

中国运动生物力学学术会议

论文文摘集

(1980—1984年)

中国运动生物力学学会
苏州大学体育系 编印

1980—1984年度中国体育科学学会运动生物

力学学会学术会议论文文摘集

前 言

党的十一届三中全会带来了体育科学的春天。一九八〇年底建立了中国体育科学学会运动生物力学学会，在上级学会的领导支持下，以运动生物力学第一届委员会为中心，组织运动生物力学工作者，开展科研和教学方面的技术交流，四年多来这一学科在队伍建设、科研成果、人才培养、仪器设备、提高教学质量等各方面都做出了较大成绩。目前，全国体育院、系、科研单位，已经形成一支200多人的教学、科研队伍。科研设施、教学实验设备正在加强，先后从国外引进了高速摄影机、影片分析系统、录相分析系统和测力台等。国内研制成功了八道遥测肌电仪、三维测力台、激光测速仪、16毫米影片解析系统等。并把电子计算机与各种测试仪器连结起来，直接收集处理数据。北京、上海、天津、西安等几所体育学院、师范院系正在兴建运动生物力学实验馆、实验室。体育科研单位也同样重视这一学科的发展，国家体委科研所、上海体育科研所、西安体院等单位先后建立了运动生物力学研究室或研究组；不少体育院、系建立了运动生物力学教研室、教研组。有的省、市体科所、体育院系把它列为重点和优先发展的学科。国家体委2000年科技规划草案，把运动生物力学列为四门重点发展学科之一。国际交流正在逐步开展，有的论文在国际学术会议上作了交流。回顾过去，展望未来，我们有理由坚信，我国运动生物力学将会以更快的速度向前发展，不久将会跨进世界先进行列。

坚决贯彻党的科技方针、政策是搞好学会工作的根本。我们本着“经济建设要靠科学技术。科学技术工作要面向经济建设。”的方针，使运动生物力学的科研工作紧密结合实践，面向体育现代化，为提高运动技术水平服务，为群众体育锻炼提供科学指导。在学会开展的各项活动中，我们认真贯彻了上述方针，在全国性的学术交流中，在论文征集通知和论文评审中强调理论联系实际，侧重录用、交流直接对提高运动技术水平有效益的论文、文章。为了发挥本学科的社会效益，我们通过各种渠道促进学科水平的提高，大力开展科研工作，提高教学质量，加强学术交流，充分发扬学术民主，坚持团结。几年来取得了较好的效果。

1980~1984年共举办全国性的学术会议7次（包括二次教学方面的学术交流），共征得论文、文章459篇，其中有325篇参加了会议交流。共517人次参加了会议。另外，还主办了华东、华北、中南、东北四个地区性的学术会议，收到83篇文章，180人参加了学术交流。通过一系列学术活动，交流了经验、动态和

学术观点,培养了一批教学、科研骨干,巩固发展了队伍,明确了研究方向,推动了学科的发展。

第一届委员会的任务是:发展壮大本学科队伍,加强方法学研究。1981—1984年四次学术会议中有两次是研究方法讨论会,会上不仅总结交流常规方法,同时注意国外新方法和新动向。如影片解析数据的平滑方法、运动技术的数学模型、计算机模拟、电子计算机在研究运动技术中的应用等国外较新的方法,都列入会议交流,重点讨论。实践证明:学会着重抓了研究方法和教学方面的学术交流,主攻方向是正确的取得的效果是显著的。

为了扩大影响和宣传运动生物力学,本学会为已公开发行的百科全书体育卷撰写了中国运动生物力学条目。为2000年中国体育撰写了中国运动生物力学的现状与差距。印发了四次学术会议论文集,共计720套,1440本。第四届运动生物力学学术会议论文选正在出版中。但从总体上看,对本学科的宣传、出版工作是做的不够的。究其原因是多方面的。

1984年10月在福建省漳州市举行运动技术生物力学研究方法讨论会期间,北京师范大学体育系的周国正老师自告奋勇提出愿意牵头组成运动生物力学学会历届学术会议论文文摘小组,承担论文的摘要工作。征得学会常委、委员会同意。责成周国正老师具体负责论文文摘小组的事宜。参加撰写工作的有:苏州大学体育系郑亦华老师、福建体育学院李华南老师、上海体育运动技术学院龚重光老师、安徽师范大学体育系张国棟老师和浙江师范大学李建设老师。

论文文摘小组的同志们将1980—1984年度第一、二、三、四届全国运动生物力学学术会议的学术论文,以及全国运动生物力学教学内容与方法学术讨论会和全国运动技术生物力学研究方法讨论会的学术论文摘作成论文文摘,共作文摘279篇,约15万字。在苏州大学体育系领导支持下,全稿经苏品副教授和叶永延副教授审阅,並进行了校阅。体育系办公室副主任蔡振秋同志具体联系论文文摘集的出版发行工作,由吴县教育印刷一分厂承印。使得本学会的优秀科研论文能与全国广大的读者见面,无疑是一件大好事!是对运动生物力学学会建设的一大贡献!在此谨向参加和支持本文摘集工作的全体同志表示感谢。

鉴于我们搞文摘工作没有经验,疏漏错误之处在所难免,请读者批评指正。

中国运动生物力学学会

1986年3月25日

目 录

全国体育科学学术报告会, 运动生物力学专题会议(1980年)

论文编号 1—001—1—016..... 1—8

第二届全国运动生物力学学术会议(1981年)

一、田径

论文编号 2—001—2—014..... 9—15

二、体操

论文编号 2—015—2—019..... 15—16

三、球类

论文编号 2—020..... 16—17

四、游泳、跳水

论文编号 2—021—2—022..... 17—18

五、基础理论研究

论文编号 2—023—2—027..... 18—20

六、研究方法

论文编号 2—028—2—030..... 20—21

七、教学内容

论文编号 2—031—2—033..... 22—23

八、其它

论文编号 2—034—2—037..... 23—24

第三届全国运动生物力学学术会议(1982年)

一、田径

论文编号 3—001—3—007..... 25—27

二、体操

论文编号 3—008—3—013..... 28—30

三、研究方法

论文编号 3—014—3—029..... 30—35

四、教学内容与方法

论文编号 3—030—3—035..... 35—38

第四届全国运动生物力学学术会议(1983年)

