

高校男子篮球、足球运动员膝关节屈伸肌群等速肌力特征比较研究

张晓嫒, 满 喜

内蒙古师范大学体育学院, 运动生物力学实验室, 内蒙古 呼和浩特

收稿日期: 2022年7月19日; 录用日期: 2022年8月19日; 发布日期: 2022年8月29日

摘 要

研究目的: 对高校篮球和足球运动员膝关节屈伸肌等速肌力特征进行比较研究, 以探究篮球和足球运动员膝关节屈伸肌力的不同, 为篮球与足球运动员膝关节肌力的个性化训练和损伤预防提供理论依据。研究方法: 选用瑞士生产的Con-trex多关节等速肌力测试与训练系统对内蒙古师范大学体育学院的20名男子篮球二级运动员和20名男子足球二级运动员下肢优势侧膝关节进行等速向心屈伸运动的测试。研究结果: 1) 篮球组在三种角速度下伸肌相对峰力矩显著大于屈肌($P < 0.01$); 足球组在角速度为 $60^\circ/s$ 和 $240^\circ/s$ 时伸肌相对峰力矩显著大于屈肌($P < 0.05$); 篮球组的伸肌相对峰力矩在角速度为 $60^\circ/s$ 和 $180^\circ/s$ 时显著大于足球组($P < 0.01$)。2) 篮球组在三种角速度下伸肌总功和平均功率均显著大于屈肌($P < 0.01$); 足球组在角速度为 $60^\circ/s$ 和 $180^\circ/s$ 时伸肌总功显著大于屈肌($P < 0.05$), 且不论在何种角速度下伸肌平均功率均显著大于屈肌($P < 0.01$); 篮球组屈伸肌总功和平均功率均显著大于足球组($P < 0.05$)。3) 足球组伸肌的疲劳指数在角速度 $60^\circ/s$ 和 $180^\circ/s$ 时显著大于屈肌($P < 0.05$); 篮球组伸肌耐力只在角速度 $240^\circ/s$ 时显著大于足球组($P < 0.05$)。研究结论: 1) 所有运动员膝关节伸肌力量明显大于屈肌, 屈伸肌力量平衡; 篮球组运动员的伸肌力量在角速度为 $60^\circ/s$ 和 $180^\circ/s$ 时显著强于足球组。2) 所有运动员伸肌工作能力和爆发力明显大于屈肌; 篮球运动员的屈伸肌工作能力、爆发力和快速力量显著强于足球运动员。3) 在慢速和中速运动中足球运动员的伸肌抗疲劳能力弱于屈肌; 在快速运动中篮球运动员的伸肌耐力和抗疲劳的能力强于足球运动员。

关键词

运动员, 膝关节屈伸肌群, 等速肌力特征

Comparative Study on Isokinetic Muscle Strength Characteristics of Knee Flexion and Extension Muscles of Male Basketball and Football Players in Colleges and Universities

Xiaoman Zhang, Xi Man

Laboratory of Sports Biomechanics, Institute of Physical Education, Inner Mongolia Normal University, Hohhot Inner Mongolia

