

·临床研究·

长期运动负荷对举重运动员脊柱形态的影响*

吉彦廷¹ 宋雅伟^{1,2}

摘要

目的:通过测量举重运动员训练前后的脊柱形态,分析长期运动负荷对举重运动员脊柱形态所造成的长期及短期影响。

方法:通过采用DIERS formetric III 4D设备对专业举重运动员及普通大学生进行脊柱测试。专业举重运动员进行训练前和训练后两次测试,将训练前测试结果视为运动员日常身体姿态;普通大学生进行一次测试,将此测试结果视为大学生日常身体姿态。

结果:在日常身体姿态下,男子举重运动员的躯干矢状面倾斜角度和腰曲最大前凸角均大于普通男大学生($P<0.05$)。女子举重运动员的躯干矢状面倾斜角度、倾斜距离和胸曲顶点至第七颈椎竖直距离三项指标均显著大于普通女大学生($P<0.001$);腰曲顶点至胸曲顶点水平距离显著小于普通女大学生($P<0.001$);腰曲最大前凸角小于普通女大学生($P<0.05$)。在运动员训练前后的对比中,男、女举重运动员训练后躯干长度和腰曲顶点至第七颈椎竖直距离均出现了缩短($P<0.05$);女子举重运动员训练后的椎体旋转幅度和腰曲顶点至胸曲顶点水平距离相较训练前增大($P<0.05$)。

结论:举重运动员长期进行举重训练,脊柱受轴向应力冲击,躯干长度缩短,同时,躯干在矢状面上的过度前倾使得运动员重心前移的同时改变了脊柱的正常生理弯曲,破坏了脊柱原有生物力学特性,导致运动员在训练过程中承担更高的损伤风险。帮助女子举重运动员改善或预防脊柱侧弯可以通过改善背部两侧肌力为切入点进行。

关键词 举重运动员;脊柱形态;模型;生物力学

中图分类号:R318.01 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-1242(2019)-06-0702-05

举重是运动损伤发生率较高的项目之一,因举重而引发的损伤发生率可达2.4—3.3次/1000h训练^[1]。有研究结果显示,脊柱、肩关节、膝关节是三个举重运动员常见损伤部位,其中以脊柱及其邻近肌肉、韧带损伤最为常见^[2-3]。运动员在平时训练过程中,无论是专业技术动作训练还是辅助训练都要要求其快速、反复地提拉、下蹲起立、上挺和下蹲等动作在最短时间内发挥自身最大力量,在此过程中,运动员反复地提铃动作,使得躯干不断进行屈、伸运动,刺激腰背部肌肉使其逐渐趋向疲劳,长此以往可能致使其出现腰背痛甚至引起运动损伤^[4-6]。

DIERS formetric III 4D设备使用照相-光栅-立体画法,用于背部摄影测量和记录,避免了以往对于人体反复进行X光照射的影响。设备依据所得到的数据通过系统准确计算生成背部的三维模型,基于重建的解剖和生物力学脊柱三维模型,最终得到受试者脊柱弯曲数据及相关衍生参数。DIERS formetric III 4D设备在测试方法上与以往虽有不同,但其测试结果已经得到证实与认可,具有可靠的信度与效度^[7-11]。本文通过深入分析专业举重运动员脊柱形态学特征

及相关数据,为进一步探明损伤原因,并为更具针对性的进行损伤预防及提升康复效率提供帮助。

1 资料与方法

1.1 研究对象筛选及分组

研究对象为江苏省一线举重运动员和南京体育学院在校本科生。

入选标准:①年龄16—24岁;②江苏省一线男子、女子举重运动员;③非体育特长类在校本科学生;④运动员训练年限 ≥ 3 年;⑤男子、女子举重全部比赛级别;⑥在校本科生遵循自愿原则;⑦身体健康,发育正常的在校本科生。排除标准:①运动员训练年限不足3年;②Cobb角 $>52^\circ$ 的脊柱侧弯;③测试前一年内出现过椎体骨折或肌肉、韧带、筋膜严重撕裂;④脊柱部位留有手术疤痕;⑤背部拥有大量体毛。

最终共有23例举重运动员、24例在校大学生符合纳入标准。将纳入的受试者按照类别和性别分为男子举重运动员组、女子举重运动员组、男性大学生组和女性大学生组共4组。见表1。

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2019.06.015

*基金项目:江苏省高校自然科学研究重大项目(2016)(16KJA310004)

