

文章编号:1004-7220(2016)05-0449-07

# 具运动伤害潜在关系的球体物理特性—— 长柄曲棍球与棒球之比较

庄惟安<sup>1</sup>, 杨雯雯<sup>1</sup>, 陈韦翰<sup>2</sup>, 苏家锋<sup>3</sup>, 刘 强<sup>3</sup>

(1. 国立阳明大学 物理治疗暨辅助科技学系, 台北 11221; 2. 国立台湾师范大学 体育学系, 台北 10610;  
3. 台北市立大学 运动器材科技研究所, 台北 11100)

**摘要:** **目的** 研究长柄曲棍球与棒球球体的物理特性,探讨长柄曲棍球球体造成伤害的潜在风险。**方法** 实验球体为长柄曲棍球与棒球各 12 颗,检测前皆通过 24 h 环境控制,使球体温湿度一致,再进行长柄曲棍球与棒球球体质量、圆周、压缩值与恢复系数等物理特性的测量,以独立样本 *t* 检验比较长柄曲棍球与棒球的差异。**结果** 长柄曲棍球球体质量为 $(144.65 \pm 0.29)$  g,圆周长为 $(19.97 \pm 0.02)$  cm,压缩值为 $(91.76 \pm 1.23)$  kg,恢复系数为 $(0.633 \pm 0.011)$ ;棒球球体重量为 $(146.12 \pm 0.45)$  g,圆周长为 $(23.20 \pm 0.06)$  cm,压缩值为 $(124.76 \pm 1.68)$  kg,恢复系数为 $(0.528 \pm 0.005)$ 。长柄曲棍球的质量、圆周长与压缩值均显著小于棒球,恢复系数则显著大于棒球( $P < 0.05$ )。**结论** 长柄曲棍球的物理特性虽符合国际标准规范,但长柄曲棍球与棒球一样都有造成严重运动伤害的风险。建议可依据年龄与技巧进行球体分级,给予不同等级的选手使用,以降低运动受伤风险。

**关键词:** 长柄曲棍球; 棒球; 压缩值; 恢复系数

中图分类号: R 318.01 文献标志码: A

DOI: 10.3871/j.1004-7220.2016.05.449

## Physical characteristics related to potential sports injuries: Comparison of lacrosse ball and baseball

CHUANG Wei-an<sup>1</sup>, YANG Wen-wen<sup>1</sup>, CHEN Wei-han<sup>2</sup>, SU Chia-feng<sup>3</sup>, LIU Chiang<sup>3</sup>

(1. *Physical Therapy and Assistive Technology, National Yang-Ming University, Taipei 11221, China*;  
2. *Department of Physical Education, National Taiwan Normal University, Taipei 10610, China*; 3. *Institute of Sports Equipment Technology, University of Taipei Graduate Institute, Taipei 11100, China*)

**Abstract:** **Objective** To study the differences in physical characteristics of lacrosse balls and baseballs, so as to investigate the potential sports injuries caused by lacrosse balls. **Methods** Twelve lacrosse balls and 12 baseballs were used as testing samples. All testing balls were under conditioning control for 24 h to make sure temperature and humidity were consistent before measurement. The physical characteristics such as ball weight, circumference, compression-displacement and restitution coefficient were measured, respectively. Independent-sample *t*-test was used to compare the differences in lacrosse balls and baseballs. **Results** The lacrosse ball weighted  $(144.65 \pm 0.29)$  g, and its circumference, compression-displacement, and restitution coefficient were  $(19.97 \pm 0.02)$  cm,  $(91.76 \pm 1.23)$  kg and  $(0.633 \pm 0.011)$ , respectively. The baseball weighted  $(146.12 \pm 0.45)$  g, and its circumference, compression-displacement and restitution coefficient were  $(23.20 \pm 0.06)$  cm,  $(124.76 \pm 1.68)$  kg, and  $(0.528 \pm 0.005)$ , respectively. The lacrosse balls are significantly smaller in weight, circumference and compression-displacement than the baseballs ( $P < 0.05$ ). The restitution coefficient was sig-