Received: Jul. 19th, 2022; accepted: Aug. 19th, 2022; published: Aug. 29th, 2022

Abstract

Objective: To compare the characteristics of knee flexion and extensor isokinetic muscle strength of college basketball and football players, in order to explore the difference of knee flexion and extensor muscle strength of basketball and football players, and to provide theoretical basis for individualized training of knee muscle strength and injury prevention of basketball and football players. **Methods:** The Con-trex multi-joint isokinetic muscle strength test and training system produced by Switzerland was used to test the isokinetic flexion and extension of the dominant knee joint of the lower limbs of 20 male basketball second-level players and 20 male football second-level players from the Physical Education College of Inner Mongolia Normal University. **Results:** 1) In the basketball group, the relative peak torque of extensor muscle was significantly higher than that of flexor muscle ($P < 0.01$). In the football group, the relative peak torque of extensor muscle was significantly higher than that of flexor muscle when the angular velocity was $60^\circ/s$ and $240^\circ/s$ ($P < 0.05$). The relative peak torque of extensor muscle in basketball group was significantly higher than that in football group at angular velocity of $60^\circ/s$ and $180^\circ/s$ ($P < 0.01$). 2) In the basketball group, the total work and average power of extensor muscles were significantly higher than those of flexor muscles at three angular velocities ($P < 0.01$); In football group, the total work of extensor muscle was significantly higher than that of flexor muscle at $60^\circ/s$ and $180^\circ/s$ angular velocity ($P < 0.05$), and the average power of extensor muscle was significantly higher than that of flexor muscle at any angular velocity ($P < 0.01$). The total work and average power of flexion and extensor muscles in basketball group were significantly higher than those in football group ($P < 0.05$). 3) The fatigue index of extensor muscles in football group was significantly higher than that of flexor muscles at angular velocities of $60^\circ/s$ and $180^\circ/s$ ($P < 0.05$); The extensor endurance of the basketball group was significantly higher than that of the football group only at an angular velocity of $240^\circ/s$ ($P < 0.05$). **Conclusions:** 1) The strength of knee extensor muscles was significantly greater than that of flexor muscles in all athletes, and the flexor and extensor muscles were balanced; The extensor strength of the basketball group was significantly stronger than that of the football group at the angular velocities of $60^\circ/s$ and $180^\circ/s$. 2) The working capacity and explosive power of the extensor muscles of all athletes were significantly greater than those of the flexor muscles; The flexion and extensor working ability, explosive power and quick strength of basketball players are significantly better than those of football players. 3) In slow and medium speed sports, the extensor muscles of football players have weaker anti-fatigue ability than the flexor muscles; The extensor endurance and fatigue resistance of basketball players are better than that of football players in fast movement.

Keywords

Athletes, Knee Flexor and Extensor Group, Isokinetic Muscle Strength Characteristics

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

膝关节是人体重要的承重关节, 在运动和比赛中容易受到损伤, 尤其是一些对下肢肌肉力量要求较高的激烈同场竞技类项目, 如篮球、足球等。运动员在进行这类运动时膝关节会因做大量的跑跳、急停急转和变向动作而力量不足, 从而增加膝关节前交叉韧带、半月板等损伤的风险。有研究发现, 在快节奏强度大的比赛中运动员膝关节发生损伤的概率高达 66.7% [1]。但不同运动项目中膝关节发挥的作用也会有所不同, 因此膝关节屈伸肌群力量的强弱也有区别。有研究发现膝关节屈伸肌群的力量成分要求的不同与运动项目中主要运动部分的不同相关, 上肢主导类运动项目的屈膝肌群力量较弱, 下肢主导类的项目伸膝肌群力量较弱[2]。因此本研究对内蒙古师范大学 20 名男子篮球运动员和 20 名男子足球运动员的膝关节屈伸肌群进行等速肌力测试, 探讨不同运动项目运动员膝关节屈伸肌群的力量特征, 从而为不同项目运动员膝关节屈伸肌群的力量评价、力量薄弱环节的诊断和运动损伤的防治提供科学的依据, 也为教练员对运动员个性化训练方案的制定提供理论参考。

2. 研究对象和研究方法

2.1. 研究对象

选取内蒙古师范大学体育学院 20 名男性国家二级篮球运动员和 20 名男性国家二级足球运动员分别作为本次实验的篮球组和足球组的受试者, 共计 40 人。所有受试者在年龄、身高、体重和训练年限方面的差异均无统计学意义($P > 0.05$)。且所有受试者身体健康, 无膝关节伤病, 骨质疏松、关节活动受限等等速肌力禁忌症状, 均对本次实验配合良好。受试者基本情况如表 1 所示。

Table 1. Basic data of the participants ($M \pm SD$)

表 1. 受试者基本情况($M \pm SD$)

项目名称	人数(n)	年龄(y)	身高(cm)	体重(kg)	训练年限(y)
篮球组	20	20.07 \pm 1.33	183.83 \pm 9.10	73.03 \pm 11.00	3.90 \pm 1.54
足球组	20	20.93 \pm 1.38	178.36 \pm 6.56	70.43 \pm 10.41	4.45 \pm 1.28
P	—	P = 0.06	P = 0.17	P = 0.38	P = 0.16

