视为肌肉功能评价的“黄金方法”<sup>[2]</sup>,现已广泛应用于运动训练、肌力评价、运动医学、康复医学、临床医学等领域,但研究多集中于对运动员或康复人群的测试研究。本研究通过等速肌力测试的方法探索普通女子在自然成长过程中关节屈伸肌群肌力发展的生物力学规律,建立普通人群正常膝屈伸肌等速肌力测试值,为运动损伤和康复、人体工程学等提供生物力学参数。

## 1 研究对象与方法

### 1.1 测试对象

随机抽取郑州市大、中、小学 10~20 岁的女学生,共计 165 人,平均分为 11 个年龄段。受试者平时只参加学校的日常活动,均未参加过正规的肌肉力量训练,经调查均无腰背部和下肢各关节疾患、外伤、手术史,下肢各关节肌力和关节活动范围均在正常范围,在等速肌力测试前 24 h 未从事剧烈运动,无肌肉疲劳症状。

### 1.2 研究方法

本测试采用澳大利亚 Kylink 公司生产的 Kinitech

等速肌力测试系统,参照 Kinitech 试验手册规定的方法对测试对象的膝关节进行固定,测试内容为双侧膝关节等速屈伸运动。测试速度为 60、120 和 240 (°)/s,测试次数为屈伸 6 次。测试开始前由专人组织受试者进行 10 min 的准备活动,每人在正式测试前进行 1 次亚极量屈伸运动以适应仪器。测试指标包括峰力矩 (peak torque, PT)、最大功率(max power, MP)、峰力矩的角度(angle of peak torque, APT)、达到峰力矩的时间(time to peak torque, TPT),以及相对体重(body mass, BM)的峰力矩(PT/BM)、相对体重的最大功率(MP/BM)。

### 1.3 统计学处理

采用 SPSS11.0 统计软件对所有实验数据进行统计学处理,结果均以  $\bar{x} \pm s$  表示,对膝关节屈伸肌力各指标进行独立样本 *t* 检验。

## 2 研究结果与分析

### 2.1 膝关节屈伸肌 PT 值测试结果与分析

测试结果表明(表 1),在 3 种测试速度下,青少年女子左右膝关节屈伸肌 PT 值随年龄的增长均呈递增趋势,表明在 10~20 岁肌力和年龄呈正相关。在同一年龄左右膝关节屈伸肌 PT 值均随测试速度的增加而有减小趋势,表明收缩速度和肌力呈负相关,符合 Hill 的力-速(*F-v*)方程。