收稿日期:2015-12-31; 修回日期:2016-03-13

基金项目:行政院国家科学委员会应用型产学合作研究计划(NSC 102-2622-H-845-001-CC3)。

通信作者:刘强,教授, E-mail: chiangliu1974@yahoo.com.tw。

nificantly greater than baseballs ( $P < 0.05$ ). **Conclusions** The physical characteristics of lacrosse balls are in compliance with international standard. However, lacrosse balls have the same risk of causing serious injuries as baseballs. To reduce the risk of sports injuries, it is recommended that the specification of lacrosse balls need to be classified for different age and skill levels.

**Key words:** Lacrosse ball; Baseball; Compression-displacement; Restitution coefficient

在球体飞行速度极快的运动项目中,如长柄曲棍球、棒球、垒球等,除身体碰撞之外,球体撞击是导致重大伤害的主因之一。其中,长柄曲棍球又称为网棒球、袋棍球、网袋球或兜网球,在近年快速流行成长,参与长柄曲棍球运动而受伤的人也随之增加。但相较于发展已久的棒、垒球运动,有关长柄曲棍球球体造成伤害的潜在风险研究相对较少。长柄曲棍球比赛时,球体飞行速度有如棒球球体一样极快,可高达 145 km/h;加上球员可利用身体来阻挡对方传接与射门得分,故被高速球击中而受伤的机率极高<sup>[1-2]</sup>。研究显示,长柄曲棍球运动的伤害中,头部与脸部为最频繁的受伤部位;而头部与脸部的伤害中,头部、眼睛、鼻子各占 36%、23%、18%<sup>[2]</sup>,其中 37% 是因为被球击中而造成的伤害<sup>[3]</sup>,表明赛场上球体撞击是造成伤害的主要原因之一。

球体撞击的伤害性非同小可,若是在球体过硬或过小等条件下击中人体要害,球员即使穿戴护具,也有穿透而提高致命性伤害的风险。例如:球体直接撞击胸前时,可能发生心脏震荡引发心室纤维性颤动,进而造成选手猝死的意外;Weinstock 等<sup>[4]</sup>研究发现,选手即使穿戴护胸,也不能有效避免心脏震荡的发生。French 等<sup>[5]</sup>以 3 名长柄曲棍球选手的伤害报告为例,虽然选手穿着的面罩包含下颚部分,但在运动过程中由于头部与脖颈的活动,仍然会有颈部外露的可能,选手被球体在高速下击中颈部喉咙导致骨折,故希望提高这种潜在伤害的关注,也突显出对于球体物理特性的重要性。

球体的物理特性通常包括质量、圆周、压缩值与恢复系数 4 个项目,皆与球体造成的伤害息息相关<sup>[6]</sup>。由物理学可以发现,球体撞击时的能量来自于质量与速度,质量越大或是速度越快,球体也就具有更大的能量,造成撞击时产生较严重的伤害。圆周与球体大小相关,球体越小撞击时接触面积减少,可能造成撞击时单位面积须承受更大的力量,故球体太重或太小皆有可能提升伤害的严重性。此外,

球体撞击过程中会发生两种现象,其一是球体的压缩,其二是球体的恢复反弹。压缩值代表球体软硬程度,与球体撞击人体后的伤害程度有关。过去研究曾通过模拟方式发现,若将棒球球体改良成相对传统棒球较轻且软的球体特性,可降低与球体撞击后所造成伤害程度<sup>[7-9]</sup>;Vinger 等<sup>[8]</sup>则进一步建议青少年棒球球员应使用硬度较小的棒球球体,可以降低头部或眼部被击中时的伤害严重性;球体硬度与心脏震荡的直接关系也已经被证实,若使用硬度较低的球,可降低致命性心律失常的发生机率<sup>[10-11]</sup>。因此,球体的压缩值与选手使用时的安全性有极大的关系。