2.2. 研究方法

2.2.1. 实验仪器

在内蒙古师范大学体育学院运动生物力学实验室, 运用瑞士生产的 Con-trex 多关节等速肌力测试与训练系统对 40 名受试者的优势侧膝关节进行等速向心屈伸运动的生物力学指标测试。

2.2.2. 优势腿和非优势腿评定

实验开始前对所有运动员下肢优势腿和非优势腿进行评定, 评定方法选择 10 m 连跳法[3]。具体方法为受试者各使用左右侧腿进行 10 m 的单脚连跳, 完成动作时间更短的一侧为优势侧腿, 反之为非优势侧。

2.2.3. 等速肌力测试方法

根据实验测试要求, 创建新的受试者模块, 并将受试者的基本信息记录在模块中。然后受试者在实验员的引导下进行 10 min 的热身运动, 开始测试时受试者呈坐位, 实验员对受试者的膝关节进行固定, 并进行预测试, 热身和预测试的目的是为了使受试者熟悉仪器并防止受伤。测试的角速度和重复实验次数如表 2 所示, 每次实验间隔 1 min。

Table 2. Experimental test angular velocity and number of repetitions
表 2. 实验测试角速度和重复次数

测试模式	测试角速度	重复次数
等速向心 - 屈伸	60°/s	5
等速向心 - 屈伸	180°/s	10
等速向心 - 屈伸	240°/s	25

2.2.4. 测试指标

具体的测试指标包括:

1) 相对峰力矩(peak torque to body weight, PT/BW): 最大力矩占个体体重的百分比, 单位为 N·m/kg。该指标排除了体重对力矩值的影响, 可更好地比较不同个体间力量的差异。

2) 峰力矩屈伸比(flexion to extension, F/E): 是关节屈肌和伸肌之比, 主要反映关节肌肉的平衡能力和关节稳定性。

3) 总功(total work, TW): 是力与运动角位移的乘积, 单位为 J。该指标可反映肌肉的总工作能力。

4) 平均功率(average power, AP): 是指肌肉或肌群在单位时间内所做的功, 反映肌群的工作效率和快速发力能力, 单位为 J/S。

5) 耐力比(endure ratio, ER): 是指在等速肌力测试中连续运动 20~25 次, 后 1/3 的做功量与前 1/3 的做功量之比, 能反映肌肉重复收缩时的耐力。

6) 疲劳指数(work fatigue, WF): 主要反映肌肉在运动过程中疲劳的快慢, 计算公式为: 疲劳指数 = (前三次做的功 - 后三次做的功)/前三次做的功 × 100% [4]。

2.3. 数据处理

采用 SPSS Statistics 25 统计软件和 Microsoft Excel 对所有实验数据进行处理, 结果均以平均值 ± 标准差表示(M ± SD)。对相同组受试者优势侧膝关节屈伸肌各指标采用配对样本 T 检验, 不同组受试者的优势侧膝关节屈伸肌各指标采用独立样本 T 检验, P < 0.05 为显著性差异, P < 0.01 为非常显著差异。

3. 研究结果

3.1. 篮球和足球运动员膝关节屈伸肌相对峰力矩和峰力矩屈伸比测试结果

如表 3 所示, 随着角速度的增加, 篮球组和足球组屈伸肌相对峰力矩逐渐减小, 峰力矩屈伸比逐渐增加。组内比较结果显示, 篮球组在三种角速度下伸肌相对峰力矩均显著大于屈肌(P < 0.01), 足球组在角速度为 60°/s 和 240°/s 时伸肌相对峰力矩显著大于屈肌(P < 0.05); 组间比较显示篮球组屈伸肌相对峰力矩均大于足球组, 并且在角速度为 60°/s 和 180°/s 时篮球组的伸肌相对峰力矩显著大于足球组(P < 0.01)。对于峰力矩屈伸比来说, 同一角速度下篮球组的屈伸比均小于足球组, 但均无显著性差异。

