中国体育科技
2021年（第57卷）第12期
CHINA SPORT SCIENCE AND TECHNOLOGY
Vol.57, No.12, 29-34, 2021

博士生论坛
文章编号：1002-9826（2021）12-0029-06
DOI：10. 16470/j. csst. 2021107

关节等速肌力对摔跤滚桥技术峰值扭矩的多元回归分析

Multiple Regression Analysis of Relative Joint Isokinetic Muscle Strength on the Peak Torque of Wrestling Side-Rolling Technique

曹智超，吴　瑛*，章凌凌

CAO Zhichao，WU Ying*，ZHANG Lingling

摘　要：目的：进一步甄别滚桥峰值扭矩体位下髋关节伸展、膝关节伸展、躯干旋转用力是否直接影响滚桥技术力量，并量化评价相关肌力对摔跤滚桥技术的力量贡献水平。方法：招募19名优秀摔跤运动员，测试30（°）/s转速下的滚桥技术峰值扭矩和髋、膝关节伸展和躯干左旋的等速肌力，并据此建立相关关节等速肌力峰值对摔跤滚桥技术峰值扭矩的多元归回方程。结果：滚桥技术“背步”动作开始于运动员左脚离地［时间（0.577±0.425）s、旋转角度17.31°］，结束于左脚落地［时间（1.926±0.744）s、旋转角度57.78°］；滚桥技术滚桥峰值扭矩出现在旋转角度63°，相对力量峰值为（3.08±0.84）Nm/kg，峰值扭矩体位处于“背步”动作结束和躯干左旋动作开始的时期；建立多元逐步回归方程：Y（滚桥峰值扭矩）=48.178＋0.644×X1（躯干左旋扭矩）＋0.399×X2（膝关节伸展扭矩）。结论：滚桥技术峰值扭矩体位处于“背步”动作结束和躯干左旋动作开始的时期，该体位能够在借助右下肢蹬伸垫面的同时，利用运动员脊柱向右旋转的体形，使躯干左旋的力量最大化地转化为滚桥技术的滚动力量；躯干左旋、右膝关节伸展用力直接影响滚桥（右侧）峰值扭矩，躯干左旋肌力的贡献度超过60%；滚桥（右侧）峰值扭矩体位下，右髋关节以外展形式参与滚动用力，右髋关节外旋使右足右外缘与垫子保持大面积接触以增加摩擦力，右髋关节伸展肌群持续等长收缩固定髋关节的屈伸角度，以提高膝关节蹬伸和髋关节外展的力量传导率。

关键词：摔跤；滚桥；等速肌力；多元回归

Abstract: Objective: To judge whether hip extension, knee extension and trunk rotation force directly affect the strength of the side-rolling technique under the peak torque position, and quantitatively evaluate the contribution of related muscle strength to the strength of the side-rolling technique. Methods: The side-rolling torque of 19 Chinese elite wrestlers were measured. Their isokinetic muscle strength of hip, knee joint extension and trunk left rotation at 30（°）/s were measured. Based on the peak side-rolling torque and isokinetic muscle strength of these related joints to establish the multiple regression. Results: The “pickaback step” of side-rolling technique started from the left foot off the ground [(0.577±0.425) s, 17.31°], and ended with left foot landing [(1.926±0.744) s, 57.78°]; the peak value of relative strength of side-rolling technique was (3.08±0.84) Nm/kg, which appeared at the rotation angle of 63°, peak torque position was at the end of “pickaback step” and the beginning of trunk left rotation; multiple stepwise regression analysis was used to establish the equation: Y (peak torque of side-rolling)=48.178＋0.644×X1 (trunk left rotation torque)＋0.399×X2 (knee joint extension torque). Conclusions: The peak torque position of side-rolling technique is at the end of “pickaback step” and the beginning of trunk left rotation. With the help of ground reaction force in the right lower limb, this position can maximize the strength of trunk-left-rotation into the force of side-rolling technology by using the body shape of athlete’s spine rotating to the right; the peak torque of side-rolling technique (right side) is directly affected by the force of trunk-left-rotation and right-