恢复系数代表球体在撞击后的反弹速度。简单来说,恢复系数越大,代表球体反弹的速度越快,飞行的速度越快,一方面影响到的是球员撞击伤害风险,另一方面则是比赛的精彩程度。Nicholls 等<sup>[12]</sup>模拟得到木棒与软球最慢的回击球速度为 46 m/s,但 Heald 等<sup>[6]</sup>和 Viano 等<sup>[13]</sup>的研究结果指出,人体头骨在回击球速度 26.2 m/s 的情况下就会发生骨折。Goldenberg 等<sup>[2]</sup>研究发现,长柄曲棍球运动在长传时可能导致头部与脸部的撞击伤害,原因除了运动员较差的判断力外,也可能因球棒紧绷的网袋造成球反弹而击中球员脸部。因此,若球体恢复系数太大,除了增加伤害的严重性外,选手受伤的风险也随之提升。

从事任何运动时,安全性为重要的考虑因素之一,使用的器材更须以安全为第一考量,以维护使用者权益,并避免发生致命性伤害<sup>[9,14]</sup>。要减少球体运动的碰撞性伤害,除了从选手自身训练与正确观念灌输着手外,球体性质的了解更是另一个重点方向。尤其在长柄曲棍球运动中,球体为造成伤害可能性极高的器材<sup>[1-2]</sup>,其质量、圆周、压缩值与恢复系数是撞击力、球体软硬程度与回击球速度的主要影响因素,直接影响伤害的严重性与风险<sup>[6,8,9,13]</sup>。因此,本研究通过测量长柄曲棍球与棒球球体的物理

特性,探讨长柄曲棍球球体造成伤害的潜在风险。

## 1 方法

### 1.1 实验流程

所有实验球体于检测前皆通过环境控制,使球体温湿度一致,再进行长柄曲棍球与棒球球体物理特性的测量,记录质量、圆周、压缩值与恢复系数。

### 1.2 实验球体

由台湾健乐有限公司提供长柄曲棍球及世界棒球联盟(World Baseball Softball Confederation, WBSC)提供比赛用棒球各12颗为实验球体。

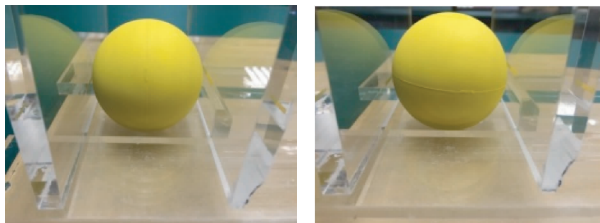
### 1.3 环境控制

为避免测试球体的温湿度影响测试结果,将待测试的球体于测试前24 h放入温度( $22 \pm 2$ ) $^{\circ}\text{C}$ 、湿度( $50 \pm 20$ )%的恒温恒湿室,以控制球体的温湿度,于24 h后记录温湿度,进行各项目测试。

### 1.4 物理特性的测量

**1.4.1 质量** 使用可提供最小灵敏度1.42 g的电子磅秤(MS1602S)测量球体质量,于测量一次后记录数值,每颗球体均测量3次,并将3次测量值平均作为球体质量的数值,单位为g。

**1.4.2 圆周** 长柄曲棍球为测量球体水平(标记上)、垂直(接合线)的直径(见图1),共两个位置各测量两次;棒球则测量球体缝线间与缝线上的直径(见图2),共4个位置各测量3次。取平均值作为此球体直径,再将直径乘以圆周率( $\pi = 3.141\ 592\ 654$ )作为此球体圆周长,单位为cm。