3.2. 篮球和足球运动员膝关节总功和平均功率测试结果

如表 4 所示, 随角速度增加, 篮球组和足球组的总功和平均功率也逐渐增加。组内比较结果显示, 篮球组在三种角速度下伸肌总功和平均功率均显著大于屈肌(P < 0.01), 足球组在角速度为 60°/s 和 180°/s 时伸肌总功大于屈肌(P < 0.05), 在三种不同角速度下伸肌平均功率均显著大于屈肌(P < 0.01); 组间比较显示在同一角速度下, 篮球组屈肌总功大于足球组(P < 0.05), 篮球组伸肌总功和屈伸肌平均功率均显著大于足球组(P < 0.01)。

Table 3. Test results of relative peak moment and peak moment flexion/extension ratio of knee flexion and extensor muscles of athletes in different sports (M ± SD)

表 3. 不同项目运动员膝关节屈伸肌相对峰力矩和峰力矩屈伸比测试结果(M ± SD)

角速度	肌肉类型	相对峰力矩(N·m/Kg)		峰力矩屈伸比(%)	
		篮球组	足球组	篮球组	足球组
60°/s	屈肌	1.26 ± 0.53	1.04 ± 0.43	0.62 ± 0.13	0.64 ± 0.15
	伸肌	2.45 ± 0.44 ^{###}	1.58 ± 0.63 [#]		
180°/s	屈肌	1.11 ± 0.34	1.01 ± 0.49	0.71 ± 0.13	0.75 ± 0.20
	伸肌	1.75 ± 0.47 ^{###}	1.37 ± 0.64		
240°/s	屈肌	1.03 ± 0.35	0.98 ± 0.52	0.79 ± 0.16	0.81 ± 0.20
	伸肌	1.41 ± 0.43 ^{##}	1.35 ± 0.52 [#]		

注: ^{###}代表同一角速度下组内屈肌与伸肌相比具有非常显著性差异(P < 0.01), [#]代表同一角速度下组内屈肌与伸肌相比具有显著性差异(P < 0.05); ^{**}代表同一角速度下组间相比具有非常显著性差异(P < 0.01); ^{*}代表同一角速度下组间相比具有显著性差异(P < 0.05)。

Table 4. Test results of total work and average power of knee joint of athletes in different sports

表 4. 不同项目运动员膝关节总功和平均功率测试结果

角速度	肌肉类型	总功(J)		平均功率(J/S)	
		篮球组	足球组	篮球组	足球组
60°/s	屈肌	382.72 ± 161.23 [*]	237.01 ± 79.78	58.12 ± 12.79 ^{**}	37.92 ± 14.53
	伸肌	570.47 ± 153.92 ^{###}	352.43 ± 150.39 ^{##}	84.77 ± 19.85 ^{###}	54.16 ± 18.91 ^{##}
180°/s	屈肌	590.03 ± 211.14 [*]	418.92 ± 157.92	101.01 ± 33.04 ^{**}	63.31 ± 20.36
	伸肌	871.87 ± 271.23 ^{###}	560.39 ± 184.16 [#]	141.28 ± 32.65 ^{###}	91.80 ± 29.40 ^{##}
240°/s	屈肌	1187.88 ± 279.96 [*]	893.96 ± 318.24	104.06 ± 34.12 ^{**}	67.37 ± 17.89
	伸肌	1630.62 ± 330.30 ^{###}	1046.84 ± 264.32	143.48 ± 32.65 ^{###}	99.02 ± 27.42 ^{##}

注: ^{###}代表同一角速度下组内屈肌与伸肌相比具有非常显著性差异(P < 0.01), [#]代表同一角速度下组内屈肌与伸肌相比具有显著性差异(P < 0.05); ^{**}代表篮球组与足球组相比具有非常显著性差异(P < 0.01); ^{*}代表篮球组与足球组相比具有显著性差异(P < 0.05)。

3.3. 篮球和足球运动员膝关节耐力比和疲劳指数测试结果

如表 5 所示, 随着角速度的增加, 篮球组和足球组屈伸肌耐力比的变化并不明显, 但疲劳指数逐渐减小。组内比较发现只有足球组伸肌的疲劳指数在角速度 60°/s 和 180°/s 时显著大于屈肌(P < 0.05), 其他均无显著性差异; 组间比较发现只有在角速度 240°/s 时篮球组伸肌耐力比显著大于足球组(P < 0.05), 其他角速度下均无显著性差异。