基金项目：
国家体育总局体育科技创新与成果转化项目（2015B09）；上海市人类运动能力开发与保障重点实验室（上海体育学院）项目（11DZ2261100）

第一作者简介：
曹智超（1986-），男，在读博士研究生，主要研究方向为专项训练理论与方法，E-mail: caozhichao@sus.edu.cn。

***通信作者简介：**
吴瑛（1957-），男，教授，博士，博士研究生导师，主要研究方向为运动训练理论与方法，E-mail: 1360175554@163.com。

作者单位：
上海体育学院，上海 200438
Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China.

knee-extension, and the contribution of the force of trunk-left-rotation is more than 60%; under the peak torque position of side-rolling technique (right side), right-hip-abduction participates in side-rolling force, and right hip external rotation makes the right outer edge of the right foot keeping a large area of contact with the ground to increase friction, and right hip extensor muscles keep isometric contract to fix the angle of the hip so as to improve the strength conductivity of knee-extension and hip-abduction.

Keywords: *wrestling; side-rolling; isokinetic muscle strength; multiple regression*

中图分类号：G886.2　　**文献标识码**：A

摔跤项目的技术动作丰富，需要根据赛场千变万化的实际情况，随机应变采取对应动作（田麦久 等，1988）。摔跤运动员合理的专项力量整体特征应能满足摔跤项目各个技术动作的使用需要。从竞技能力结构双子模型的角度来看，高水平运动员的专项力量训练更应针对具体运动技术开展扬长补短的强化练习。但目前鲜见揭示包括滚桥技术在内的具体摔跤技术所对应的专项力量特征的研究，使得滚桥技术的专项力量训练缺乏明确的靶向目标。前期研究（曹智超 等，2021）揭示了滚桥技术峰值扭矩体位前后的神经肌肉控制特征，并初步遴选出积分肌电占比最高且显著高于对侧的3块肌肉——右臀大肌、右股直肌、右腹外斜肌，作为滚桥技术峰值扭矩体位下的主要用力肌肉，但积分肌电参数大小不等同于实际参与用力大小，需要进一步测试分析加以甄别。此外，在确认滚桥技术峰值扭矩体位下参与滚动用力的主要关节肌群的基础上，还应进一步探究相关关节肌力对滚桥技术峰值扭矩的贡献程度，以便教练员在制定针对该技术的专项力量训练方案时能够科学地分配不同关节肌群的练习比例。

鉴于此，本研究对优秀摔跤运动员的右髋关节伸展、右膝关节伸展、躯干左旋开展30（°）/s的等速肌力进行测试，结合自主研发的摔跤滚桥等速测力系统（专利号：ZL201620365042.X）的测试结果建立多元回归方程，进一步甄别滚桥技术峰值扭矩体位下髋关节伸展、膝关节伸展、躯干旋转用力是否直接影响滚桥技术扭矩，并量化反映不同关节肌力对摔跤滚桥力量的贡献水平。

1　研究对象与方法

1.1　研究对象

招募来自上海、浙江、江苏、安徽4省份19名高水平摔跤运动员。其中，运动健将10人、一级运动员9人；受试运动员平均年龄（22.3±5.5）岁，体质量（74.0±18.8）kg，身高（175.3±6.8）cm，训练年限（9.1±4.7）年。受试运动员在测试前一天避免参加剧烈的身体运动，无急性伤病且未处于减重期，熟练滚桥技术且强侧均为右侧。

1.2　研究方法

1.2.1　实验设备

1）摔跤滚桥等速测力系统。内置静态扭矩传感器，量程3 000 Nm，单次测量误差±3 Nm，重复测量误差为±9 Nm。动力系统采用三相380 V-1.5 kW-50 Hz的涡轮蜗杆减速电机，利用齿轮速度转换器将转速调节为30（°）/s。电机启动扭矩值设为15 Nm，停止扭矩值设为5 Nm。2）等速肌力测试系统（IsoMed 2000，German）。对所有受试运动员右髋、膝关节屈伸运动和躯干左右旋转运动进行等速测试。测试设定角速度为30（°）/s，重复3次。3）高清摄像机（JVCGY-HM170EC，Japan）。拍摄频率为25帧/s。摄像机架设于受试运动员身后3 m处，主光轴高度1.5 m，视频分析中以电机启动声为动力测量同步信号。