表 1 峰力矩 ( $\bar{x} \pm s$ ) 测试结果

年龄/岁	左右	N·m					
		60 (°)/s		120 (°)/s		240 (°)/s	
		屈	伸	屈	伸	屈	伸
10	左	59.45±16.43	72.50±18.66 <sup>1)</sup>	48.08±15.64	56.56±14.59	38.99±11.43	43.32±16.48
	右	54.98±17.26	64.68±23.64 <sup>1)</sup>	44.99±17.56	52.32±13.57	35.71±15.43	39.24±13.47
11	左	62.06±17.81	77.57±24.24 <sup>1)</sup>	51.10±18.62	61.57±23.81	42.44±13.52	48.23±19.64
	右	59.39±27.42	71.56±18.57 <sup>1)</sup>	49.76±15.88	58.54±16.65	37.67±17.64	42.81±16.79
12	左	66.02±23.46	84.64±31.37 <sup>1)</sup>	56.28±25.43	68.64±32.67 <sup>1)</sup>	44.57±18.61	50.65±15.87
	右	62.75±31.54	77.47±24.56 <sup>1)</sup>	51.19±15.82	61.68±22.37	40.28±15.63	44.76±18.63
13	左	67.84±26.51	89.26±34.12 <sup>1)</sup>	60.13±30.07	73.33±32.61 <sup>1)</sup>	46.64±22.54	54.87±21.46
	右	65.23±34.75	83.63±35.80 <sup>1)</sup>	60.24±28.27	72.58±24.57 <sup>1)</sup>	45.13±19.88	51.87±22.66
14	左	69.42±30.85	95.09±35.87 <sup>1)</sup>	62.58±33.02	78.23±25.64 <sup>1)</sup>	52.68±21.34	61.26±27.81
	右	66.86±35.47	89.15±37.52 <sup>1)</sup>	64.85±27.53	79.09±25.64 <sup>1)</sup>	50.13±22.64	57.62±23.41
15	左	84.10±32.81	116.81±38.42 <sup>1)</sup>	63.76±31.73	82.81±32.65 <sup>1)</sup>	57.93±26.74	68.97±26.44
	右	75.60±35.21	103.56±37.63 <sup>1)</sup>	66.94±26.18	83.67±22.68 <sup>1)</sup>	54.87±26.42	63.80±22.45
16	左	94.32±35.26	132.84±35.45 <sup>2)</sup>	71.46±31.58	96.57±32.44 <sup>1)</sup>	61.26±28.67	73.81±29.40
	右	81.37±36.54	116.24±36.52 <sup>2)</sup>	69.81±27.53	89.50±24.91 <sup>1)</sup>	55.39±24.65	65.17±26.44
17	左	101.82±27.43	147.56±32.46 <sup>2)</sup>	76.98±25.53	105.45±27.36 <sup>2)</sup>	64.49±23.52	78.65±27.49
	右	89.80±44.65	130.14±38.66 <sup>2)</sup>	72.83±25.62	98.42±22.55 <sup>1)</sup>	64.28±31.30	76.52±28.46
18	左	111.39±28.74	163.81±28.77 <sup>2)</sup>	81.81±32.53	113.62±27.68 <sup>2)</sup>	64.50±28.62	80.62±30.66
	右	102.42±35.43	144.26±43.81 <sup>2)</sup>	79.38±25.43	108.74±25.62 <sup>2)</sup>	65.09±33.66	77.45±32.86
19	左	115.62±33.86	172.57±37.56 <sup>2)</sup>	85.26±27.58	116.80±25.47 <sup>2)</sup>	66.09±26.45	81.59±28.91
	右	105.10±31.47	152.32±38.40 <sup>2)</sup>	81.04±23.86	112.55±25.43 <sup>2)</sup>	63.45±28.72	76.45±31.42
20	左	119.02±34.28	177.64±36.59 <sup>2)</sup>	88.23±33.52	122.54±26.40 <sup>2)</sup>	64.18±31.81	80.23±32.88
	右	106.59±32.65	156.75±34.23 <sup>2)</sup>	82.93±33.45	118.47±25.94 <sup>2)</sup>	65.29±33.66	79.62±30.19

同一测试速度下同年龄同侧与屈肌比较: 1)  $P < 0.05$ , 2)  $P < 0.01$ 。

同一测试速度下同年龄同侧屈肌与伸肌比较表明, 青少年女子左右膝关节屈伸肌 PT 值各年龄段伸肌均大于屈肌, 在 60 (°)/s 测试条件下, 差异在 10~13 岁表现出显著性( $P<0.05$ ), 在 14~20 岁表现出高度显著性( $P<0.01$ ), 这一结果表明随着年龄的增长屈伸肌群的差距在不断扩大, 在 14~17 岁膝关节屈伸肌力随年龄增长呈现出较高的增长趋势, 伸肌增长速度更为显著, 说明在 14~17 岁这个年龄段存在较快的增长现象。在 120 (°)/s 测试条件下, 左侧差异在 12~16 岁表现出显

著性, 在 17~20 岁表现出高度显著性; 右侧差异在 13~17 岁表现出显著性, 在 18~20 岁表现出高度显著性。

## 2.2 膝关节屈伸肌力 H/Q 值结果与分析

肌力矩屈伸比(H/Q)是当前运动医学和康复医学的重点研究课题之一, 在实践中对人体下肢功能的监测与评价有着重要意义<sup>[3]</sup>。表 2 表明, 女子左右膝关节屈伸肌力比(H/Q)值在同一测试速度下, 随年龄的增长均呈现出减小的趋势; 同一年龄 H/Q 的值随速度的增加呈现出增大的趋势。

表 2 女子等速肌力测试膝关节屈伸肌力比 H/Q ( $\bar{x} \pm s$ )

年龄	60 (°)/s		120 (°)/s		240 (°)/s	
	左侧	右侧	左侧	右侧	左侧	右侧
10	0.82±0.14	0.85±0.17	0.85±0.21	0.86±0.22	0.90±0.23	0.91±0.27
11	0.80±0.17	0.83±0.21	0.83±0.19	0.85±0.24	0.88±0.25	0.88±0.29
12	0.78±0.23	0.81±0.26	0.82±0.24	0.83±0.28	0.88±0.26	0.90±0.28
13	0.76±0.26	0.78±0.31	0.82±0.27	0.83±0.25	0.85±0.27	0.87±0.24
14	0.73±0.31	0.75±0.29	0.80±0.29	0.82±0.27	0.86±0.26	0.87±0.26
15	0.72±0.28	0.73±0.26	0.77±0.31	0.80±0.31	0.84±0.28	0.86±0.25
16	0.71±0.36	0.70±0.35	0.74±0.32	0.78±0.34	0.83±0.30	0.85±0.24
17	0.69±0.29	0.69±0.28	0.73±0.26	0.74±0.30	0.82±0.28	0.84±0.31
18	0.68±0.36	0.71±0.34	0.72±0.26	0.73±0.28	0.80±0.31	0.84±0.34
19	0.67±0.35	0.69±0.34	0.73±0.33	0.72±0.31	0.81±0.32	0.83±0.33
20	0.67±0.37	0.68±0.33	0.72±0.31	0.70±0.28	0.80±0.29	0.82±0.27