Table 5. Knee endurance ratio and fatigue index test results of athletes in different sports

表 5. 不同项目运动员膝关节耐力比和疲劳指数测试结果

角速度	肌肉类型	耐力比		疲劳指数(J/S)	
		篮球组	足球组	篮球组	足球组
60°/s	屈肌	0.93 ± 0.14	0.93 ± 0.15	0.69 ± 0.34	0.50 ± 0.37
	伸肌	0.95 ± 0.15	0.90 ± 0.16	0.78 ± 0.31	0.89 ± 0.57 [#]

Continued

180°/s	屈肌	0.90 ± 0.13	0.92 ± 0.28	0.54 ± 0.30	0.50 ± 0.34
	伸肌	0.92 ± 0.18	0.95 ± 0.19	0.71 ± 0.41	0.79 ± 0.50 [#]
240°/s	屈肌	0.92 ± 0.10	0.87 ± 0.10	0.38 ± 0.34	0.42 ± 0.30
	伸肌	0.99 ± 0.13 [*]	0.89 ± 0.16	0.48 ± 0.33	0.54 ± 0.40

注：[#]代表同一角速度下组内屈肌与伸肌相比具有显著性差异($P < 0.05$)；^{*}代表篮球组与足球组相比具有显著性差异($P < 0.05$)。

4. 分析讨论

随着时代的发展,研究者现已能根据自己的研究需要来选择等速肌力测试仪器的模式和角速度,在模式上可以选择等张、等速、等速向心或离心,在测试速度上可以选择 30°/s、60°/s、180°/s、240°/s 和 300°/s。在等速肌力测试中,不同的模式和角速度下测得的指标也会有不同的意义。有研究表明[5]膝关节在角速度 60°/s 以下的测试为慢速运动,主要反映肌肉或肌群的最大肌力;在等于 180°/s 为中速运动,用来评价肌肉或肌群的爆发力;而大于 180°/s 的测试为快速运动,主要用于评价肌肉或肌群的耐力。因此本研究从 60°/s、180°/s 和 240°/s 三个角速度出发来研究篮球和足球运动员膝关节分别在慢速、中速和快速下的等速肌力特征及差异。

4.1. 篮球和足球运动员膝关节相对峰力矩和峰力矩屈伸比结果分析

峰力矩一直被视为是等速肌力测试中反映肌肉力量的黄金指标[6],而相对峰力矩是峰值矩与体重的比值,它反映了单位体重峰值力矩的大小,消除了体重的影响,因此对两组运动员进行相对峰力矩的研究更有意义。在本研究中,通过对篮球组和足球组各 20 名运动员的优势侧膝关节进行 60°/s、180°/s 和 240°/s 角速度下的等速肌力测试,可以看出篮球组和足球组运动员的屈伸肌相对峰力矩均随着角速度的增加而减小,这说明随着角速度增加,受试者们的肌肉的最大力量逐渐减小,这与于经纶等人[7]的研究结果一致。从运动生理学角度来说,肌肉在进行收缩时横桥会不断的断开和形成,造成肌力的部分损失;不仅如此,随着肌肉收缩次数和速度的增加,肌肉中结缔组织的粘滞阻力随之增加,肌肉也会逐渐疲劳从而引起肌力的进一步下降,影响了受试者屈伸肌相对峰力矩的大小。在同一角速度下,组内比较后发现两组运动员的膝关节伸肌的相对峰力矩均显著大于屈肌,组间比较后发现在 60°/s 和 180°/s 时,篮球组运动员的伸肌相对峰力矩显著高于足球组,这与出现这种结果的原因可能是因为人体的股四头肌在日常训练或比赛时负担更大,因为它需要牵拉膝关节产生伸的效果来阻止人体本身存在的屈膝趋势,从而维持人体平衡;并且与足球相比,篮球运动中有更多的跳跃和空中动作,当运动员进行起跳时股四头肌会通过向心收缩来储存更多的弹性势能,从而获得更高的跳跃高度,为后续的空中动作打下基础。罗兴来等人[8]对少年男篮膝关节进行等速肌力测试后认为,运动员膝关节伸群肌相对峰力矩应大于 3,屈群肌应大于 2。而本研究所有运动员膝关节伸肌峰力矩小于 2.45,屈肌峰力矩小于 1.26,说明本研究中所有运动员膝关节的肌力较小,提示在教练员在以后要加强运动员的力量素质训练。