一、田径

论文编号 4—001——4—02839—49

二、体操

论文编号 4—029——4—03249—50

三、球类

论文编号 4—033——4—03750—52

四、举重

论文编号 4—038——4—04252—54

五、游泳、跳水

论文编号 4—043——4—04755—56

六、自行车与射击

论文编号 4—048——4—04957

七、基础理论研究

论文编号 4—050——4—06158—62

八、研究方法手段

论文编号 4—062——4—09862—78

九、教学内容与方法

论文编号 4—099——4—10578—81

全国运动生物力学教学内容和方法学术讨论会(1984年)

论文编号 5—001——5—05282—106

全国运动技术生物力学研究方法讨论会(1984年)

论文编号 6—001——6—041107—125

全国体育科学学术报告会

运动生物力学专题会议

(1980年)

1—001.男子跳马Ⅰ、Ⅱ型动作踏跳研究——上海体育学院陆爱云等、同济大学李祥生。第一届全国体育科学学术报告会,运动生物力学部分。

作者应用FM型遥测应变仪,以SC—16型光线示波器作记录,配合16mm电影摄影机作定点摄影,对1978年南京全国体操比赛男子跳马踏跳力、时间进行现场测试。共测得183人次多项定量技术数据,对踏跳进行了动力学和形态学研究。测试的力值分撞板力和蹬板力,结果表明:撞板力平均值为584千克力,为平均体重的10.25倍;蹬板力平均值为621千克力,为平均体重的10.89倍。测记的时间分:踏跳时间(脚碰板到离板时间)、撞板时间(脚碰板开始,膝关节屈曲到最大程度所需时间)、和蹬板时间(相当于膝关节从屈到伸的时间)。测试结果:踏跳时间为0.105",其中撞板时间和蹬板时间分别为0.033"、0.012",占整个踏跳时间的42.8%。根据电影侧面图片,对下肢各关节角度进行测量:触板阶段:髋角为130.36°,膝角为152.1°,踝角为114.7°。最大缓冲阶段:髋角为137.3°,膝角为142.3°,踝角为94.5°。最后蹬离跳板阶段:髋角为163.6°,膝角为180°,踝角为139.17°。由于踏跳时间短(0.105"),所以膝关节屈曲幅度较小,只有9.8°,又由于动作结构有为扶马作准备的特点,所以髋关节的运动幅度一直在增加。踏跳时下肢的原动肌:无论是关节屈曲的缓冲阶段,还是关节伸展的蹬板阶段,原动肌均为臀大肌、股四头肌、和小腿三头肌。比较Ⅰ型(侧翻类)动作和Ⅱ型(手翻类)动作结果:Ⅰ型动作测记下来的三种时间和两个力值均大于Ⅱ型动作。可见Ⅰ型动作的踏跳冲量大于Ⅱ型动作的踏跳冲量。(周国正摘)

1—002.游泳运动员两种卧水姿势的阻力研究——中山大学陈建基等、广州体育学院袁晋纯等、广东省体工队何兴国。第一届全国体育科学学术报告会,运动生物力学部分。

游泳运动员在游进中常采用“平板型”和“船型”两种卧水姿势。作者测定这两种卧水姿势在不同游进速度情况下的阻力变化特征,进行定量分析比较。利用中山大学船模试验水池设备(长156米,宽6米,水深3米)测定游泳阻力(R),采用光电系统测速。选择六名不同体型的运动员,测量其体型特征,在试验池中用1—2米/秒的各种不同拖拽速度,测定两种卧水姿势的阻力变化。分析比较时,采用流体力学实验分析所用的相似准数因次分析法,选取反映这种力学特征的佛鲁

特准数 (F_r) 作为相似准数 $\left(F_r = \frac{V}{\sqrt{g \cdot L}} \right)$; V 为拖拽速度; g 为重力加速度; L 为

研究物体的特征长度), 将不同身材的运动员所测试结果制成 $R-F_r$ 曲线, 对两种卧水姿势进行比较结果表明: “平板型” R 随 F_r 的增加而增加, 但曲线并不保持同样的斜率, 有一定程度的波浪式起伏。每个运动员都有一个阻力曲线变化平缓的 F_r 区间。

“船型” R 在 F_r 数低值时, 随其增长缓慢, F_r 到达一定值时 (一般在 $F_r = 0.30$), 曲线变陡, 阻力速增, 未见像“平板型”阻力变化的平缓区。比较两种姿势, 在低速情况下 ($F_r < 0.30$) 两者相差不大; 速度较高时 ($F_r > 0.30$), “平板型”阻力曲线出现较大波动, 出现阻力变化较小的平缓区; “船型”阻力一直保持较大的斜率上升, 没有阻力变化平缓区。作者认为: 阻力曲线出现波动, 反映了在阻力因素中兴波阻力的变化。曲线平缓区正是有利的兴波区域。运动员要善于利用这个有利的兴波状态, 减小兴波阻力。“平板型”的阻力曲线变化平缓区, 正好是运动员创造好成绩的速度范围。在此速度范围, “船型”的阻力曲线却变化急剧, 说明“船型”卧水姿势, 运动员要提高速度会遇到较大的阻力; 而“平板型”却相反。在高速游进时, “船型”阻力显然大于“平板型”。在试验过程中进行摄影、录像和描记髋、膝关节角度变化表明: 运动员随速度增加, 腰部下陷, 阻力随之急剧增加。实验结果与东德的研究资料相似, 因此, 运动员要有较好的腰腹力, 在高速游进时, 也要保持身体伸展的姿势, 提高运动员控制姿势的能力。作者还指出: 如果教练员能掌握运动员的 $R-F_r$ 曲线变化情况, 对选拔和训练优秀运动员具有现实意义。

(周国正摘)