1.2.2　实验流程

测试当天，受试运动员先进行15 min准备活动至身体微微出汗，随后休息10 min。19名受试运动员依次在摔跤滚桥等速测力系统上全力完成2次强侧滚桥技术以获取假人旋转扭矩，测试间歇≥10 min。扭矩测量角度范围为0°～180°，选取峰值扭矩较高的1次测试结果进行后续分析。每次滚桥技术测试流程：1）受试运动员右膝跪立于假人正后方，与假人无接触；2）实验人员发出开始指令，受试搂抱假人躯干最大力量使用滚桥技术；3）实验人员判断假人旋转超过180°后，发出停止指令；4）实验人员检查数据完整性，判断是否有效。期间摄像机位于受试运动员身后3 m处定点拍摄技术全程。测试地点为上海市人类运动能力开发与保障重点实验室。最后，实验人员对19名受试运动员右髋、膝屈伸模式和躯干左右旋转模式进行关节等速肌力测试。系统设定角速度为30（°）/s。测试前进行5次亚极限力量的适应性练习，之后要求受试运动员最大努力重复3次，取峰值扭矩最高的1次测试结果。关节等速肌力测试与滚桥等速测力间隔≥10 min，髋关节测试取仰卧位，膝关节测试取坐位。

2　实验结果

2.1　动力学与运动学测试结果

通过19名受试运动员在0°～180°测得的滚桥技术相对力量均值（图1）可以得出，在30（°）/s等速测试条件下，相对力量峰值出现在63°体位下，平均水平达（3.08±0.84）Nm/kg。19名受试运动员滚桥技术峰值扭矩的出现角度和结束角度分别为58.42°±5.27°和66.79°±4.22°。

1名受试运动员分别在电机启动、左脚离地、左脚落地时刻的时相画面（图2）显示，30（°）/s等速测试条件下，以摔跤滚桥等速测力系统的电机启动时刻为时间原点，运动员左脚离地时间为（0.58±0.43）s（旋转角度17.31°），左脚落地时间为（1.93±0.74）s（旋转角度57.78°）。

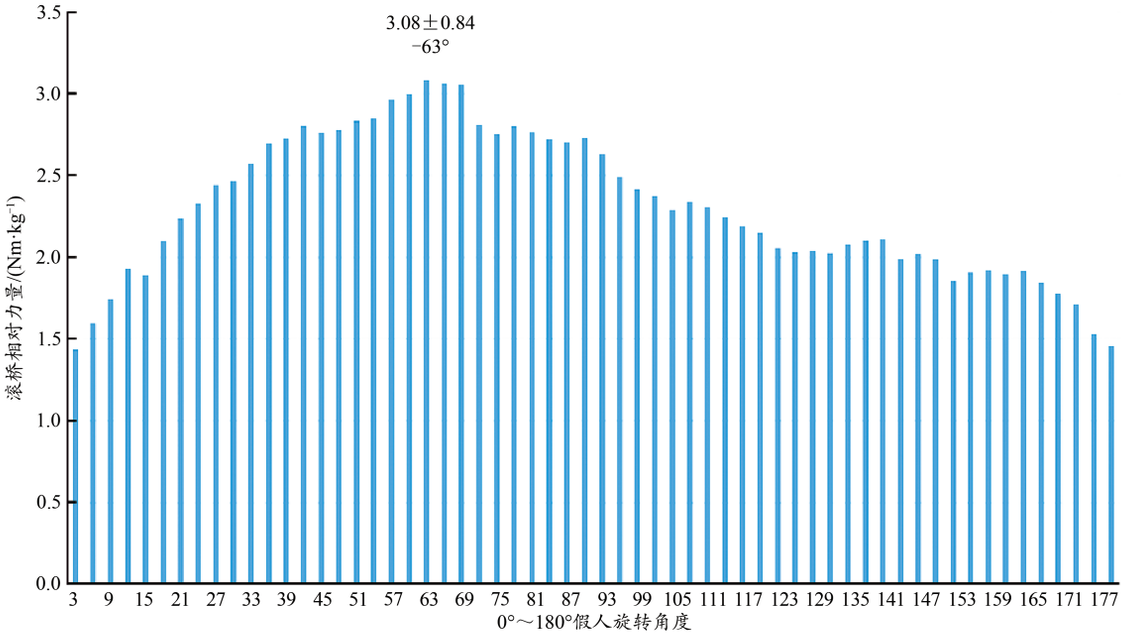

图1　19名受试运动员在0°～180°测得的滚桥技术相对力量均值

Figure 1.　Mean Value of Relative Force of Side-Rolling Technique of 19 Athletes Measured in the Range of 0°～180°