峰力矩屈伸比是关节前后肌群峰力矩之比,它反映了被测关节的稳定性[5]。当关节前后肌群差异过大时,虽然不会对关节短期内的日常活动造成影响,但是在高强度的剧烈运动中会增加关节损伤的发生率。因此通过峰力矩屈伸比可以分析出受试者关节肌群的薄弱部分,进而对薄弱肌群进行强化训练以预防关节周围肌群和韧带损伤,同时也能提高关节的运动能力。有研究表明[9]膝关节在角速度为 60°/s、180°/s 和 240°/s 的等速肌力测试中的屈伸比分别为 0.67、0.76 和 0.83 左右;并且普遍认为运动员的屈伸比在 0.6 以上时膝关节更稳定,不易损伤。本研究中所有运动员的屈伸比在 0.62~0.81 之间,在合理范围

之内且大于 0.6, 说明本研究中运动员膝关节屈伸肌群的力量相对平衡, 在运动中受伤的风险较小。随着角速度的增加, 篮球组和足球组运动员的屈伸比逐渐增加; 且在同一角速度下, 足球组的屈伸比大于篮球组, 但是无显著性差异。这说明随着角速度的增加, 与屈肌相比两组运动员的伸肌力量降低的更快, 但足球运动有更多的下肢屈曲的动作, 如跑跳、射门等, 足球运动员膝关节屈肌肌群能更好的适应快速收缩活动来满足足球快节奏的比赛需要, 因此足球运动员的屈伸比略大于篮球组。

4.2. 篮球和足球运动员膝关节总功和平均功率结果分析

在等速测试中, 肌肉所做的功等于力与运动角位移的乘积[10]。但在测试中力臂是不变的, 改变的只有肌肉力量的大小, 所以功能够反映出肌肉工作能力的强弱。从本研究的结果来看, 两组的总功随角速度的增加而增加, 两者呈正相关关系; 且在同一角速度下, 同组的伸肌总功均显著大于屈肌, 这与曹峰锐等人[9]的研究结果一致。曹峰锐等人对 22 名女手球运动员膝关节进行了等速肌力测试, 发现膝关节伸肌在 $240^{\circ}/s$ 下总功值均比在 $60^{\circ}/s$ 时大, 且伸肌总功大于屈肌总功, 说明运动员膝关节伸肌的工作能力强于屈肌。组间比较后发现, 不管在何种角速度下, 篮球运动员的屈伸肌总功均显著大于足球运动员, 这说明与足球运动员相比, 本研究中的篮球运动员屈伸肌的工作能力都要强于足球运动员, 尤其是伸肌, 这与篮球运动员好的弹跳能力特征相符。有研究指出运动训练能够有效地提高关节肌群的力量和工作能力[9], 因此在以后的训练中应加强对足球运动员膝关节肌群力量和工作能力的训练。

平均功率是肌肉在单位时间内的做功量, 通常用来评价关节肌肉的爆发力和快速力量。在本研究中, 两组内的平均功率并没有随角速度的增加而减小, 除了足球组在 $240^{\circ}/s$ 下伸肌平均功率没有显著大于屈肌, 其余角速度下两组的伸肌平均功率均明显大于屈肌, 这与葛卫忠等[11]的研究结果一致。说明本研究中的篮球运动员和足球运动员伸肌的爆发力强于屈肌, 整体的屈伸肌的快速收缩能力较好。组间比较结果显示, 无论在何种角速度下, 篮球运动员的屈伸肌的平均功率均大于足球运动员, 说明篮球运动员的爆发力和快速力量强于足球运动员。在篮球项目中存在许多快速发力的技术动作, 这种技术动作与关节肌群化学能转化成机械能的速度有关, 因此对运动员的最大力量和爆发力要求很高; 并且篮球运动中大部分动作都会引起膝关节伸肌肌群肌力增加, 再加上平时对伸肌力量的侧重训练, 均会对膝关节周围的肌群产生刺激从而引起相关肌群爆发力增加。