1—003. 不同膝角原地起跳的生物力学探讨——江苏师范学院郑亦华、叶永延。第一届全国体育科学学术报告会, 运动生物力学部分。

作者对400名健康和训练不同的运动员和学生, 利用Y D—15型动态电阻应变仪和S C 16型光线示波记录仪记录受测者起跳力量、起跳速度和冲量, 同时用16mm电影机以64格/秒的速度拍摄全蹲、半蹲和浅蹲起跳动作, 并用电子计算机统计处理数据, 研究原地起跳中垂直反作用力、起跳速度、腾空时间、冲量和起跳高度的关系, 以及不同膝角起跳动作结构等问题。(1) 根据记录曲线发现, 无论男、女或不同水平受测者都是浅蹲起跳力均值最大 (男70.43—105.55千克力; 女55.37—88.62千克力), 半蹲起跳为中间值 (男56.48—95.93; 女47.88—75.09千克力)。从不同膝角原地起跳来看, 大多数半蹲起跳最高, 浅蹲次之。因此, 起跳时最大力并不是获得最大高度的有效指标。(2) 起跳速度 V 决定着人体腾空的高度或腾空总时间 (T), 大多数是半蹲起跳速度最大 (3.5412米/秒), 深蹲起跳最小 (3.5081米/秒)。 V 与 T 有着显著相关性

($r = 0.997$, $P < 0.01$)。(3) 根据实验曲线求积法可求平均冲量 $N I = \frac{S_1 - S_2}{W}$

(S_1 为力的面积, S_2 为重力面积, W 为体重), 牛顿第二定律推导 $N I = \frac{1}{g} V$ 。两种方法计算结果无明显差异, 而平均冲量与起跳速度以及起跳高度之间存在着密切的相关性 ($r = 0.997$, $P < 0.01$; $r = 0.992$, $P < 0.01$)。(4) 从动作电影材料上看, 同样

可发现起跳速度最大为半蹲(3.413米/秒), 其次为浅蹲(3.2米/秒), 最小为深蹲(3.128米/秒)。而起跳所需时间最短为浅蹲(0.21875秒), 其次为半蹲(0.234375秒), 最长为深蹲(0.28125秒)。总重心上升高度却是半蹲起跳最高(60厘米), 浅蹲其次(52厘米), 深蹲最低(50厘米)。作者在小结中指出: 起跳过程中下蹲制动阶段能加大支撑反作用力, 支撑反作用垂直力曲线接近单波峰形。用平均冲量比用力来研究起跳及跳起的高度更有效。三种膝角原地起跳对起跳高度的效果以半蹲和浅蹲为好。

(周国正摘)

1—004. 关于单杠“晚旋”的力学原理——南京大学梁昆森, 江苏省体育科学研究所尤启骏。第一届全国体育科学学术报告会, 运动生物力学部分。

本文专门探讨单杠“晚旋”的纵轴转体如何出现的问题。运动员相对于重心的转动是变质量张量的定点运动, 其解算困难较大。作者根据实际情况将晚旋运动员的动作抽象为“一瞬间”完成的, 从而使问题的解算成为可能。结果表明, 惯量积突然改变时, 动量矩的守恒使运动员绕纵轴转体。江苏体科所在江苏体操队支持下就这问题作了试验, 本文叙述了试验情况和结果。在理论分析和试验中还对科里奥利力的作用进行了估价。

(录自原著文稿)

1—005. 射箭技术的生物力学研究——北京体育学院李良标、赵墨臣。第一届全国体育科学学术报告会, 运动生物力学部分。

作者通过比赛观察, 技术测量, 拍摄技术电影(200格/秒), 弓的物理性能测定以及参考法国、日本射箭队的技术电影, 对射箭技术进行分析研究。结论中指出: (1) 在撒放动作过程(约15毫秒)中, 弓弦是顺着勾弦手指向侧前方运动的, 使弓的弹力对箭的纵轴产生切向分力, 箭在弓弹力及箭侧垫阻力作用下, 使箭产生先向右弯然后向左弯曲变形, 弓弦呈反S形运动轨迹的复杂的力学现象。(2) 持弓臂的肩关节俯视角要大些(女为173.4度, 男为177.2度), 这样在射箭时内合力小, 比较省力, 并能减小切向分力。(3) 持弓臂保持“塌肩”和上臂旋内的前撑用力形式, 能增大举弓力, 以保持弓臂的稳定性。(4) 拉弓臂的勾弦手应保持在握点与弦点连线的方向上直线向后运动, 腕和肘关节的屈、伸肌群完成加固性工作, 以肩关节肌及肩带肌的克制性收缩完成拉弓和加力动作。(5) 由于勾弦手指肌的收缩及放松速度远比弓弦的回弹运动速度小(小625倍), 会出现勾弦手指阻拦弓弦, 并使弓弦侧移而向左前方运动的现象。目前用放松勾弦手指肌的屈肌的撒放技术比较稳定合理。作者指出: 在射箭的不同时刻, 持弓臂所受合外力及合外力矩始终等于零, 是使持弓臂保持稳定状态, 射箭时两臂用力必须遵循的原则。必须要求运动员使用的弓的弹力与箭的弹性硬度之间有合理的配合, 同时还要掌握阻力小、动作正规和稳定的撒放技术, 才能提高射箭的精确度与命中率。

(周国正摘)

1—006. 跳远运动的参数方程曲线所揭示的某些规律——南京航空学院张恩光。第一届全国体育科学学术报告会, 运动生物力学专题会议。

作者从运动学观点出发, 利用实验与计算方法导出跳远的实际状态下的距离公式以

及最大和最佳腾空角的各种计算公式。找出相关参数对跳远成绩的影响规律。(1)理想状态下的距离公式:

$$x_1 = \frac{V_0 \cos \alpha}{g} (V_0 \sin \alpha + \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gh \sin \beta}) + h \cdot \cos \beta$$

式中 x_1 —理想跳程; V_0 —身体重心初速度; α — $\overline{V_0}$ 与水平方向夹角; h —身体重心高度; β —踏跳腿与地面的夹角。正确的技术 $\beta = 70-78^\circ$ 之间,取近似值 $\beta = 75^\circ$,

$$\begin{aligned} \text{令 } x_0 &= \frac{V_0 \cos \alpha}{g} (V_0 \sin \alpha + \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gh \sin 75^\circ}) \\ \therefore X_1 &= X_0 + h \cdot \cos 75^\circ \end{aligned}$$