(a) 水平位

(b) 垂直位

图1 长柄曲棍球直径测量位置

Fig.1 Measuring position for diameter of the lacrosse ball

(a) Horizontal position, (b) Vertical position

**1.4.3 压缩值** 参照美国材料测试学会(American Society for Testing and Materials, ASTM)



(a) 缝线间



(b) 缝线上

图2 棒球直径测量位置

Fig.2 Measuring position for diameter of the baseball

(a) Horizontal position, (b) Vertical position

ASTM F 1888-09<sup>[15]</sup>规定的棒球压缩形变标准测试方法,以万能试验机(MTS FISE, Sinodynamics Enterprise Co., Ltd.)进行测试。长柄曲棍球需先计算25%的球体直径,将球体放置在两片钢板之间,球体放置方式为接缝线平行于底下钢片,预压值少于23 g,而后再进行垂直加压至25%的球体直径距离时停止;棒球则压缩球体缝线间的位置[见图2(a)],将球体放置在两片钢板之间,球体放置方式为接缝线垂直于底下钢片,预压值约为1.814 kg,而后再进行垂直加压球体至6.35 mm的压缩量时停止,皆使用负荷传感器(1020AF-125KN-B, Interface公司,美国)记录当时的压缩值,单位以kg记录。

**1.4.4 恢复系数** 参照ASTMF1887-09<sup>[16]</sup>的棒球恢复系数标准测试方法。使用双滚轮式发球机(SR3616-681-7, JUGs公司,美国)控制测试时的发球速度为( $97 \pm 3$ )% km/h 撞击高度离地面120 cm;球体出速度与入射速度以光闸式速度感应系统(Model 57 Infrared Ballistic Screens, Oehler Research公司,美国)测量,设置规格为撞击面到第1片测速光闸为30.48 cm,第1~第2片测速光闸为30.48 cm;发球机与撞击面距离为243.3 cm(规范须小于243.84 cm,见图3),使球体可撞击于撞击钢板中心15.24 cm的范围内,并反弹经过第2片测速光闸中心的30.48 cm范围内。每一颗球体测量6次,且每次测试间隔30 s以上,而后将球体每次的出速度除以入射速度,并将6次比值平均,最后记录测试的平均值为其恢复系数。

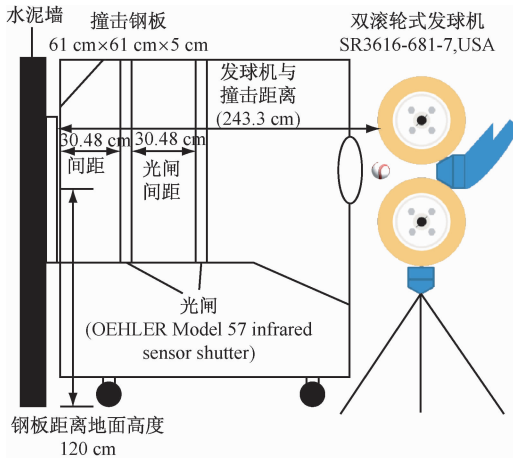


图3 恢复系数测试示意图

Fig.3 Schematic diagram for testing of restitution coefficient

### 1.5 检测项目的信效度

测量方法皆依据美国国家运动器材标准执行委员会(National Operating Committee on Standards for Athletic Equipment, NOCSAE)<sup>[17]</sup>制定的NOCSAE DOC 049-14m15<sup>[18]</sup>规范,已进行检测信效度分析,包含施测者间信度(inter-rater reliability)检测法、再测信度检测法(test-retest method)及效标效度检测法,分别检测人与人之间的客观评定信度、次与次的再测信度及测量结果的精准度,效标效度检测法是以美国国际级检测实验室南方冲击研究中心(Southern Impact Research Center, SIRC)作为比对象标,以组内相关系数分析(intra-class correlation coefficient, ICC)进行信度与效度考验。结果表明,本研究的测量具有高信度与效度<sup>[19]</sup>。

### 1.6 统计分析

使用SPSS 17.0统计软件包进行独立样本 $t$ 检验,比较长柄曲棍球与棒球质量、圆周、压缩值及恢复系数的差异, $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

## 2 结果

由表1可知,长柄曲棍球球体质量为 $(144.65 \pm 0.29)$  g, 圆周为 $(19.97 \pm 0.02)$  cm, 压缩值为 $(91.76 \pm 1.23)$  kg, 恢复系数为 $(0.633 \pm 0.011)$ 。与棒球比较发现,长柄曲棍球球体质量少1.47 g(约差1.0%),圆周少3.23 cm(约差13.9%),压缩值