4.3. 篮球和足球运动员膝关节耐力比和疲劳指数结果分析

耐力比是指在固定角速度下连续运动 20~25 次, 后 1/3 做功量与前 1/3 做功量之比。它能反映被测关节周围肌群的耐力素质, 判断标准为 1, 该指标越接近 1 说明耐力越好。疲劳指数在等速测试中的计算公式为: 疲劳指数 = (前三次做的功 - 后三次做的功) / 前三次做的功 $\times 100\%$, 该值与肌肉抗疲劳的能力相关, 越低说明肌肉抗疲劳的能力越好。

从本研究结果来看, 各组内耐力比和疲劳指数的大小与角速度的变化没有明显的联系, 这与钱坤的研究结果一致[12]。在同一角速度下, 组内比较后发现篮球组伸肌的耐力比均大于屈肌, 足球组在 $180^{\circ}/s$ 和 $240^{\circ}/s$ 时的伸肌耐力比大于屈肌, 但均无显著性差异; 但从疲劳指数结果可以发现, 足球运动员在 $60^{\circ}/s$ 和 $180^{\circ}/s$ 角速度下的伸肌疲劳指数显著大于屈肌, 这说明足球运动员在慢速和中速运动中的伸肌抗疲劳能力弱于屈肌。宋爱晶等人[13]在文章中提到, 足球运动员屈肌相对峰力矩和耐力较高, 不利于比赛时有效控球、踢球和纵跳等动作的完成。因此本研究中足球运动员的伸肌耐力不足, 会对运动员在比赛中的运动表现造成影响, 提示在今后的训练中加强对运动员膝关节伸肌耐力的训练。

组间比较结果显示, 在角速度 $240^{\circ}/s$ 下篮球组伸肌的耐力比显著大于足球组, 疲劳指数低于足球组, 说明在快速运动中, 篮球运动员伸肌耐力和抗疲劳的能力比足球运动员更强。众所周知, 篮球和足球都

是属于强度大、对抗性强且运动时间长的项目,良好的耐力是运动员取得好成绩的重要因素之一。但目前为止,并没有研究对优秀男子篮球和足球运动员肌肉耐力范围进行明确规定,本研究中所有运动员的耐力比在 0.87~0.99 之间,接近判断标准 1,可以说明其耐力素质较好。并且与足球相比,篮球运动员除了在比赛中需要不断跑动,还需进行大量的起跳、启动和急停动作,这些动作均与运动员膝关节周围肌群的力量和耐力密切相关,尤其是伸肌的功能。杨雪清等[14]对 33 名女子篮球运动员躯干和下肢关节进行等速肌力测试,发现健将组躯干屈伸肌、双侧髌伸肌和踝伸肌耐力显著大于一级组,但膝关节伸肌没有显著差异。这说明篮球运动员在日常的训练中非常注重对膝伸肌的训练,因此篮球运动员的膝伸肌的耐力和抗疲劳能力更强,也提示在今后的日常训练中,要加强对篮球和足球运动员其他关节屈伸肌的训练,以提高机体整体的运动能力。

5. 结论与建议

1) 本研究中篮球和足球运动员的屈伸肌力均随角速度增加而减小;在同一角速度时,所有运动员的膝关节伸肌力量显著大于屈肌,但未达到膝关节屈伸肌力量标准,因此本研究中篮球和足球运动员膝关节的肌力较小,提示加强对运动员们膝关节肌力的训练;在角速度为 $60^{\circ}/s$ 和 $180^{\circ}/s$ 时,篮球组运动员的伸肌力量显著强于足球组。

2) 本研究中篮球组和足球组运动员的屈伸比随着角速度增加而增加;在同一角速度下,足球组的屈伸比大于篮球组;且篮球和足球运动员的峰力矩屈伸比在 0.62~0.81 之间,处于合理范围,说明运动员膝关节屈伸肌力量平衡。

3) 本研究中篮球和足球运动员屈伸肌总功均随角速度增加而增加;在同一角速度下,篮球和足球的伸肌工作能力均显著大于屈肌工作能力;且不论在何种角速度下,篮球运动员的屈伸肌工作能力显著强于足球运动员,伸肌更明显。