(2) 实际状态下(有空气阻力)的距离公式:用跳远动作模型在风洞内进行水平阻力试验,结果得阻力公式为: $F_R = 0.053 V^2 S$ 式中0.053是阻力系数; V —风速; S —水平投影面积。代入 $F = Ma$,再经过两次积分运算得出:

$$x = \frac{1}{0.053} \frac{M}{S} \ln \left(\frac{0.053 S}{M} V_0 \cos \alpha t + 1 \right)$$

式中 M —人体质量; S —人

体水平投影面积。 $M = \frac{P}{g}$ P —人体体重; $g = 9.81$ 重力加速度,取得 $\frac{P}{S} = 150.8$ 。不

计垂直阻力,身体腾空时间为:

$$t = \frac{1}{g} (V_0 \sin \alpha + \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gh \cdot \sin \beta})$$

实际状态下跳程为 x_s 则有: $x_s = 290 \ln (3.448 \times 10^{-3} x_0 + 1) + h \cdot \cos 75^\circ$ 。(3)

x_1 与 x_s 的关系: V_0 相同时, α 越大则 x_1 与 x_s 的差值 Δx 越大,即 x_1 与 x_s 曲线的上端大于下端的间距。 α 相同时, V_0 大的 $x_1 x_s$ 间距大于 V_0 小的间距。间距大表示跳远时所受阻力冲量大。 V_0 相同时 x_1 与 x_s 均随 α 增大而增大,但 x_s 增值小于 x_1 的增值速度。 V_0 与 α 为任一组对应值,使 x_0 相等时,则 x_s 都相等,即表示所受阻力冲量相等。(4)从参数方程曲线揭示出:跳远的最大腾空角

$$\alpha_m = \arcsin \frac{V_0}{\sqrt{2(V_0^2 + 2gh \sin 75^\circ)}}$$

作者推算出由实际跳程与实际腾空角 α_s 求 α_m 和由身高 H 与 V_0 求 α_m 的公式。跳远时最佳腾空角 $\alpha_f = 22^\circ \sim 36^\circ$, α_f 随 V_0 的增减而变化。(4) V_0 与 α 对 x_s 的影响: α 较小时, x_s 随 V_0 增大而增大,增值较小; α 较大时, x_s 随 V_0 增大有较大的增值。 V_0 较小时, x_s 随 α 增大有较小增值; V_0 较大时, x_s 随 α 增大有较大增值。作者指出,跳远的训练方向应是高速度、大角度。使 $\alpha_s \rightarrow \alpha_f$ 尤为合理。(5)分析助跑速度与腾空后水平速度和初速度 V_0 关系: $V_0 = \frac{V_{\text{水平}}}{\cos \alpha}$,提高 V_0 要提高助跑速度($V_{\text{水平}} = N \cdot V_{\text{助}}$

N —速度损耗系数),同时克服踏跳时制动动作,提高 N 值。此外,加大 α 使 $\cos \alpha$ 值

降低。 $\alpha = \operatorname{tg} \frac{V}{V_{\text{水平}}}$ ，而加大 α 只能靠提高 V 不能用降低 $V_{\text{水平}}$ 的办法。作者最后强调，在加强速度训练的同时，要非常重视加大 α 的训练，这对提高成绩有重要作用。

(周国正摘)

1—007. 跳高起跳的动力学研究——国家体委科研所唐礼，第一届全国体育科学学术报告会，运动生物力学专题会议。

目前，跳高的动力学机制在理论上的研究常忽视人体在起跳过程中的生物力学特点，采用过分简化的模型。作者实测了15名背越式跳高运动员111人次的起跳力波形。提出三个生物力学特点：1、人体不是一个质点；2、人体力学参数随时间变化；3、人的支撑腿在三个不同时相中具有不同的力学功能。根据这些特点把起跳分成三个阶段：冲击振荡阶段、支撑蹬地阶段和积极蹬地阶段；分别建立各个阶段的物理模型。通过对模型的数学规律研究，得到理论波形，与实测波形比较，揭示了起跳过程的力学规律。分析冲击振荡过程，根据数学公式得出：1、振荡是以 $P_1 + F_1$ 为中心；2、振幅与初速度有关；3、周期与初速度无关，基本上与腿的刚度有关；肌肉越紧张，周期越短。作者在理论分析和实验验证的基础上提出起跳的技术类型和鉴别技术水平、训练程度的指标。

(周国正摘)

1—008. 等动练习的生物力学分析——上海体育学院杨津森。第一届全国体育科学学术报告会，运动生物力学专题会议。

以DL—300型等动练习器的等动工作方程和等动力量曲线为基础，试对等动练习的肌肉收缩力量、速度、阻力、力的冲量、功、功率及能耗等问题作初步定量分析。作者指出等动练习与等长、等张练习的区别。随着肌肉拉力角、长度及骨杠杆机械效率的变化，同一肌肉群在关节运动幅度中各不同位置的力量不同。等动练习的变化的阻力能适应变化的作用力，保持练习速度的相对稳定，给肌肉从最强部位至薄弱环节以相应最大的阻力负荷。在等动练习时，对作用力与阻力、速度进行定量分析，得出等动工作方程： $F = KV^2 + P$ 。式中 F 为作用力； V 为速度； P 为起动阻力； K 为等动系数； KV^2 为离心摩擦阻力。等动力量曲线表示肌肉在等动收缩的条件下，即练习速度受控制时肌肉力量的瞬时变化情况，纵坐标由砝码标定出千克力数；横坐标时间由记录仪显示。不同形状的曲线反映了不同的项目与技术水平。计算等动推铅球和自由泳双臂划水的力量曲线：力的冲量分别为45和37千克力·秒；功为40.3和36千克力·米；能耗为95和84卡；每秒耗能量为59.4和70卡/秒；最大瞬时功率约为46.3和45千克力米/秒；平均功率约为246.8和294瓦；速度变化范围皆为0.8—1.1米/秒。等动训练可作各种运动项目的力量训练内容，明确训练目的，不同力量素质选择不同练习速度，适当安排等动训练强度、密度、时间与运动量，并结合其它动力性竞技训练，可获得较好的力量训练效果。