## 3 讨论

对于随测试速度的增加峰力矩下降的变化早已得到许多学者研究证实<sup>[4-6]</sup>。温特<sup>[7]</sup>认为是由于两方面原因造成的: 一是收缩元中的横桥断开肌肉损失张力, 然后在缩短过程再形成横桥时也损失张力; 二是收缩元和结缔组织中的流体黏滞性, 需要内力克服这些黏滞阻力而造成张力下降。Succder 等<sup>[8]</sup>认为, 肌纤维的兴奋及产生张力都需一定时间, 若运动速度越快, 肌肉收缩时间越短, 所募集的肌纤维数量越少, 产力也就越小。Chena<sup>[9]</sup>发现, 快速运动的峰力矩与快肌纤维的含量呈正比, 认为在快速运动时仅由快缩肌产力。还有学者认为, 肌肉在主动收缩时, 其拮抗肌受牵拉诱发牵张反射而产生阻力, 因此主缩肌收缩速度越快, 受拮抗肌产生阻力的影响越大。

本研究女子膝关节屈伸肌力在 14~17 岁年龄段存在较快的增长现象, 这一结果与有关研究的结论相同<sup>[7]</sup>; 但与国外 Miyashita 等<sup>[10]</sup>发现女孩膝关节肌力矩值 14~17 岁增加不显著有所不同。这可能因为人种不同, 激素的分泌年龄段不同所致, 激素可以通过促进肌肉蛋白质的合成, 促进肌肉肥大, 从而提高肌肉力量<sup>[7]</sup>。Miyashita 等<sup>[10]</sup>的研究还发现男孩膝关节肌力矩值 13~17 岁呈直线增加, 与我国黎鹰<sup>[11]</sup>的研究也有所不

同, 他的研究认为 13~18 岁女生的最大肌力也持续增长, 但增长的速度明显小于男生, 16 岁后增长缓慢, 16 岁开始男女生之间的差距拉大。

女子左右膝关节屈伸肌 PT 值各年龄段伸肌均大于屈肌, 其原因可能是由于人们在日常生活中经常性的活动如负重行走过程中的蹬伸、蹦跳等, 都主要是膝关节伸肌用力, 而屈肌往往只是完成脚蹬伸离地腾空后膝关节屈的运动, 因为多在腾空未负重的状态下, 所以膝关节屈肌在日常活动中锻炼的机会远远少于伸肌所致。

左右膝关节屈伸肌力比(H/Q)值在同一测试速度下, 随年龄的增长均呈现出减小的趋势; 同一年龄 H/Q 的值随速度的增加呈现出增大的趋势。这与郑光新等<sup>[12]</sup>的研究结论相似。国外学者对成年女子的研究报导膝关节屈、伸肌力矩比值(H/Q)一般在慢速测试时 60 (°)/s 为 60%左右<sup>[13]</sup>, 中速测试 180 (°)/s 时为 76%左右, 快速测试 240 (°)/s 时为 83%左右<sup>[14]</sup>, 这表明, H/Q 值不是固定的, 会随着运动速度加快而逐步提高<sup>[15]</sup>; 两腿同名肌力矩相差值一般在 10%~15%, 且在不同运动速度下这个值基本稳定<sup>[14]</sup>, 否则的话, 弱肌容易受伤。国内外研究者认为, 膝关节峰力矩值比率相对合理的范围应为 60%~85%<sup>[16]</sup>。并且认为中国运动员 60 (°)/s