1 南京体育学院,江苏省南京市,210014; 2 通讯作者

作者简介:吉彦廷,男,硕士研究生; 收稿日期:2017-12-15

表1 研究对象基线资料 (x±s)

组别	例数	年龄(岁)	身高(cm)	体重(kg)	训练年限(岁)	比赛级别
男子举重运动员	14	18.93±2.37	170.93±5.99	82.79±10.12	7.07±2.37	80.21±10.53
女子举重运动员	9	16.89±1.05	159.11±4.81	62.00±7.52	5.33±1.73	62.44±8.47
男性大学生	14	21.21±0.43	180.29±5.36	72.36±10.97		
女性大学生	10	21.00±0.47	162.20±3.29	54.60±5.76		

1.2 研究方法

1.2.1 实验场地设计:在测试开始之前,首先要保证测试房间的光线较暗,避免阳光直射,在距离设备光柱约3m处设置配套的成像背景,在成像背景与光柱中间设置一条距光柱2.5m的平行于成像背景的标定直线。

1.2.2 实验测试要求:受试者脱去上衣,将裤子脱至臀部以下,以保证在整个数据采集过程中整个臀部的显露。将头发用适当方式绑起,露出发际下的颈部。摘掉如戒指、手表等会发生反光的配饰,以防止其反射光栅而造成的测试结果不准确。

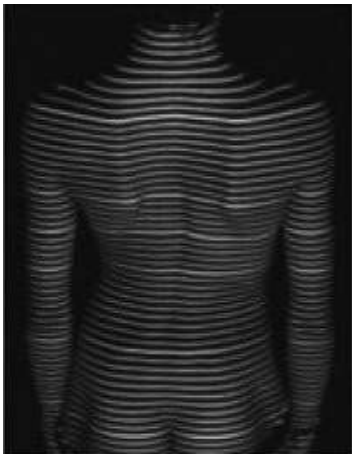
1.2.3 脊柱测试:受试者以平时放松姿势站立于DIERS formetric III 4D前约2m处,面向成像背景,脚后跟位于标定直线之前,此时投射光栅,指引受试者移至光栅正中区域后,开始进行测试,测试过程中受试者双臂自然下垂,双眼平视前方(图1)。整个采集过程约15s。

所有运动员在训练前先进行一次测试,将此次测试结果视为运动员日常身体姿态所呈现的脊柱形态。随后运动员进行教练员安排的训练计划(包含技术训练及力量训练),在训练结束后即刻再次对运动员进行脊柱形态测试。

1.3 主要测试观察指标

①躯干长度(第7颈椎到左右髂后上嵴连线中点的竖直距离)变化;②左右髂后上嵴间距离;③躯干在矢状面倾斜角度和倾斜距离变化(图2)(“+”代表躯干向前倾,“-”代表躯干向后倾);④胸曲最大后凸角及腰曲最大前凸角变化(图3);

图1 受试者脊柱测试光栅-立体成像



⑤所有椎体旋转角度和椎体旋转幅度变化(“+”代表椎体绕对称线向右旋转,“-”代表椎体绕对称线向左旋转);⑥第7颈椎(VP)至胸曲顶点(KA)间竖直距离变化;⑦腰曲顶点(LA)至VP间竖直距离;⑧LA至KA间水平距离变化。

其中,第7颈椎切线与第12胸椎切线所形成的角度为胸曲最大后凸角;第12胸椎切线与左右髂后上嵴中点切线所形成的角度为腰曲最大前凸角;所有椎体旋转角度为所有椎体旋转角度的算术平方根;椎体旋转幅度为椎体最大正负旋转角度绝对值之和。

图2 脊柱顶点、拐点^[12-14]