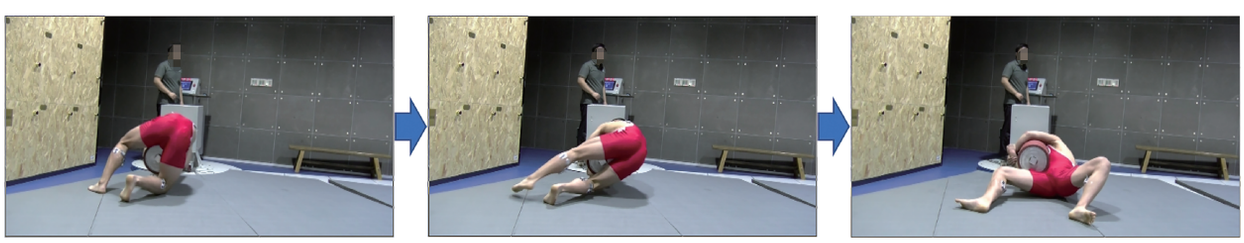

图2　受试运动员在30(°)/s等速测试条件下的滚桥技术时相图

Figure 2.　Phase Diagram of Side-Rolling Technique of the Athlete under 30(°)/s Constant Speed Test Condition

2.2　回归前数据分析

测试19名优秀摔跤员30(°)/s等速旋转条件下的膝关节伸展、髋关节伸展、躯干左旋、滚桥技术的峰值扭矩参数(表1)，将其录入SPSS 20软件进行多元线性逐步回归统计处理。滚桥峰值扭矩为因变量，右髋、膝关节伸展峰值扭矩和躯干左旋峰值扭矩作为自变量。

膝关节伸展扭矩与滚桥扭矩存在明显的线性关系(图3)，应用散点图检验了髋关节伸展扭矩、躯干左旋扭矩，发现均与滚桥扭矩存在线性关系；P-P图上的点围绕在直线周围，说明残差呈正态分布(图4)；散点图拟合的直线平行于横坐标轴，说明残差方差齐性(图5)；Durbin-Watson检验值为2.396，残差具有独立性(表4)。基于以上数据分析构建滚桥技术力量的逐步回归模型。

2.3　回归模型构建与回代检验

采用逐步回归分析共形成两个模型(表3)，模型2的R^2=0.821，拟合程度优于模型1。模型2引入了躯干左旋扭矩和膝关节伸展扭矩两个指标(表2)，容差和VIF相同，容差=0.552＞0.1，VIF=1.81＜5(表5)，不存在共线性。F=36.734，显著性=0＜0.05，说明模型2的回归方程有效(表4)。

躯干左旋扭矩和膝关节伸展扭矩的标准化回归系数分别为0.644和0.399(表5)，显著性水平＜0.05。回归模型为Y(滚桥峰值扭矩)=48.178＋0.644×X1(躯干左旋扭矩)＋0.399×X2(膝关节伸展扭矩)。

对测得的扭矩参数进行相对值处理，重新代入回归方程(表6)后，结果表明，滚桥峰值扭矩的实测值在预测值的2SD范围内，绝对值相关系数0.904，相对值相关系数0.880。

3　分析与讨论

3.1　滚桥技术峰值扭矩下的体位特征

准确找到滚桥技术峰值扭矩下的体位特征，有利于判断该体位下的运动员相关关节参与用力的方式。19名受试运动员在假人旋转63°时测得的滚桥技术相对力量均值最高，达(3.08±0.84)Nm/kg(图1)，说明63°体位能够较好地代表滚桥技术峰值扭矩的体位特征。通过视频分析发现，滚桥技术开始后，运动员左足会迅速做出“背步”的

动作，即通过左髋做伸展运动将左足带动至身体后方。“背步”动作会使运动员的脊柱呈现向右旋转的体形，该体形可以为滚桥技术之后所需的躯干左旋提供适宜的肌肉初长度和脊柱可旋转的范围。左足离地标志着“背步”动作的开始，左足落地意味着“背步”动作的结束和躯干左旋动作的开始。与此同时，运动员持续借助右腿侧向蹬伸获得来自地面的反作用力。运动员左脚落地时间为（1.926±0.744）s（旋转角度57.78°）（图2）。滚桥技术峰值扭矩的出现角度和结束角度分别为58.42°±5.27°和66.79°±4.22°。滚桥技术峰值扭矩体位恰好处于“背步”动作结束和躯干左旋动作开始的时期。该体位能够在借助右下肢蹬伸垫面的同时，利用运动员脊柱向右旋转的体形，使躯干左旋的力量最大化地转化为滚桥技术的滚动力量。