(周国正摘)

1—009. 铁饼飞行姿势和飞行路线的力学分析——吉林师范大学程国庆。第一届

全国体育科学学术报告会, 运动生物力学专题会议

作者通过求抛物线切线斜率的方法, 计算风速方向角的变化, 探讨风速方向角相对于姿势角的变化关系。计算和理论推导证明: 出手时铁饼的姿势角应当小于投射角。用物理学实验中的转动惯量测定装置进行测定和计算结果, 铁饼的转动惯量为 $0.0151 \text{ Kg} \cdot \text{m}^2$, 为计算铁饼的角动量提供了数据。为保持铁饼飞行姿势的稳定性, 不发生进动, 应尽量增大铁饼的旋转角速度。由于铁饼旋转角速度太小和迎角过大, 风压力两个分力: 扬力减小, 阻力增大, 铁饼后面产生很多涡旋, 铁饼可后翻、失速, 则抛物线向下弯曲, 提前降落。铁饼飞行的后半段飞行速度减慢, 产生马格努斯效应, 铁饼不沿抛物线方向正直前进, 发生偏离, 做右旋弧线飞行, 直到落地。由于风压力矩作用, 会使飞行中的铁饼产生进动。根据右手标定, 风压力矩向右方, 转动矩向左倾斜, 铁饼则会向左侧翻转, 到达抛物线最高点时, 几乎造成竖直姿势飞行。(周国正摘)

1—010. 世界优秀田径运动员身材特点的运动力学分析——上海体育科学研究所冯敦寿。第一届全国体育科学学术报告会, 运动生物力学专题会议。

作者对17—21届奥运会上取得前六名的优秀运动员(每项约30人)的身高、体重及相对体重(千克/米)作了统计学的处理。结果表明:(1)投掷: 投掷运动成绩与运动员的身高相关。从运动学公式说明出手高度高对成绩有利。身材高, 手臂也长, 对旋转加速的运动项目, 可增大投掷半径, 有利增大出手初速度。体重大, 其绝对力量一般也大, 有利提高投掷成绩。(2)跳跃: 跳高运动员除了身材要高以外, 还具有相对体重轻的特点。近代跳高运动员高度未增, 但有体重减轻的趋向。不同体重的运动员在其它条件相同时, 每一公斤体重对高度的影响在2.5—3.5厘米。(3)跨栏: 跨栏运动员的身材条件是由栏高及栏间距所决定的, 前者决定重心腾起的高度; 后者局限栏间步幅。优秀中栏运动员都以13步的节奏通过35米长的栏间距, 对身高在1.80米以下的运动员来说就较困难。(4)跑步各项: 中长跑运动员的体重与相对体重在田径各项中为最轻。短跑运动员中有着各种各样的体型: 身高分布在1.65米—1.93米的范围内, 体重约为60—90公斤; 相对体重36—50公斤/米。400米运动员平均身高高于200米运动员, 200米运动员高于100米运动员。这一倾向说明了身材较高的运动员可采用增加步幅的技术来减低步频, 使全程跑减少肌肉收缩次数, 有利于保持后半程体力。有较高的速度耐力, 促使成绩的提高。作者最后指出, 优秀运动员具有代表性的身材特点, 包含着运动生物力学上的意义。在选材或训练、培养优秀运动员时, 应遵循着生物力学的科学规律, 才能取得预期效果。(周国正摘)

1—011. 跳远起跳动作的力学分析——北京体育学院张厚攻。第一届全国体育科学学术报告会, 运动生物力学专题会议。

作者分析了跳远起跳时各个参数对跳远成绩的影响。提出跳远问题主要由三个参数 u_0 、 V 和 θ 所决定。 u_0 为助跑速度; V 为踏跳速度, 它的大小与方向取决于踏跳反力; θ 称踏跳角, 为 V 与垂直线的夹角, V 在垂线右边(向前)为正, 在左边(向后)为负。作者认为 $\angle\theta$ 取决踏跳时用力方向, 讨论 θ 比讨论腾起角 α 更重要。实测结果发

现：优秀男运动员一般 u_0 在9.5—10.5米/秒， V 一般在3—4米/秒， $\angle\theta$ 一般在 -20° — -28° 之间。 θ 为负，表示踏跳对助跑起制动作用，用力学理论推导出的跳远距离公式。

$$S = \frac{V}{g} (u_0 + V \sin \theta) \left(\cos \theta + \sqrt{\cos^2 \theta + \frac{1.04(1 - \sin \beta) \cdot g}{V^2}} \right) + 0.52H \cos \beta$$

式中 g 为重力加速度， β 为落地角， H 为身高。从 S — V 关系曲线可看出：提高踏跳速度是重要的，虽加了制动，但对提高成绩有利。由于 u_0 和 S 是直线关系，提高 u_0 的重要性显而易见。
(周国正摘)

1—012. 体操空翻转体动作的力学原理及实例分析——天津轻工业学院齐世闻。第一届全国体育科学学术报告会，运动生物力学专题会议，1980年

近年，“旋”类空翻以及带有多度数转体的空翻动作已成为现代体操的重要内容之一。作者根据力学原理结合国家集训队队员动作实例（50格/秒电影图片）对各种类型的复合轴空翻动作进行分析讨论。结论指出：髋关节的屈伸配合合理摆臂动作，可使人体惯量张量发生变化。这一变化不仅影响了角速度的大小，而且也改变了角速度的方向。因而在无支撑状态下可以使人体由单纯地绕横轴的翻转产生绕纵轴的转体动作。

(周国正摘)