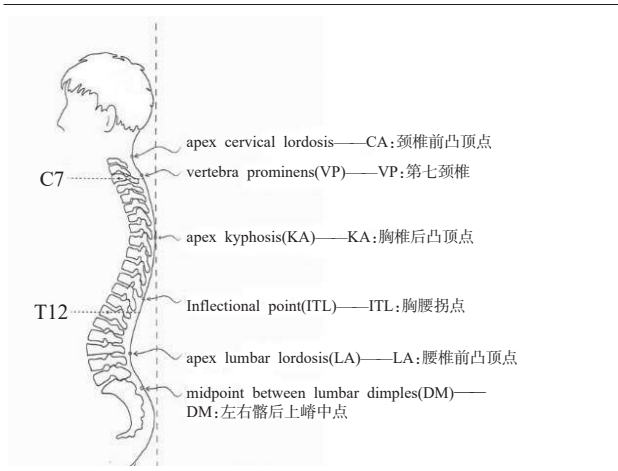
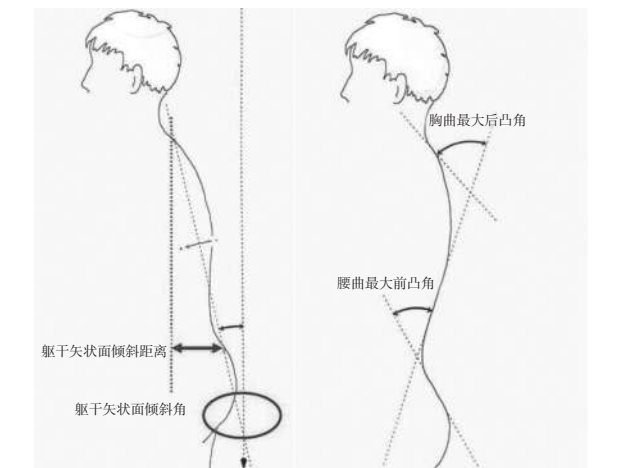


图3 脊柱矢状面倾斜、胸曲最大后凸角及腰曲最大前凸角



第7颈椎切线、第12胸椎切线、左右髂后上嵴中点切线均为相关椎体表面皮缘的切线;第7颈椎及左右髂后上嵴位置由DIERS formetric III 4D设备分析投射在受试者背部投影线曲率并采用摄影测绘法获得,第12胸椎位置由设备计算机基于科学研究的关联模型,重建脊柱的3D模型获得。

1.4 统计学分析

数据统计使用SPSS 22.0软件包进行统计学分析,所有测得的脊柱参数均使用均数±标准差表示,独立样本 t 检验用来检测举重运动员和普通大学生脊柱特征差异;配对样本 t 检验用来检测举重运动员训练前后脊柱特征差异, $P<0.05$ 为差异有显著性意义。

2 结果

2.1 举重运动员与大学生脊柱形态

通过对举重运动员与非举重运动员的日常身体姿态下脊柱形态距离进行统计学分析,得出结果如表2所示。男子举重运动员与男性大学生各项指标均无显著差异;女子举重运动员的躯干矢状面倾斜距离、KA-VP竖直距离显著大于女性大学生($P<0.001$),女子举重运动员LA-KA水平距离显著小于女性大学生($P<0.001$)。

男子举重运动员的躯干矢状面倾斜角度和腰曲最大前凸角均显著大于男性大学生($P<0.05$);女子举重运动员在躯

干矢状面倾斜角度显著大于女性大学生($P<0.001$),腰曲最大前凸角小于女性大学生($P<0.05$)。见表3。

2.2 举重运动员当日训练前后脊柱形态

通过对举重运动员单日训练前后所测得的脊柱形态距离进行统计学分析得出结果见表2。男子举重运动员经过当日训练后,躯干长度和LA-VP竖直距离均出现了显著缩短($P<0.05$);女子举重运动员经过当日训练后,躯干长度和LA-VP竖直距离同样出现了显著缩短($P<0.05$),但LA-KA水平距离相较训练前显著增大($P<0.05$)。

男子举重运动员经过当日训练后,其脊柱形态的角度指标未出现显著性改变($P>0.05$);女子举重运动员经过当日训练后,椎体旋转幅度相较训练前显著增大($P<0.05$)。见表3。

3 讨论

3.1 躯干长度、LA-VP竖直距离

研究表明椎间盘高度、横截面积等形态学参数的改变都会影响脊柱的生物力学特性,椎间盘高度的变化会影响其轴向的刚度,而椎间盘的高度变化又是椎间盘最常发生的形态改变^[15]。

从此次研究的数据来看,男、女举重运动员在结束单日的训练量后,其躯干长度和LA-VP竖直距离均出现了明显缩短,通过对运动员当天的训练类型统计发现,男、女运动员

表2 举重运动员与大学生脊柱形态的距离比较

($\bar{x}\pm s$, mm)