少33 kg(约差26.5%),恢复系数为0.085(约差16.1%)。图4所示为长柄曲棍球与棒球压缩过程中的压缩值变化情形。以独立样本 $t$ 检验比较长柄曲棍球与棒球的差异,结果表明,两者的重量、圆周、压缩值与恢复系数的差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。

表1 长柄曲棍球与棒球球体物理特性之比较

Tab.1 Comparison of physical characteristics between lacrosse and baseball

参数	长柄曲棍球	棒球	差异/%
质量/g	144.65 ± 0.29	146.12 ± 0.45	-1.0
圆周/cm	19.97 ± 0.02	23.20 ± 0.06	-13.9
压缩值/kg	91.76 ± 1.23	124.76 ± 1.68	-26.5
恢复系数	0.613 ± 0.003	0.528 ± 0.005	16.1

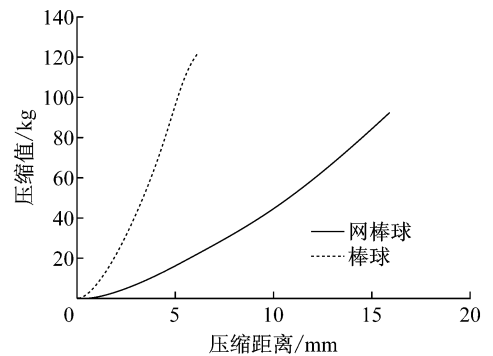


图4 长柄曲棍球与棒球压缩测试的力量变化

Fig.4 Force changes in compression-displacement testing on lacrosse ball and baseball

表2所示为检测项目的信效度结果,表明本实验室的测量具有高信度与效度<sup>[19]</sup>。

表2 检测信效度<sup>[19]</sup>Tab.2 Detection of reliability and validity<sup>[19]</sup>

测试项目	施测者间信度	再测信度	效标效度
质量	0.999	0.996	0.999
圆周	0.917	0.839	0.873
压缩值	—	0.815	0.820
恢复系数	—	0.825	0.899

## 3 讨论

本研究主要通过了解长柄曲棍球与棒球球体的物理特性,探讨长柄曲棍球球体造成伤害的潜在风

险。虽然球体在比赛中的状态不尽相同,但此两种运动皆属于球体飞行速度相当快的运动,NOCSAE 也对其有相同的物理特性规范,包含质量、圆周、压缩值与恢复系数 4 个项目。通过与发展已久的棒球比较,了解新兴长柄曲棍球运动球体存在的伤害风险。

确认球体质量与圆周在标准安全规范中可预防选手反复使用所造成的过度疲劳的发生。棒球球体质量虽然仅有 145 g,但投手在长期进行反复投掷的动作下,不断累积上肢的负荷,若没有足够的肌力与休息时间,容易提高选手受伤率<sup>[20]</sup>。根据 Fleisig 等<sup>[21]</sup>的研究发现,球体质量与投手投掷时的肩肘关节力矩有关,投掷较轻的球体会产生较小的肩、肘关节力矩,可预防投手因重复性投掷导致肩、肘关节累积的伤害。反之,球体质量过大,可能造成选手产生较大的上肢负荷与增加受伤的风险。虽然长柄曲棍球球体质量在统计上显著小于棒球,但两种球体实际平均质量只相差 1.47 g,较棒球质量约减少 1%,在这微小的差异下,尽管长柄曲棍球运动是手持顶端具有网状袋子的球棍进行传球与射门的动作,若球体质量过大时,亦可能与棒球球体有相同的效应,产生较大的上肢负荷与增加受伤的风险。