时的比值一般在 0.5~0.6 之间, 男女无性别差异, 且左腿高于右腿。一般认为, 我国运动员力矩屈、伸比值偏低, 主要原因是股后肌群力量差所致, 尤其是快速肌力相差明显<sup>[17-19]</sup>。另有研究表明, 我国优秀运动员的膝关节屈伸肌力矩的比例均值为 0.66, 而世界优秀运动员的屈伸肌力矩比例普遍在 0.8~1.0<sup>[20]</sup>, 由此可见, 10~11 岁女子膝关节屈、伸肌力矩比值与世界优秀运动员的屈伸肌比例相似, 这与师玉涛<sup>[21]</sup>对 10 岁儿童的研究相同, 他的研究发现, 男女儿童膝关节 PT 值低速和中速的测试中没有性别差异, 高速测试中有显著性差异; 在 60 (°)/s 测试速度中, 膝关节屈伸比值(H/Q)>0.7, 与国内外对成人的研究不一致, 与优秀运动员相一致。这可能与儿童不参加过重体力劳动在自然条件下发育有关, 成人由于在日常生活中经常性从事负重行走过程中的蹬伸、蹦跳等, 主要是膝关节伸肌用力, 而屈肌往往只是完成脚蹬伸离地腾空后膝关节屈收的运动, 因为多在腾空未负重的状态下, 所以膝关节屈肌在日常生活中锻炼的机会远远少于伸肌, 从而形成成人屈伸比值(H/Q)偏小。

#### 参考文献:

- [1] Hislop H J. The isokioetic concept of exercise[J]. *Phys Ther*, 1967, 47: 114.
- [2] 卢德明, 王向东. 青年人六大关节肌力研究[M]. 北京: 北京体育大学出版社, 2004: 16-38.
- [3] 刘耀荣, 周里, 时倩. 跳跃运动员膝关节屈伸肌群等速向心收缩时肌力与 sEMG 变化特征[J]. *上海体育学院学报*, 2008, 32(1): 52-55.
- [4] 吴毅, 杨晓冰, 李云霞, 等. 膝关节屈肌和伸肌及等速向心、等速离心及等长测试的研究[J]. *中国运动医学杂志*, 1996, 15(3): 193-196.
- [5] 张贵敏, 于树祥, 张萍. 二级运动员膝伸屈肌力矩的比较研究[J]. *沈阳体育学院学报*, 1995(1): 7-10.
- [6] Westing S H. Eccentric and concentric torque-velocity characteristics, torque output comparisons, and gravity effect torque corrections for the quadriceps and hamstring muscles in females[J]. *International Journal of Sport Medicine(Stuttgart, FRG)*, 1989, 10(3): 175-180.
- [7] 邓树勋, 王健, 乔德才. 运动生理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2005: 307-310.
- [8] Succder G N. Torque curves produced at the knee during isometric and isokinetic exercise[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 1980, 61: 68.
- [9] Chena D R, Kurth A L, Thomas M, et al. Torque characteristics of the quadriceps and hamstring muscles during concentric and eccentric loading[J]. *JOSPT*, 1991, 14: 149.
- [10] Miyashita M. Dynamic peak torque related to age, sex and performance[J]. *Res Quart*, 1979, 50: 249-255.
- [11] 黎鹰. 中学生动态等速肌力自然发育的年龄规律与性别特点[J]. *体育学刊*, 2005, 12(5): 39-42.
- [12] 郑光新. 屈、伸膝肌向心性等速肌力测试的正常值研究[J]. *中国康复医学杂志*, 1998, 13(5): 201-205.
- [13] Oberg B. Isokinetic torque level for knee extensors and knee flexors in soccer players. *Int[J]. Sports Med*, 1986, 7: 50-53.
- [14] Morris A. Hamstring/quadriceps strength ratios in collegiate middle-distance and distance runner[J]. *The Physician and Sports Medilene*, 1983, 11: 71-77.
- [15] Wyatt M P, Edwards A M. Comparison of quadriceps and hamstring toque values during isokinetic exercise[J]. *J Orthop Sports Phys Ther*, 1981, 3(2): 48-56.
- [16] Knapik J J, Ramos M U. Isometric and isometric torque relationships in the human body[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 1980 Feb, 61(2): 64-67.
- [17] 马利华, 姚颂平. 等速测试在肌肉力量评定上的应用[J]. *体育科学*, 1993(1): 59-63.
- [18] 潘启强. CYBEX II 测试中膝关节月国绳肌与股四头肌力矩峰值比率问题初探[J]. *体育科学*, 1992(1): 61-62.
- [19] Boolaky U V, Bainbridge J, Hathorn I, et al. Using EMG to measure knee joint forces[J]. *Journal of Bone and Joint Surgery-British Volume*, 2001, 83-B Supplement I: 95.
- [20] 张庆来, 孟站领. 小学生双侧膝关节等速肌力特征研究[J]. *中国体育科技*, 2005, 41(3): 116-119.
- [21] 师玉涛. 健康儿童膝关节屈伸肌力的等速测试研究[J]. *上海体育科研*, 2003, 24(6): 46-48.

[编辑: 郑植友]