1—013. 弯道跑技术的力学原理——安庆师范学院郭成杰。第一届全国体育科学学术报告会，运动生物力学专题会议，1980年

弯道跑属圆运动中的曲线运动，依靠人体沿纵轴方向向内倾斜而获向心力($F_{向心}$)。

$F_{向心} = mg \cdot \tan \alpha$ ， $\angle \alpha$ 为内倾角。合理的内倾角，是衡量弯道跑技术质量的重要标志。运动员弯道跑时还有自身转动运动，在一个曲段上要自转 180° ，称弯道自转。支撑腿的力矩作用决定了人体的自转，自转力矩是由于两腿在相互交替支撑时，所受力矩大小不同所致。因人体内倾，外侧右腿后蹬，由支撑点到力作用线垂距比内倾左腿大，外侧腿力矩作用大。自转时，外侧右腿的外缘就要多走路程，外侧腿的步长每步就要增大，才能完成曲段上的自转，这势必破坏了跑的动力结构。由公式 M （合外力矩） $= I \cdot \beta$ 可知，上弯道是角速度增加过程，是产生角速度(β)的过程，必须增加力矩。应采用合理技术动作来增大转矩而由直道从容地渡到弯道。下弧道是角速度减小过程，即 β 消失过程，所以下弧道需要有一个负力矩作用，也就是需要右腿力矩趋于减小，左腿力矩增大，最后合外力矩为零进入直道跑。
(周国正摘)

1—014. 跳高合理过杆的数理探讨——上海体育学院 杨津森。第一届全国体育科学学术报告会，运动生物力学专题会议，1980年

作者给出跳高合理过杆的数理公式：

$$\frac{a}{\sin \beta} = \frac{S}{2} = \frac{V_0^2 \cdot \sin 2\theta}{2g}$$

$$\frac{a}{\sin \beta} = 2H_2 \cdot \cot \theta$$

$$\frac{a}{\sin \beta} = \sqrt{\frac{2H_2 \cdot (V_0^2 - 2Hg)}{g}}$$

$$H_2 = H_1 + \frac{a}{2\sin \beta \cdot \operatorname{ctg} \theta} - H_3$$

式中 a 为重心至横杆平面的距离； β 为重心飞进平面与横杆的夹角； S 为重心腾空抛物线的远度； H_2 为重心腾空抛物线最高点的高度； H_1 为起跳离地时重心的高度； H_3 为重心腾空最高点与横杆的距离； θ 为起跳时重心的腾起角； V_0 为起跳时重心的腾起初速度； g 为重力加速度。上列公式说明的问题：（1） H_2 由 V_0 和 θ 的大小来决定，而该最高点的位置是否在横杆之上是由 a 和 β 来决定。（2）决定跳高成绩的不仅是 H_1 、 H_2 、 H_3 ，而且还有 a 和 β 。 H_1 、 H_2 要较大， H_3 较小，尽量使 $\frac{a}{\sin \beta} = \frac{S}{2}$ ，即

最高点应在横杆上；是运动员创造本人最好成绩的条件。作者据合理过杆公式的数理原理制定了“ a 、 β 、 H_2 、 V_0 和 θ 对照表”。（周国正摘）

1—015. 背越式起跳的正心用力与偏心用力——上海体育学院 杨津森。第一届全国体育科学学术报告会，运动生物力学专题会议。

通过对16名背越式运动员起跳偏心角的摄影与测量，重心位于起跳垂线上的“正心”用力起跳技术是客观存在的，女子占总数82%，男子占20%。正心用力时起跳技术的优点：同蹬地力或蹬地垂直速度，正心力的 H_1 （起跳离地时重心的高度）较高；同一运动员正心用力比偏心用力的垂直速度大。正心用力在助跑起跳技术上有一定要求：助跑为曲率半径小的弧线助跑；倾斜角的变化应从小→大→0°；向前、向上、向内快速摆腿；较小的起跳距离；起跳的良机是倾斜正好变竖直时离地。作者在结论中指出：正心比偏心优越，是背越式起跳技术的发展趋势。凡是从倾斜变竖直的起跳技术都是偏心用力。起跳时利用离心惯性力，有促进正心用力作用。（周国正摘）

1—016. 径赛方程——吉林省体育科学研究所常世和。第一届全国体育科学学术报告会，运动生物力学专题会议，1980年

作者通过推理，导出径赛方程：

$$Q = KWV^2 \frac{S}{h} \cdot 10^{-4}$$

式中 Q 为运动中耗热能量（千卡）； W 为运动员体重（公斤）； V 为平均速度（米/秒）； S 为运动距离（米）； h 为平均步长（米）； k 为经验系数。从方程中可知： Q 与 W 成正比；因此，与机能状态无益地增加体重对径赛运动员十分不利。 Q 与 h 成反比，说明训练中在不影响速度的情况下应注意增加步长的训练。 Q 与 S 成正比，与 V^2 成正比；要注意与速度是平方比，与距离是算术比，实际是体育训练中强度和量的关系。式中 W 、 V 、 S 、 h 都可以实测， k 可查找“经验系数 k 值曲线”，这样可计算训练中运动员跑各种距离的能量消耗，合理安排训练计划和调整运动员强度及运动量。

（周国正摘）

第二届全国运动生物力学学术会议

(1981年)

一、田 径

2—001. 对叶佩素跳高技术生物力学分析——何捷等。第二届全国运动生物力学学术会议论文, 杭州, 1981年。

作者根据1981年对叶佩素跳高技术的记录资料进行生物力学分析。一、助跑 叶采用弧形助跑, 步点比较固定。助跑弧线在直角坐标系中的近似方程为 $y = ax^2$, a 约为 $1/4$ 。此线开始部分平直, 直线与弧线的过渡比较柔和, 最后三步曲率半径逐渐缩小。叶最后三步步长变化是, 第二步稍小而第三步增大。通过以64格频率的摄影分析, 叶起跳前的速度为6.1米/秒, 此为偏低。倒数第二步速度为5.2米/秒, 明显减速, 有停顿现象。其原因是叶最后三步步长变化不够合理, 对曲率半径不断变小的助跑弧线不太适应。二、踏跳 叶踏跳时间是0.2813秒, 与北体院研究资料比较, 是常人的1.27倍。此对提高腾起速度不利。造成踏跳时间过长的原因是助跑速度较低、起跳腿缓冲不够积极, 起跳方式为“滚动式”。另外, 叶起跳腿最大缓冲时的膝角为 128° , 小于同类型运动员 $10^\circ-14^\circ$ 。这既延长了踏跳时间, 也损失了垂直速度。叶腾起初速度约为3.84米/秒, 重心腾起高度约为0.75米。三、过竿 作者认为, 起跳腿着地时, 足放置的位置与横竿的夹角(起跳点足角)的大小, 与能否过竿关系密切。一般足与横竿平行(足角为 0°)为最佳, 而叶足角为 $15^\circ-25^\circ$ 之间, 显得偏大。从而影响垂直用力, 不利过竿。另外, 踏跳距 a , 人体重心飞进平面与横竿的夹角 β , 与人体重心飞进远度 S 应相适应。如 β 角过大或 a 过小, 都将使重心最高点位于横竿的后上方, 反则亦反。通过测算, 叶 β 角偏大时, 重心腾起最高点超过了横竿垂直面。叶空中动作分析表明, 其领先臂过竿后展体不够, 背弓稍差; 臀部过竿后, 收腹屈髋及踢小腿不够及时迅速。最后结论: 要提高叶成绩, 须改变助跑节奏, 缩小起跳步, 增大起跳腿膝角, 缩短起跳时间, 适当调整空中姿势。(附图1—3, 表1—4)