而球体除了会造成选手上肢伤害外,心脏震荡是长柄曲棍球、棒球与垒球中危险性极高的伤害,并有可能造成死亡。球体的撞击接触面积、撞击的速度与力量及球体的硬度皆为发生心室震荡的影响因子<sup>[22-24]</sup>,其中较硬、较小的球体最有可能造成心脏震荡的危害,故与球体大小有关的圆周就相当重要,而长柄曲棍球球体的圆周约为 19.97 cm,显著小于棒球。球体越小撞击时接触面积也减少,长柄曲棍球圆周小于棒球 13.9%,在相同力量下,单位面积所承受的压力相对增加。因此,球体质量与圆周需严格控制,确认其符合标准规范,避免无形中累积的疲劳伤害与心脏震荡的发生,而长柄曲棍球的圆周大小是否适宜,值得观察与研究。

球体的压缩值与球体撞击人体后的伤害程度有关。本研究发现,长柄曲棍球球体的压缩值约为 91.76 kg,标准规范的压缩值为 49.9 ~ 95.25 kg,而目前棒球规范 ND 027—12m15 已将压缩值依据年

龄或技巧分成初级、中级、高级等 3 个等级(分别为小于 20.41 kg、34.02 ~ 68.04 kg、90.72 ~ 158.76 kg)<sup>[25]</sup>。长柄曲棍球球体也是造成伤害的主因之一,其压缩值虽显著小于棒球,约减少棒球硬度 26.5% 的差异,却仍属于棒球的最高级,仍有可能造成撞击伤害,却没有针对球体进行分级给予不同年龄或技巧的选手使用。既往研究曾以模拟方式获得棒球球体造成伤害程度的差异,若将棒球球体改良成相对传统棒球较轻且软的球体特性,可降低与球体撞击后所造成伤害程度<sup>[7-9]</sup>;如以铝罐、蚌壳及玻璃餐盘进行骨折仿真,将不同软硬程度的棒球从 1.5 m 高处落下,观察铝罐减少高度、蚌壳与玻璃餐盘粉碎频率,发现较软的棒球破坏程度明显降低<sup>[9]</sup>;Vinger 等<sup>[8]</sup>则进一步建议青少棒球员应使用硬度较小的棒球球体,以降低头部或眼部被击中时的伤害严重性;球体硬度与心脏震荡的直接关系也已经被证实,若使用硬度较低的球,可降低致命性心律失常的发生频率<sup>[10-11]</sup>。由上述研究结果可知,球体的压缩值与选手使用时的安全性有极大关系,因此,建议长柄曲棍球球体也可依据年龄与技巧的差异,针对球体的压缩值进行分级使用,降低选手被球击中后的伤害程度与避免心脏震荡发生的风险。

恢复系数代表球体在撞击后的反弹速度。本研究发现,长柄曲棍球球体的恢复系数约为 0.613,标准规范的恢复系数为 0.6 ~ 0.7,显著快于棒球的回击球速度 16.1%。蒋泉等<sup>[26]</sup>利用棒球与球棒在不同速度下撞击击球甜区与碰撞中心两点,结果发现,回击球速度主要受球体本身恢复系数的影响,而非球体撞击位置。虽然长柄曲棍球的主要动作为利用球棍进行带球、传球与射门的动作,不会使用球棍来击球,但 Goldenberg 等<sup>[2]</sup>研究表明,长柄曲棍球运动在长传时可能导致头部与脸部的伤害,原因除了运动员的判断能力下降外,也可能因球棒紧绷的网袋造成球体近距离撞击反弹而击中球员脸部。因此,与球体反弹速度有关的恢复系数仍需特别注意,以避免选手因反应不及所造成的撞击伤害。此外,长柄曲棍球比赛时,球体飞行速度可达 145 km/h,而 Heald 等<sup>[6]</sup>和 Viano 等<sup>[13]</sup>利用尸体的实验结果显

示,人体头骨在回击球速度 26.2 m/s 的情况下就会发生骨折。尽管长柄曲棍球运动需穿着许多保护装置,如安全帽、面罩、身体护具、手套等,以降低严重或是致命运动伤害风险,如脑震荡、骨折甚至当场死亡等<sup>[3,27-28]</sup>,但仍有未能完全保护的地方,如被长柄曲棍球球体在高速下击中颈部喉咙造成骨折的严重伤害<sup>[5]</sup>。因此,球体恢复系数必须严格规范,以避免球体反弹速度过快,使选手反应不及而产生伤害。