组别	躯干长度	髂后上嵴间距离	躯干在矢状面倾斜距离	KA-VP竖直距离	LA-VP竖直距离	LA-KA水平距离
举重运动员						
男子						
训练前	482.07±27.96	98.57±16.30	21.79±20.12	214.36±42.80	414.67±31.16	31.96±9.46
训练后	474.00±28.29 ^①	100.50±21.97	20.93±20.56	216.14±50.59	405.34±31.32 ^①	32.87±8.36
女子						
训练前	447.44±40.63	89.33±10.37	20.22±13.53	178.91±46.68	376.43±48.50	23.17±10.13
训练后	432.44±37.14 ^①	83.00±10.71	17.67±18.67	168.07±46.96	364.68±43.49 ^①	28.36±9.88 ^①
在校大学生						
男性	499.07±27.32	104.71±8.42	8.00±20.41	194.86±31.39	429.58±31.58	35.21±15.16
女性	434.10±24.09	94.80±13.87	-11.90±9.16 ^②	79.25±26.14 ^②	348.05±33.31	47.83±8.41 ^②

同性别举重运动员组训练后与训练前比较:① $P<0.05$; 女性大学组与女子举重运动员组训练前比较:② $P<0.001$ 。

表3 举重运动员与大学生脊柱形态的角度比较

($\bar{x}\pm s$, °)

组别	躯干矢状面倾斜角度	胸曲最大后凸角	腰曲最大前凸角	所有椎体旋转角度	椎体旋转幅度
举重运动员					
男子					
训练前	2.64±2.50	41.43±12.76	39.86±10.20	4.07±2.95	9.29±3.54
训练后	2.29±2.40	41.43±12.23	41.29±8.75	3.29±1.86	8.14±2.68
女子					
训练前	2.22±1.48	40.11±14.05	34.89±9.77	2.44±1.33	6.11±1.90
训练后	2.11±2.32	41.56±8.82	36.22±8.96	3.78±1.64	9.56±3.24 ^①
在校大学生					
男性	0.79±2.26 ^②	38.21±10.64	31.71±7.06 ^②	3.00±1.52	7.93±3.54
女性	-1.60±1.26 ^③	37.40±7.46	43.90±5.26 ^④	3.80±2.39	8.40±3.37

女子举重运动员组训练后与训练前比较:① $P<0.05$; 男性大学组与男子举重运动员组训练前比较:② $P<0.05$; 女性大学生组与女子举重运动员组训练前比较:③ $P<0.001$, ④ $P<0.05$ 。

均进行了抓举、挺举、深蹲、硬拉等力量型训练。在运动员不断进行此类垂直于地面的发力过程中,脊柱不断受到轴向应力冲击,当脊柱的原有生理弯曲增大或椎间盘高度降低时,躯干长度便会出现缩短。从脊柱的生物力学特性考虑,增大的脊柱生理弯曲在重力作用下使椎间盘受到更大的剪切力,长期过大的剪切应力可能导致椎间盘退变。同时,缩短的脊柱改变了脊柱原有的力学特征,椎间盘高度的降低,造成临近椎体间超负荷运动而出现的活动度代偿增加,应力负荷过于集中而导致运动员在训练后可能出现的急性腰部疼痛^[16]。

3.2 躯干矢状面倾斜角度及倾斜距离

脊柱矢状面形态对维持正常的脊柱力学结构十分重要,正常生理弯曲使脊柱在灵活运动、承担轴向载荷的同时维持相应的强度及身体姿势的稳定性^[17]。但同时,脊柱的生理弯曲又不是固定的,而是动态的,会在运动时改变形状和调整姿势:当脊柱伸展时,会增加颈部和腰部的前凸,减少胸部的后凸;相反,当脊柱进行屈曲时,会使颈部和腰部的前凸变平,增加胸部的后凸^[18]。

通过此次的研究数据分析发现,男、女举重运动员在放松的身体姿态下,躯干在矢状面的倾斜角度及倾斜距离均大于普通男、女大学生,即表现的更为前倾。对于出现的这种现象,我们对运动员的日常训练进行仔细观察并结合举重运动专业知识发现:在举重运动中,提拉杠铃是训练的重要组成部分,好的提铃技术更是直接影响着运动成绩的好坏,所以,教练员在训练过程中,经常采用宽硬拉、窄硬拉、垫铃宽拉、宽速拉、窄速拉、提铃技术动作练习等训练手段来帮助运动员在发展力量、增强爆发力的同时提高提铃能力。运动员在不断进行此类提铃训练过程中,躯干需保持预备提铃动作并反复进行屈、伸运动,这使得运动员可能出现躯干的运动惯性前倾,导致其在单日训练后和日常身体姿态下均出现了前倾现象。过于前倾的躯干改变了运动员脊柱的正常生理状态,被牵拉的脊柱邻近肌肉持续紧张而可能导致肌肉的疲劳和疼痛,长此以往,肌肉对脊柱保护能力的下降使得运动员在日常及训练过程中将承担更高的损伤风险。