(张国棟摘)

2—002. 朱建华起跳技术的力学数据及初步分析——成希春等。第二届全国运动生物力学学术会议论文, 杭州, 1981年。

作者用高速摄影机拍摄了朱建华跳2.25米和2.30米高度的起跳技术, 影片经图片解析仪测算。数据分析结果是: 朱在这两个高度起跳时, 其重心高度 H_1 较高, 分别为1.36米和1.33米。原因是, 除朱由于形态因素外, 其起跳时双臂摆动幅度较大, 右手在

头上方伸直,摆动腿摆动有力,起跳腿蹬伸充分,上体伸展及倾角小特点都造成 H_1 增大。朱这两次起跳的垂直速度分别是451.437厘米/秒和449.290厘米/秒;重心腾起高度分别为2.40米和2.36米,均超过当时试跳高度(2.30米高度失败)。通过对朱2.25米试跳时人体离地前后几幅动作图片测算,朱双臂和腿摆动快、有力,但腿的制动稍早了点。若增大加速摆动的幅度,在起跳即将离地时制动减速,将会获得更大效果。快速起跳和迅猛的屈腿摆动是朱的技术特点之一,其两次起跳的时间是0.1728秒和0.1766秒。作者认为:朱若右臂制动过竿,左臂摆动再稍迟,右腿再加大摆动幅度以及左腿蹬伸更充分些,将可提高成绩。(附图1—4,表1—7)

(张国棟摘)

2—003. 跳高起跳时摆动动作的运动学特征——卢德明等。第二届全国运动生物力学学术会议论文,杭州,1981年。

作者用16毫米摄影机以100格/秒的频率,正侧面拍摄1979年中日田径对抗赛中6名运动员的起跳动作。影片按常规处理,再放在约3寸的连续动作图片上,测绘出摆动腿质心的速度和加速度曲线、起跳腿膝关节角度变化曲线、起跳连续动作单线图以及上述各曲线的对应图。分析认为:高水平运动员摆动腿质心在铅垂方向上的加速度呈规律性变化。起跳腿着地时摆动加速度在负值方向发展;缓冲阶段加速度由负值趋向正值,并于最大缓冲时为最大值;在蹬伸阶段加速度值减小,并发展为负加速度摆动。在起跳腿着地时刻,其惯性力作用有利于减小人体与地面之间的冲击作用,起跳缓冲阶段该力有利于增加起跳力,而蹬伸阶段则有利于提高蹬伸速度。与三级跳第二跳比较,跳高起跳时,摆动腿质心在铅垂方向上摆动所占时间较短,而负加速度摆动较长。(图1—5)

(张国棟摘)

2—004. 跳高运动员的受力分析——梁昆森。第二届全国运动生物力学学术会议论文,杭州,1981年。

作者从力学角度,分析跳高运动员所受地面托力以及人体主要关节之间相互作用力。建立了一般公式,并借用高速摄影图片及电子计算机对上述力进行定量计算。基本原理:视跳高运动员为“运动物体”,其运动情况分两个阶段,1、从跑到起跳离地之前;2、起跳后在重力作用下,是一个具有一定初速度的抛物体。第一阶段的运动方程为: $\vec{N} + \vec{M}g = \vec{M}a$ ($\vec{N}$ 地面托力, $\vec{M}g$ 地球吸引力, $\vec{a}$ 人体质心的加速度)。因为对跳高的研究主要是竖直高度,故上式可简化为 $N_y - Mg = Ma_y$ 。为求运动员主要关节之间的相互作用力,采用“隔离法”分析。计算踝、膝、髋三关节处环节之间的相互作用力的运动方程分别是:

$$F_{1y} = m_1(g + a_1) - M(g + a_y)$$

$$F_{2y} = m_1(g + a_1) + m_2(g + a_2) - M(g + a_y)$$

$$F_{3y} = m_1(g + a_1) + m_2(g + a_2) + m_3(g + a_3) - M(g + a_y)$$

(上述方程中, m_1 、 m_2 、 m_3 分别是脚、小腿和大腿的质量; a_1 、 a_2 、 a_3 分别是脚、小腿和大腿质心的加速度; F_{1y} 、 F_{2y} 、 F_{3y} 分别是小腿对脚、大腿对小腿、躯干对大

的腿作用力。)地面对人体托力的运动方程为: $N_T = Mg + m_1a_1 + m_2a_2 + m_3a_3 + \dots + m_na_n + \dots$ 。上述公式可分析摆腿、摆臂的作用。为了增大托力N, 双臂和摆动腿的摆动, 必须使其中的各部分获得正的加速度。(附表1—4, 参考文献1—3)

(张国棟摘)