## 4 结论

本研究结果显示,长柄曲棍球的物理特性虽符合国际标准规范,但长柄曲棍球与棒球一样都有造成严重运动伤害的风险。近年长柄曲棍球运动快速流行成长,参与人数也相对增加,但目前长柄曲棍球球体只有单一规范,建议可参考NOCSAE棒球的规范,特别是球体的压缩值可依据年龄与技巧分成低(20.41 kg)、中(34.02 ~ 68.04 kg)、高(90.72 ~ 158.76 kg) 3个等级,给予不同等级的选手使用,以降低运动受伤的严重性。

**致谢:**感谢台湾健乐有限公司对本研究的经费支持。

## 参考文献:

- [1] DIAMOND PT, GALE SD. Head injuries in men's and women's lacrosse: A 10 year analysis of the NEISS database [J]. *Brain Injury*, 2001, 15(6): 537-544.
- [2] GOLDENBERG MS, HOSSLER PH. Head and facial injuries in interscholastic women's lacrosse [J]. *J Athl Training*, 1995, 30(1): 37-41.
- [3] LINCOLN AE, HINTON RY, ALMQUIST JL, *et al.* Head, face, and eye injuries in scholastic and collegiate lacrosse: A 4-year prospective study [J]. *Am J Sports Med*, 2007, 35(2): 207-215.
- [4] WEINSTOCK J, MARON BJ, SONG C, *et al.* Failure of commercially available chest wall protectors to prevent sudden cardiac death induced by chest wall blows in an experimental model of commotiocordis [J]. *Pediatrics*, 2006, 117(4): e656-e662.
- [5] FRENCH C, KELLEY R. Laryngeal fractures in lacrosse due to high speed ball impact [J]. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg*, 2013, 139(7): 735-738.
- [6] HEALD JH, PASS DA. Ball standards relevant to the risk of head injury: Head and neck injury in sports [J]. *ASTM*, 1994, STP 1229: 223-238.
- [7] CRISCO JJ, HENDEE SP, GREENWALD RM. The influence of baseball modulus and mass on head and impact: A theoretical study [J]. *Med Sci Sports*, 1997, 29(1): 26-36.
- [8] VINGER PF, DUMA SM, CRANDALL J. Baseball hardness as a risk factor for eye injuries [J]. *Arch Ophthalmol*, 1999, 117(3): 354-358.
- [9] YAMAMOTO LG, INABA AS, OKAMURA DM, *et al.* Injury reduction and bounce characteristics of safety baseballs and acceptability by youth leagues [J]. *Clin Pediatr*, 2001, 40(4): 197-203.
- [10] LINK MS, WANG PJ, PANDIAN NG, *et al.* An experimental model of sudden death due to low-energy chest-wall impact (commotiocordis) [J]. *N Engl J Med*, 1998, 338(25): 1805-1811.
- [11] LINK MS, MARON BJ, WANG PJ, *et al.* Reduced risk of sudden death from chest wall blows (commotiocordis) with safety baseballs [J]. *Pediatrics*, 2002, 109(5): 873-877.
- [12] NICHOLLS RL, MILLER K, ELLIOTT BC. A numerical model for risk of ball-impact injury to baseball pitchers [J]. *Med Sci Sports*, 2005, 37(1): 30-38.
- [13] VIANO DC, MCCLEARY JD, ANDRZEJAK DV, *et al.* Analysis and comparison of head impacts using baseballs of various hardness and a hybrid III dummy [J]. *CLIN J SPORT MED*, 1993, 3(4): 217-228.
- [14] 刘宇, 相子元. 有关运动器材之安全、质量标示与规范之研究[R]//行政院体育委员会委托之专题研究成果报告(编号: Ncpts-Fac-091-001). 2002.
- [15] ASTM F 1888-09. Standard test method for compression-displacement of baseballs and softballs[S]. USA: American Society for Testing and Materials, 2009.
- [16] ASTM F 1887-09. Standard test method for measuring the coefficient of restitution (COR) of baseballs and softballs[S]. USA: American Society for Testing and Materials, 2009.
- [17] National Operating Committee on Standards for Athletic Equipment (NOCSAE) [EB/OL]. <http://nocsae.org/>.
- [18] NOCSAE DOC 049-14m15. Standard performance specification for newly manufactured youth baseballs[S]. USA: National Operating Committee on Standards for Athletic Equipment, 2015.