表1　关节等速肌力和滚桥峰值扭矩绝对值

Table 1　Absolute Value of Joint Isokinetic Muscle Force and Peak Torque of Side-Rolling　Nm

序号	运动等级	膝伸	髋伸	躯干左转	滚桥扭矩
受试1	一级	232	317	161	233
受试2	一级	218	272	116	258
受试3	一级	212	230	120	227
受试4	一级	221	275	138	270
受试5	一级	159	192	109	160
受试6	一级	198	223	136	223
受试7	一级	230	339	196	262
受试8	一级	316	377	233	368
受试9	一级	225	312	143	200
受试10	健将	154	302	149	229
受试11	健将	238	290	174	270
受试12	健将	234	415	205	299
受试13	健将	207	273	152	240
受试14	健将	227	332	233	348
受试15	健将	340	339	223	330
受试16	健将	280	348	273	347
受试17	健将	178	261	120	200
受试18	健将	271	175	139	220
受试19	健将	237	334	226	302

3.2　躯干旋转肌力对滚桥技术峰值扭矩贡献度超过60%

根据标准化回归方程，躯干左旋力量是滚桥力量（右侧）的主要动力来源。躯干力量属于核心力量的范畴，具有稳定和协调四肢用力的核心稳定性功能。研究普遍认为，核心力量在几乎所有的运动项目上都不是直接的发力源（陈小平 等，2007；黎涌明 等，2008；王卫星 等，2008）。国内外鲜见针对摔跤运动员躯干旋转肌力的测试报告，与投掷运动员（桂海荣 等，2012）比较发现，摔跤与投掷运动员躯干左旋肌力相对值[（2.35±0.43）Nm/kg]水平相当，显著高于投掷运动员躯干右旋肌力相对值[（2.04±0.33）Nm/kg]。Bae等（2012）发现，韩国高尔夫运动员常用击球旋转方向上的峰力矩和总功均显著高于对侧。可见，躯干旋转力量的发力功能已经得到一些运动项目研究的支持。滚桥技术“背步”动作的目的在于形成脊柱被动向右旋转的体形，该动作不仅存在于摔跤项目中的多个技术中，在柔道、散打、武术、投掷等项目中也都经常出现，提示，躯干旋转力量在较多专项技术中都可能是主要动力来源，过去的研究可能低估了躯干旋转力量在参与这些动作时的发力作用。