3.3 胸曲最大后凸角、LA-KA水平距离、腰曲最大前凸角、KA-VP竖直距离

过于前倾的身体姿态使得运动员重心前移的同时对脊柱的正常生理弯曲也造成了影响。脊柱的正常生理弯曲为中轴骨提供了力量和弹性,椎骨间的挤压力被脊柱生理弯曲内侧肌肉和被牵拉的结缔组织的张力部分分担。异常的脊柱生理曲度会增加对骨骼、肌肉、韧带、椎间盘等的压力。有研究表明,举重运动员在抓举完全起立姿态下,主要应力分布部位为L1—L2的椎弓根及椎体小关节处,椎间盘所受压力主要集中于纤维环的中后部,当杠铃重量过大,椎间盘被过度挤压时,重力作用下的峡部向前剪切力过大可能引起峡

部裂伤^[19]。

从本次测试结果来看,男子举重运动员的腰曲最大前凸角在经过单日训练后并未出现明显变化,但由于长期进行举重训练,训练强度和训练量的增大,杠铃对腰部的轴向冲击不断增加,使得男子举重运动员的腰曲最大前凸角角度大于普通男大学生,而更大的腰曲前凸角令脊柱在承担轴向载荷时,椎间盘所受剪切力增加,从而可能引起椎间盘峡部裂伤。女子举重运动员由于其躯干的异常前倾(与普通女大学生相比,女子举重运动员躯干矢状面倾斜角度, $P=0.000<0.001$, $t=6.068$,躯干矢状面倾斜距离, $P=0.000<0.001$, $t=6.117$)改变了脊柱的正常生理弯曲,使得其腰曲最大前凸角及LA-KA水平距离减小的同时胸曲顶点出现了下移(与普通女大学生相比,女子举重运动员KA-VP距离, $P=0.000<0.001$, $t=5.823$)。腰部生理弯曲的改变会直接影响到腰骶关节的受力情况,长期前倾的身体姿态使得髋关节处于持续屈曲状态,髋关节伸肌需要更多的力量来维持身体的稳定性,肌肉的持续紧张可能带来疲劳和疼痛^[20]。所以,针对躯干前倾和重建正常脊柱生理弯曲就成了帮助举重运动员进行高效训练、预防损伤或进行损伤康复的重要切入点。

3.4 所有椎体旋转角度、椎体旋转幅度

所有椎体旋转角度是指所有椎体旋转角度的算术平方根;椎体旋转幅度是指椎体最大正负旋转角度绝对值之和。椎体的轴向旋转是脊柱侧弯的首要因素,同时也是脊柱侧弯的基本畸形之一^[21]。

我们将测得的运动员脊柱数据与队医进行交流后发现,经队医诊断,9例女子举重运动员中,出现脊柱侧弯的有5例,占比55.56%。同时,在队医对已出现脊柱侧弯的运动员背部肌肉进行触诊时发现,运动员背部肌肉高度有差异,这表明运动员背部两侧肌肉已出现明显的分布不均;对于未出现脊柱侧弯的女子运动员背部肌肉触诊并未发现两侧有明显差别,但在测试结果中,未出现脊柱侧弯的4例女子运动员椎体仍有一定角度的旋转。在女子举重运动员进行单日训练后,椎体旋转幅度出现了显著增大,我们猜测这是运动员在训练发力过程中,由于两侧腰背部肌肉对椎体的不同牵拉力使得椎体在训练后出现旋转幅度增大的现象,增大的椎体旋转幅度可能加剧脊柱运动员脊柱侧弯的程度。举重运动员在进行反复提拉杠铃、下蹲起立、上挺等动作时,脊柱受到的轴向冲击应力不断增加,而当举重运动员脊柱冠状面出现侧弯,那么长期的轴向冲击力对已经出现侧弯的脊柱来说是雪上加霜。

4 结论

男、女举重运动员经过长期的运动训练负荷之后,其躯干在矢状面表现的较普通大学生更为前倾,过于前倾的身体

姿态使得运动员重心前移的同时改变了脊柱的正常生理弯曲。异常的脊柱形态使得临近肌肉持续紧张,椎间盘受到剪切应力增加,运动员在训练过程中承担更高的损伤风险。

女子举重运动员背部肌力的分布不均导致在经过当日训练后,椎体旋转幅度出现明显增大。对于已有脊柱侧弯的运动员而言,长期训练会加剧其脊柱的侧弯程度;对于暂未出现脊柱侧弯的运动员而言,长期训练带来的椎体过度旋转导致脊柱侧弯的出现。所以,保证女子举重运动员两侧腰背部肌力的对等成为预防椎体过度旋转而导致脊柱侧弯的重要切入点。