- [19] 庄惟安, 苏家锋, 陈韦翰, 等. 国际标准规范网棒球球体检测构建与信效度检验[J]. 华人运动生物学期刊, 2016, 13(1): 40-46.
- [20] COLLINSCL, COMSTOCK RD. Epidemiological features of high school baseball injuries in the United States [J]. Pediatrics, 2008, 121(6): 1181-1187.
- [21] FLEISIG GS, PHILLIPS R, SHATLEY A, et al. Kinematics and kinetics of youth baseball pitching with standard and lightweight balls [J]. Sports Eng, 2006, 9(3): 155-163.
- [22] MARON BJ, ESTES III NM. Commotio cordis [J]. N Engl J Med, 2010, 362(10): 917-927.
- [23] BRYANT FO, BURKETT LN, CHEN SS, et al. Dynamic and performance characteristics of baseball bats. Research Quarterly [J]. AAHPERD, 1977, 48(3): 505-509.
- [24] LINK MS, WANG PJ, PANDIAN NG, et al. An experimental model of sudden death due to low-energy chest-wall impact (commotio cordis) [J]. N Engl J Med, 1998, 338(25): 1805-1811.
- [25] NOCSAE DOC 027-12m15. Standard performance specification for newly manufactured lacrosse ball [S]. USA: National Operating Committee on Standards for Athletic Equipment, 2015.
- [26] 蒋泉, 许薇, 龚江泳, 等. 棒球击球碰撞过程中的动力学分析[J]. 医用生物力学, 2010, 25(5): 375-379.
- JIANG Q, XU W, GONG JY, et al. Dynamic analysis on impacting during baseball batting [J]. J Med Biomech, 2010, 25(5): 375-379.
- [27] HALL C, FRIEL K, DONG M, et al. Epidemiology of injuries in the elite level female high school lacrosse player [J]. Res Sports Med, 2013, 21(3): 229-239.
- [28] MARON BJ, POLIAC LC, KAPLAN JA, et al. Blunt impact to the chest leading to sudden death from cardiac arrest during sports activities [J]. N Engl J Med, 1995, 333(6): 337-342.

• 致读者 •

## 关于论著文稿中中、英文摘要的书写要求

文摘是以提供文献内容梗概为目的、不加评价和解释、简明确切地记述文献重要内容的短文。摘要应具有自明性和独立性,并拥有与一次文献同等量的主要信息。即不阅读全文就能获得必要的信息。它的详简程度取决于文献的内容,通常中文文摘以不超过400字为宜。应以第三人称的语气书写。不要使用“本人”、“作者”、“我们”等作为陈述的主语。

摘要的内容应包括四个要素,即目的、方法、结果、结论。(1)目的:指研究的前提和缘起,即为什么要作此项研究,可以有简单的背景材料。(2)方法:指研究所用的原理、对象、观察和实验的具体方法等。(3)结果:指研究的结果、效果、数据等,着重反映创新性的、切实可行的成果,包括本组研究中的重要数据。(4)结论:指对结果进行综合分析,逻辑推理得出的判断。有的可指出实用价值和推广价值;如有特殊例外的发现或难以解决的问题,可以提出留待今后深入探讨。英文摘要的内容与中文摘要的内容要求大体一致。

英文摘要要求做到语法正确,用词准确,与中文摘要对应,方法、结果可略详于中文摘要。

本刊编辑部