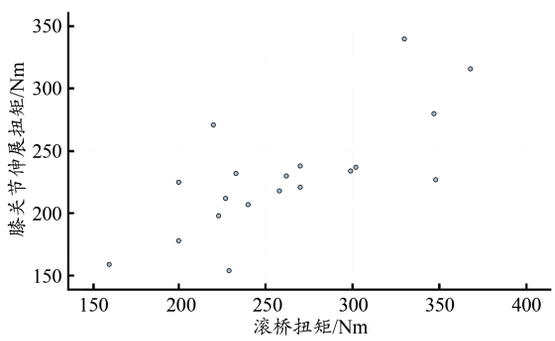

图3　膝关节伸展与滚桥扭矩的散点图

Figure 3.　Scatter Plot of Extension of Knee and Side-Rolling Torque

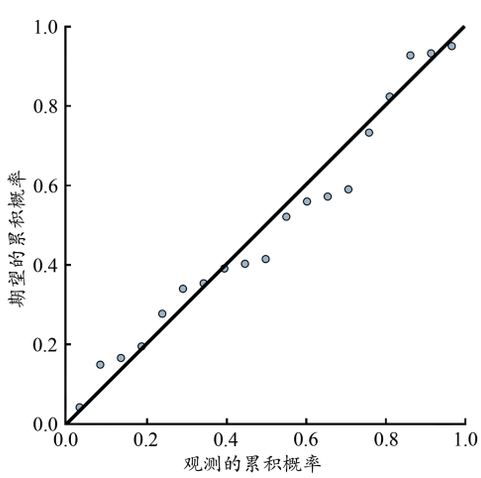

图4　回归标准化残差的标准P-P图

Figure 4.　Standard P-P Chart of Regression Analysis Standardized Residuals

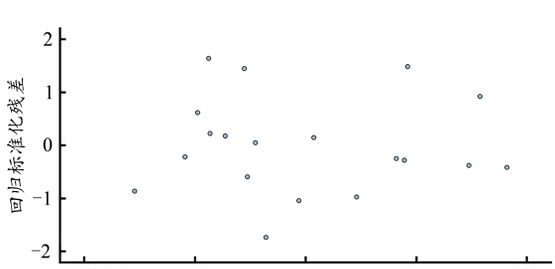

图5　回归标准化残差散点图

Figure 5.　Regression Standardized Residual Scatter

表2　输入/移去的变量

Table 2　Input/Remove Variable

模型	输入的变量	移去的变量	方法
1	躯干左旋扭矩		步进（准则：F-to-enter的概率≤0.05，F-to-remove的概率≥0.051）
2	膝关节伸展扭矩		

表3　模型汇总

Table 3　Summary of Model

模型	R	R^2	调整R^2	标准估计的误差	Durbin-Watson
1	0.870	0.758	0.743	27.22	
2	0.906	0.821	0.799	24.10	2.396

表4　模型2方差分析

Table 4　Analysis of Variance of Model 2

	平方和	df	均方	F	sig
回归	42 685.005	2	21 342.503	36.734	0.000
残差	9 296.126	16	581.008		
总计	51 981.132	18			

表5　回归系数分析

Table 5　Analysis of Regression Coefficient

模型2	非标准化系数		标准系数	t	Sig	共线性统计量	
	B	标准误差	Beta			容差	VIF
常量	48.178	28.541		1.688	0.111		
躯干左旋扭矩	0.710	0.157	0.644	4.524	0.000	0.552	1.81
膝关节伸展扭矩	0.389	0.163	0.399	2.384	0.300	0.552	1.81

3.3　膝关节伸展力量为提供滚桥技术地面反作用力

根据标准化回归方程，膝关节伸展对滚桥扭矩的贡献接近40%，增强摔跤运动员的膝关节伸展肌力对提升滚桥技术力量效果应具有积极意义。滚桥技术具有静力性用力特点，攻防双方在力量抗衡时膝关节处于静止或慢速运动状态。本研究测得19名受试运动员在30（°）/s条件下的膝关节等速伸展肌力为（3.24±0.6）Nm/kg，与国外17岁以上高中运动员的（3.23±0.09）Nm/kg（Housh et al.，1989）水平相当，低于董德朋等（2015）测得的12名健将级自由式摔跤运动员[0（°）/s条件下（3.93±0.34）Nm/kg]和10名健将级自由式摔跤运动员[0（°）/s条件下（3.77±0.31）Nm/kg]的水平。可见，我国摔跤运动员膝关节慢速伸展肌力不低于国外水平。

峰值扭矩体位下动力来源可以分为两部分，一是运动员躯干旋转的力量，二是运动员蹬伸地面所获得的反作用力。蹬伸地面所获得的反作用力不仅依赖运动员的自有力量，还会受到运动员右足支点选位、髋关节角度控制等可能改变蹬伸用力方向的技术性因素影响。因此，提高滚桥技术的地面反作用力，应从两个方面入手，一是增强摔跤运动员下肢蹬伸的肌肉力量，二是提高运动员技术水平，以最大化地提升从地面反作用力向滚桥技术峰值扭矩的转化效率。

表6　关节等速肌力和滚桥峰值扭矩相对值回代结果

Table 6　Relative Value Back Substitution Results of Isokinetic Muscle Strength and Peak Torque of Side-Rolling