参考文献

- [1] Aasa U, Svartholm I, Andersson F, et al. Injuries among weightlifters and powerlifters: a systematic review[J]. British Journal of Sports Medicine, 2016, 51(4):211.
- [2] Siewe J, Marx G, Knöll P, et al. Injuries and overuse syndromes in competitive and elite bodybuilding[J]. International Journal of Sports Medicine, 2014, 35(11):943—948.
- [3] 李少新,黄新宇,尹军. 中国女子举重队重点队员损伤的原因与物理治疗策略[J]. 首都体育学院学报,2015,27(1):75—79.
- [4] 毕志远,艾康伟,张龙. 不同杠铃重量下运动员抓举技术运动学特征的研究[J]. 山东体育学院学报,2015,31(06):84—89.
- [5] Hu B, Ning X. The influence of lumbar extensor muscle fatigue on lumbarâpelvic coordination during weightlifting[J]. Ergonomics, 2015, 58(8):1424—1432.
- [6] 冯能,李跃红,缪芸,等. 慢性腰痛患者站立位躯干屈伸运动时腰背肌的功能变化研究[J]. 中国康复医学杂志,2012,27(7):600—604.
- [7] Degenhardt B, Starks Z, Bhatia S, et al. Appraisal of the DIERS method for calculating postural measurements: an observational study[J]. Scoliosis & Spinal Disorders, 2017, 12(1):28.
- [8] Guidetti L, Bonavolontà V, Tito A, et al. Intra- and inter-day reliability of spine rasterstereography[J]. Biomed Research International, 2013, 2013(10):745480.
- [9] Lason G, Peeters L, Vandenbergh K, et al. Reassessing the accuracy and reproducibility of Diers for metric measurements in healthy volunteers[J]. International Journal of Osteopathic Medicine, 2015, 18(4):247—254.
- [10] Betsch M, Wild M, Jungbluth P, et al. Reliability and validity of 4D rasterstereography under dynamic conditions[J]. Computers in Biology & Medicine, 2011, 41(6):308—312.
- [11] Park SM, Ahn SH, Lee AY, et al. Raster-stereographic evaluation of the effects of biomechanical foot orthoses in patients with scoliosis[J]. Journal of Physical Therapy Science, 2016, 28(7):1968—1971.
- [12] Lippod C, Vanesh G, Schilgen M, et al. Relationship between thoracic, lordotic, and pelvic inclination and craniofacial morphology in adults[J]. Angle Orthodontist, 2006, 76(5):779—785.
- [13] Lippod C, Danesh G, Hoppe G, et al. Sagittal spinal posture in relation to craniofacial morphology[J]. Angle Orthodontist, 2006, 76(4):625—631.
- [14] Drerup B, Hierholzer E. Automatic localization of anatomical landmarks on the back surface and construction of a body-fixed coordinate system[J]. Journal of Biomechanics, 1987,20(10):961—970.
- [15] 勾禹,周庄,王鹏,等. 应力与椎间盘退变的相关性研究进展[J]. 中国矫形外科杂志,2015,23(9):823—826.
- [16] Kumar MN, Jacquot F, Hall H. Long-term follow-up of functional outcomes and radiographic changes at adjacent levels following lumbar spine fusion for degenerative disc disease[J]. European Spine Journal, 2001, 10(4):309—313.
- [17] 徐丽,王亮,郑光新,等. 康复干预对强化军事训练腰痛的影响[J]. 中国康复医学杂志,2017,32(05):539—542.
- [18] 陈涛,黎观保,梁科友,等. 脊柱-骨盆矢状面平衡及其在脊柱疾病治疗中的作用[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2012, 17(3): 2423—2430.
- [19] 鲍春雨,孟庆华. 有限元法分析举重运动员预备提铃动作过程中腰椎节段的受力变化[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2010,14(35):6517—6519.
- [20] 冯强,江崇民,周誉,等. 青少年脊柱形态与功能对非特异性腰背疼痛的影响[J]. 北京体育大学学报, 2016, 39(9):57—62.
- [21] 杨军林,谢超凡,谢红波,等. 脊柱侧弯患儿椎体旋转测量方法的进展[J]. 中华小儿外科杂志,2010,31(7):550—554.