2—005. 人体髋部正确运动形态对投掷铅球、铁饼、标枪最后用力的影响——郭进。第二届全国运动生物力学学术会议论文, 杭州, 1981年。

作者根据文献资料及优秀运动员的技术电影观察, 从三方面分析髋部对各项投掷最后用力动作的影响。(一)、髋部在最后用力过程中起承上启下、上下贯通的重要作用。最后用力过程中, 髋轴领先肩轴转动, 此可动员更多的肌群参加投掷, 并使它们处于良好的功能性状态。(二)、中外优秀运动员在最后用力过程中髋部运动形态存在问题: 主要是髋部向前转动不好, 髋、肩轴扭紧较差, 右腿过早蹬直和离地, 推铅球不能充分利用两腿的蹬地力量。我国优秀铁饼运动员右腿蹬地有力, 向前转动不足, 因而导致躯干肌群不能充分扭紧。标枪运动员多数只注意上体和臂的动作, 而髋部向前转动不快, 向左腿推移过程慢, 造成投枪时髋部后坐, 影响左手和左腿的配合投枪。作者认为: 有的运动员投掷臂尽量向右侧延伸, 使髋部远离左侧支撑轴, 是个错误动作。(三)、各项投掷最后用力过程中, 髋部正确的运动形态是: 1、最后用力开始之后, 左脚向前迈出落地之前髋部侧对着投掷方向, 向前稍下运动并微向前转动; 2、左脚落地有力支撑, 髋停止向前稍下运动, 处于最后用力过程中最低部位; 3、投出器械瞬间, 两腿蹬直, 髋处于最后用力中的最高部位, 右髋部高于左髋。右腿“跪蹬”转、送髋的动作是各项投掷用力过程中髋部正确运动形态形成的主要方法。(附图1—8)

(张国棟摘)

2—006. 投掷运动中的出手初速——投掷技术中几个主要环节的力学探讨——宋春华。第二届全国运动生物力学学术会议论文, 杭州, 1981年。

作者运用力学原理对投掷技术中的几个主要环节和目前教学训练中存在的问题分析研究。(一)、在最后用力过程中要注意: 动员更多的肌群参加用力, 并发挥其最大的作用; 增加用力距离, 缩短用力时间; 加速——制动的鞭打式用力。在鞭打动作中, 应注意“加速”和“制动”两方面。教学和训练中我们常常重视用力“加速”, 但往往忽视“制动”, 这是不妥的。(二)、左腿支撑制动时, 人体和器械绕左脚的支点在助跑道矢状面上的转动对出手初速度有影响。如人体保持着向后倾倒, 上体和器械产生的转动线速度的方向和最后用力时器械运动轨迹一致, 可保证适宜的器械出手角度。当人体绕左侧轴转动时, 保证一定的角速度, 努力增加半径, 或保持一定的半径而努力增加角速度, 都可以增加器械的运动速度。(三)助跑速度对出手初速度有较大的作用, 但此速度的增大要与最后用力的速度匹配。右腿的着地和用力技术, 是助跑和最后用力连结的重要环节。左腿的支撑用力技术也是能否充分利用助跑速度的重要环节。

(张国棟摘)

2—007. 短跑基础理论初探——蔡国钧。第二届全国运动生物力学学术会议论文, 杭州, 1981年。

作者用日本nac 16毫米高速摄影机, 拍摄81年全国田径分区赛南京赛区男女百米比赛的短跑技术。影片经GP—2000型运动分析仪处理, 分析对象为国内一流水平, 全文以一个单步技术分析。研究发现: 高水平男女运动员在不同时相的速度变化规律相似。在前蹬阶段的速度没有下降, 反而升高; 垂直阶段为高峰, 而转入后蹬的前半段水平速度明显下降, 为最低值。男运动员支撑腿的膝角在落地前、着地到垂直阶段基本不变, 而转入后蹬的前半段膝角明显减小。男女运动员脚落地的速度与人体运动方向一致, 脚相对重心是向后运动, 且速度越来越大。在离地腾空期间, 速度有短暂的减小, 随之又增大, 此现象与传统理论不统一。分析前支撑阶段速度增加的原因, 是由于脚相对重心运动有很大的加速度而做功、方向向后上方的支撑反作用力从重心后方通过而产生的力矩作用、以及腿转动惯量的减小等。支撑阶段速度的增加与保持同膝关节的角度有很大关系, 所以, 着地前到蹬伸前的膝角变化不能太大。此角的变化可作为判断动作合理性的指标。作者建议: 可分别在各个阶段挖掘提高速度的潜力。如男运动员的前撑阶段较好, 但在弹压、蹬伸阶段需要改进动作, 特别是膝角的变化, 才能缩短支撑时间, 提高蹬离地时的速度。这对步长、步频的提高都是有利的(附图1—11, 表1—2)

(张国棟摘)

2—008. 对推铅球最后用力技术的探讨——刘建国。第二届全国运动生物力学学术会议论文, 杭州, 1981年。

作者根据中外文献, 并分析中外优秀运动员技术图片40多人, 结合参观比赛和调研统计资料, 研究推铅球最后用力技术。作者认为: 滑步后左脚着地瞬间的正确身体姿势是, 右脚前脚掌着地与投掷方向几乎垂直, 右膝夹角是 145° — 155° , 方向与左脚同; 左膝角为 155° — 165° , 髋轴领先肩轴, 且右髋稍低于左髋; 身体向后倾斜, 左臂几乎伸直位于胸前, 前臂旋内, 手伸向后斜下方扣住左肩; 把球转到身体的右后方, 眼视后斜下方。文内描述了最后用力过程中的右腿、髋部及身体左侧的运动细节, 强调“反弓”的正确姿势: 整个身体正对投掷方向, 右膝角 135° — 145° , 小腿与地面夹角 35° — 45° , 左膝角 130° — 145° ; 髋部挺出, 体重靠近左腿, 身体后倾, 胸挺出; 左臂弯曲上臂贴紧躯干左侧, 手抓成拳; 右臂肘部稍低于肩并位于肩后侧, 眼视前上方约 70° 角方向。(附图1—9, 表1—2)

(张国棟摘)

2—009. 国内外女子短跑选手百米赛跑步频步幅二百例分析——冯敦寿。第二届全国运动生物力学学术会议论文, 杭州, 1981年。

作者根据比赛现场测量全程步点, 解析百米跑全程技术电影、国际重大比赛全程技术录像和文献资料, 分析177名国内外女子短跑选手260次百米赛跑全程的步频、步幅数据。方法是将选手按成绩分组, A组($11''54$ 以内), B组($11''55$ — $12''54$), C组($12''55$ — $13''54$), D组(18岁以下, $12''14$ — $13''54$ 。)步频、步幅数据进行统计学处