Nm·kg^{-1}

序号	运动等级	膝伸	髋伸	躯干左转	滚桥扭矩（实测）	滚桥扭矩（预测）	误差
受试1	一级	2.90	3.96	2.01	2.91	3.06	0.14
受试2	一级	3.63	4.53	1.93	4.30	3.50	−0.80
受试3	一级	4.08	4.42	2.31	4.37	4.04	−0.33
受试4	一级	3.56	4.44	2.23	4.35	3.63	−0.72
受试5	一级	3.46	4.17	2.37	3.48	3.95	0.47
受试6	一级	3.41	3.84	2.34	3.84	3.70	−0.14
受试7	一级	3.38	4.99	2.88	3.85	3.91	0.06
受试8	一级	4.21	5.03	3.11	4.91	4.32	−0.58
受试9	一级	3.13	4.33	1.99	2.78	3.20	0.42
受试10	健将	2.37	4.65	2.29	3.52	3.16	−0.36
受试11	健将	3.55	4.33	2.60	4.03	3.81	−0.22
受试12	健将	3.00	5.32	2.63	3.83	3.51	−0.33
受试13	健将	3.23	4.27	2.38	3.75	3.57	−0.18
受试14	健将	2.77	4.05	2.84	4.24	3.52	−0.72
受试15	健将	4.15	4.13	2.72	4.02	3.99	−0.03
受试16	健将	3.64	4.52	3.55	4.51	4.36	−0.15
受试17	健将	2.47	3.63	1.67	2.78	2.73	−0.05
受试18	健将	2.68	1.73	1.38	2.18	2.43	0.26
受试19	健将	1.98	2.78	1.88	2.52	2.40	−0.11

3.4　不排除髋关节运动对滚桥技术峰值扭矩的力量贡献

肌肉收缩时最大发力的关节角度应是相对固定的（吕新颖，2004），本研究测得优秀摔跤运动员髋关节屈曲峰值扭矩出现角度为23.63°±5.14°，伸髋峰值扭矩角度为78.32°±14.03°。滚桥技术的运动学分析（杨进昌，2011）表明，挺髋成桥阶段初期髋关节角度为75.932°，恰好处于摔跤运动员髋关节伸展肌群的最佳发力角度。髋关节处于脊柱与下肢的结合部位，在运动中具有承上启下的枢纽作用（黎涌明 等，2008）。因此，在滚桥技术峰值扭矩体位下，髋关节伸展作为连接躯干左旋与膝关节伸展的枢纽，应在参与用力与力量传导两方面具有正面的积极意义。

髋关节伸展肌力在回归方程中被排除，说明髋关节的伸展肌力不直接向滚桥技术提供旋转力量，但不能排除髋关节运动对滚桥技术峰值扭矩的力量贡献。此前，国内外研究普遍使用等动肌力测试系统测量运动员颈、肩、肘、膝、髋、躯干等大关节肌力，且聚焦于屈伸肌力，鲜有测量肩关节内、外旋肌力的研究。本研究延续前人研究观点和测试内容进行试验设计，只测量了摔跤运动员的髋关节屈伸肌力，未测量髋关节的其他自由度运动肌力。髋关节具有3个自由度：屈-伸、外展-内收、内旋-外

旋。对于滚桥技术而言，髋关节可能是3种运动方式的组合。在滚桥技术峰值扭矩体位下，运动员的发力方向是持续向右滚动，与髋关节外展运动的方向接近。因此，髋关节应是以外展的形式参与滚动用力。此时，右髋关节外旋使右足右外缘与垫子保持大面积接触，从而获得足够的摩擦力。右髋关节伸展肌群持续等长收缩，起固定关节的作用，即通过固定髋关节的屈伸角度，来提高膝关节蹬伸和髋关节外展的力量传导率。

4 结论

1）滚桥技术峰值扭矩体位处于“背步”动作结束和躯干左旋动作开始的时期，该体位能够在借助右下肢蹬伸垫面的同时，利用运动员脊柱向右旋转的体形，使躯干左旋的力量最大化地转化为滚桥技术的滚动力量。

2）躯干左旋、右膝关节伸展用力直接影响滚桥（右侧）峰值扭矩，躯干左旋肌力的贡献度超过60%，是主要的动力来源。

3）滚桥（右侧）峰值扭矩体位下，右髋关节以外展形式参与滚动用力，右髋关节外旋使右足右外缘与垫子保持大面积接触以增加摩擦力，右髋关节伸展肌群持续等长收缩以固定髋关节的屈伸角度，来提高膝关节蹬伸和髋关节外展的力量传导率。

5 研究局限

本研究在试验设计时延续前人研究观点和测试内容，只测试了髋关节屈伸肌力，未对外展-内收、内旋-外旋的肌力予以测试。虽然通过运动学分析得出其他两个自由度在滚桥峰值扭矩体位下的功能与作用，但仍待后期研究加以印证。

参考文献：

曹智超，吴瑛，章凌凌，2021. 等速测试条件下摔跤滚桥技术的动力学、运动学及表面肌电特征[J]. 上海体育学院学报，45(4)：77-84，96.