4) 本研究中的篮球运动员和足球运动员伸肌的爆发力强于屈肌,整体的屈伸肌的快速收缩能力较好;且无论在何种角速度下,篮球运动员的屈伸肌爆发力和快速力量强于足球运动员。

5) 本研究中篮球和足球运动员耐力比和疲劳指数的大小与角速度的变化没有明显的联系;但在角速度 $60^{\circ}/s$ 和 $180^{\circ}/s$ 时,足球运动员的伸肌疲劳指数显著大于屈肌,因此足球运动员在慢速和中速运动中的伸肌抗疲劳能力弱于屈肌,提示加强对足球运动员伸肌耐力的训练;在角速度 $240^{\circ}/s$ 时,篮球组伸肌的耐力比显著大于足球组,疲劳指数低于足球组,因此在快速运动中,篮球运动员伸肌耐力和抗疲劳的能力比足球运动员更强。

本研究存在一定的局限性,如样本量不足,没有研究篮球和足球运动员其他下肢关节(髌、膝)以及其他下肢关节与膝关节之间的区别与联系等。但本研究结果仍具有研究价值,建议在以后的训练中,教练员要加强足球运动员的膝关节周围肌群的力量,尤其是伸肌的耐力和抗疲劳能力,同时还要加强对篮球和足球运动员其他关节屈伸肌的训练,以提高其整体运动能力。

基金项目

内蒙古师范大学研究生科研创新基金资助项目。课题名称:疲劳对篮球运动员下肢关节等速肌力特征的影响研究;编号: CXJJS20069。

参考文献

- [1] 胡小卫,金志旦,周春龙,蒋阿丹,许鑫.浙江省专业篮球运动员膝关节运动损伤调查分析[J].中国运动医学杂志,2014,33(1):71-73.
- [2] 檀志宗,王晨,邱俊,崔晓珠,钱风雷.不同项目女运动员膝关节屈伸肌群肌力特征比较[J].体育科研,

- 2007(5): 46-49.
- [3] 徐盛嘉, 孟凡华, 赵寒治, 孙庆浩, 彭丽. 30min 持续跑对优势腿和非优势腿静态平衡能力产生的影响[J]. 四川体育科学, 2022, 41(1): 66-69.
- [4] 张肖楠, 颜祥瑞. 吉林省女子冰壶运动员肩关节等速肌力特征研究[J]. 体育科技文献通报, 2021, 29(12): 230-232.
- [5] 李国平, 陈晓鸣, 张维娜. 用等速测力法评定优秀运动员股四头肌和腘绳肌力量和耐力[J]. 中国运动医学杂志, 1988(3): 143-148+190.
- [6] 范振华. 骨科康复医学[M]. 上海: 上海医科大学出版社, 1999: 135-139.
- [7] 于经伦, 闫红光. 篮球运动员躯干和下肢关节等速肌力特征研究[J]. 辽宁体育科技, 2020, 42(1): 69-74.
- [8] 罗兴来, 刘雪峰, 程亮. 四川省少年男篮运动员膝关节等速肌力特征分析[J]. 四川体育科学, 2016, 35(3): 36-39.
- [9] 曹峰锐, 邹亮畴. 对女子手球运动员膝关节屈伸肌群进行等速测试[J]. 医用生物力学, 2011, 26(4): 373-378.
- [10] 曹峰锐, 邹亮畴, 彭森. 女子曲棍球运动员膝关节屈伸肌群等速测试与分析[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2011, 15(37): 6891-6894.
- [11] 葛卫忠. 青少年男子篮球运动员膝关节等速肌力特征研究[J]. 体育学刊, 2010, 26(3): 46-50.
- [12] 钱坤. 优秀男子冰壶运动员等速肌力特征研究[D]: [硕士学位论文]. 吉林: 吉林体育学院, 2021.
- [13] 宋爱晶, 邓京捷, 吕晓红, 张援. 等速肌力测试膝、踝关节及腰背肌力量的评价[J]. 中国组织工程研究, 2015, 19(46): 7425-7429.
- [14] 杨雪清, 程亮. 篮球运动员躯干和下肢等速肌力分析[J]. 中国组织工程研究, 2018, 22(12): 1835-1840.