陈小平，黎涌明，2007. 核心稳定力量的训练[J]. 体育科学，27(9)：97.

董德朋，刘巍，孙卓，等，2015. 我国男子自由式摔跤运动员肘和膝关节肌力分析[J]. 首都体育学院学报，27(5)：474-480.

桂海荣，蒲继涛，乔柱，2012. 投掷运动员躯干旋转肌群等速肌力研究[J]. 沈阳体育学院学报，31(6)：75-78.

黎涌明，于洪军，资薇，等，2008. 论核心力量及其在竞技体育中的训练：起源·问题·发展[J]. 体育科学，28(4)：19-29.

吕新颖，段子才，吴云飞，2004. 髋、膝关节等速肌力特征与部分运动能力指标的综合测试分析[J]. 北京体育大学学报，27(9)：1226-1228.

田麦久，武福全，1988. 运动训练科学化探索[M]. 北京：人民体育出版社：289.

王卫星，廖小军，2008. 核心力量训练的作用及方法[J]. 中国体育教练员，16(2)：12-15.

杨进昌，2011. 甘肃省男子古典式摔跤运动员跪撑技术的运动学分析[D]. 兰州：西北师范大学.

BAE J H，KIM D K，SEO K M，et al.，2012. Asymmetry of the isokinetic trunk rotation strength of Korean male professional golf players[J]. Ann Rehabil Med，36(6)：821-827.

HOUSH T J，JOHNSON G O，HUGHES R A，et al.，1989. Isokinetic strength and body composition of high school wrestlers across age [J]. Med Sci Sports Exer，21(1)：105-109.

（收稿日期：2021-01-05；　修订日期：2021-09-13；　编辑：尹航）

（上接第22页）

郑延峰，2008. 我国优秀速度滑冰运动员 $\dot{V}O_{2max}$ 与其他有氧能力指标关系的研究[J]. 哈尔滨体育学院学报，6(3)：129-131.

ANONYMOUS，2020. World Record[EB/OL].[2020-09-02]. https://www.speedskatingresults.com/index.php？p=9.

GASTIN P B，2001. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise[J]. Sports Med，31(10)：725-741.

HOFMAN N，ORIE J，MARCO J，et al. 2017. Wingate test is a strong predictor of 1 500 m performance in elite speed skaters[J]. Int J Sports Physiol Perform，12(10)：1288-1292.

LAURSEN P B，JENKINS D G，2002. The scientific basis for high intensity interval training[J]. Sports Med，32(1)：53-73.

MUEHLAUER T，SCHINDLER C，PANZER S，2010. Pacing and performance in competitive middle-distance speed skating[J]. Res Q Exerc Sport，81(1)：1-6.

NEMOTO I，YOSHIOKA N，SHIMOSHIKISRYO K，et al.，1985. The relationship between aerobic capacity and performance in speed skating[J]. JPN J Sport Sci，4：781-786.

NOORDHOF D A，TOK E V，JOOSTEN F S，et al.，2016. Historical improvement in speed skating economy[J]. Int J Sports Physiol Perform，12(2)：175-181.

ORIE J，HOFMAN N，KONING J J D，et al.，2014. Thirty-eight years of training distribution in Olympic speed skaters[J]. Int J Sports Physiol Perform，9(1)：93-99.

SCHENAU G J V I，DE KONING J J，DE GROOT G，1990. A simulation of speed skating performances based on a power equation[J]. Med Sci Sports Exer，22(5)：718-728.

SMITH D J，ROBERTS D，1991. Aerobic，anaerobic and isokinetic measures of elite Canadian male and female speed skaters[J]. J Appl Sport Sci Res，5(3)：110-115.

YU H J，CHEN X P，ZHU W B，et al.，2012. A quasi-experimental study of Chinese top-level speed skaters’ training load：threshold versus polarized model[J]. J Sports Physiol Perform，7(2)：103-112.

（收稿日期：2020-09-18；　修订日期：2021-03-03；　编辑：马婧）