

基于有限元仿真计算壮拳运动员手关节损伤的力学分析与预防

前言

壮拳作为在广西壮族地区流传的一种具有民族特色的体育项目，是壮族传统体育非物质文化遗产。壮拳技法强调手的使用，特别是在单人练习打沙袋、木桩中或是双人对练中会出现受伤的情况。本文基于有限元仿真软件 Ls-dyna 数值模拟和计算，模拟分析运动员练习壮拳时手关节的受伤，并提出预防建议。

关键词

Ls-dyna；壮拳；手关节；分析；预防

壮族是中国人口最多的少数民族之一，根据 2010 年全国第六次人口普查数据显示，我国壮族人数约 1 693 万人。壮拳是广西壮族地区出现的壮族武术，有着源远流长的历史，最远可以追溯到秦汉时期的骆越西瓯。壮族武术的产生与发展，既受到社会环境的影响，同时与壮族地区的气候、地貌等地域文化有着直接的渊源^[1]。

作为壮民族文化瑰宝与实践载体，壮拳起源于壮族农民耕作，在古代战争中盛行，历经大大小小的战争洗礼，拳术极具杀戮性。壮拳具有动作粗犷、形象朴实、功架沉实稳健、拳法刚烈、步法稳固、动作紧凑的特点，内容极其丰富，有壮拳套路 35 个、器械 14 个、对练套路 2 个，具有典型代表的有擒功大王拳、霸王锤、梅花椿拳、八卦榔棍对练等等^[2]，招式多为象形动作，通俗易懂易掌握，且具有较强的节奏感，体现了鲜明的民族特点和翻腾不息的内在功力，长期练习，可以增强体质。壮拳被广西壮族自治区定位民族传统武术保护与传承的重点项目，流传至今已经拥有一套完整的体系。

运动损伤指运动过程中发生的各种损伤，手在壮拳运动中扮演着重要的角色，运动员练习壮拳时出现的损伤一般为手关节负荷过大所致，特别是在双人对练或是单人练习打沙袋、木桩中的撞击会出现手关节损伤。在现阶段，科学技术发展迅速，借助仿真模型对壮拳技术动作进行模拟测试分析，既可以加深练习者对技术动作的认识，也能够改进壮拳技术动作的训练方法和预防损伤的发生^[3]。

文中计算的仿真模型用有限元求解软件 LS-dyna 建立，通过模拟单人练习击打沙袋时的力度进行仿真计算，分别计算得出正常击打力数值和极限击打力数值（即导致手腕骨折的极限击打力数值），采取科学的手段对练习壮拳时手关节的受伤进行预防。

1 壮拳击打假人简介

假人是为了模拟真人在碰撞中受伤的情况，因此我们就要求假人在最大程度上能和真人相似，特别是在体态特征和伤害指标方面。为使假人各部位特性接近实际人体，其制作材料种类众多，比如胸腔是钢制的，肩胛骨是铝制的，假人的皮肤是采用硅胶材料制成的。

考虑练习壮拳人群身材规格的差异，Hybrid III 系列成年假人包含：

- 1.5 百分位女性代表身高 148cm 和体重 56kg 的矮小身材；
2. 50 百分位男性代表身高 177cm 和体重 86kg 的中等身材；
3. 95 百分位男性假人代表身高 188cm 和体重 108kg 的大型身材。



图 1 50 分位 Hybrid III 假人



本文选取并使用(图1)的Humanistic 8.01版本的50分位假人Hybrid III来进行有限元仿真模拟和Ls-dyna软件计算。

2 壮拳运动员伤害仿真分析

2.1 壮拳击打仿真模型

沙袋,是练习拳术最好的训练伙伴。在练习壮拳的过程中,运用得当会提升出拳的速度与力量,反之容易出现损伤,不利于身心健康^[4]。击打沙袋运用的是快速力量,德国研究人员把快速力量定义为神经肌肉系统在一定的时间内产生尽可能高冲量的能力^[5],其中俗称的“爆发力”是快速力量的一种表现形式。试验假人手臂以向左3米/秒初速度击打沙袋,用于考察假人的损伤情况,如(图2)所示。



图2 运动员击打沙袋



图3 Hybrid III假人

在击打试验中,沙袋位置放置一个Hybrid III型50%男性假人,如(图3)所示,用以测量假人受伤情况。

2.2 仿真描述

仿真模型中主要包括:Hybrid III假人、沙袋,如(图4)所示。



图4 仿真建模

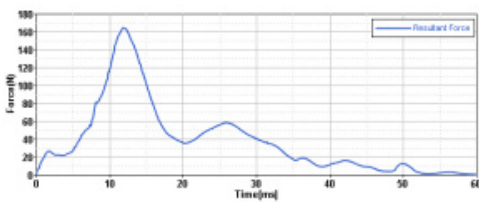


图5 击打力图

仿真模型中,沙袋吊绳上方,建立钢性片并约束X、Y、Z(旋转、平移)作为约束条件。

假人左手臂施加速度载荷,取击打试验中左手臂与沙袋接触力的数值做为仿真模型的加载脉冲,如图5所示。

2.3 问题说明和分析

在击打试验中,手臂以向左33米/秒初速度时假人受力数值约为160N,该击打力情况下,假人的手部关节正常,如图6所示。

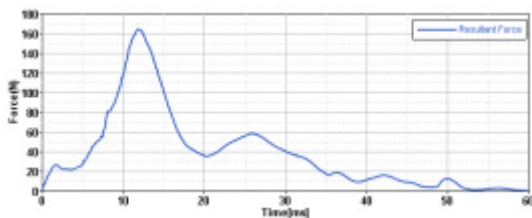


图6 3m/s 初速度击打力图

在给予手臂乘以3倍初速度载荷时,假人受力试验值约为620N,如图7所示。手腕受力超过人体承受安全限值,造成假人手臂受到较大伤害,会导致手腕处骨折,如图8所示。

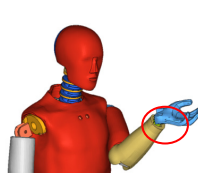


图7 9m/s 初速度击打力图

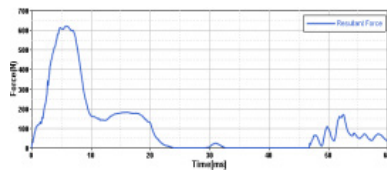


图8 9m/s 速度击打力手部骨折

3 壮拳运动员手关节损伤分析

人体关节长时间进行大负荷运动或瞬间关节负荷过大会导致肌肉变僵硬、收缩能力下降且过度疲劳,再加上运动动作姿势不正确造成运动性损伤,也与运动员自身的身体素质较差、自我保护能力不够强有关,影响人体关节运动功能与日常的生活^[6],这些也是构成了壮拳运动员在单人练习打沙袋、或是双人对练中会出现手关节受伤的主要原因。手是人体的重要组成部分,是日常中使用最多的部位。对于壮拳运动员而言,在练习壮拳技法的时候,手关节力量短时间爆发,当手关节难以承受击打沙袋、木桩或对手的相应运动负荷或因击打后的作用力无法完成技术动作时^[7],易出现骨折、扭伤、肌肉拉伤、脱臼等运动损伤。此外,壮拳运动员手关节的损伤还会受到身体热身准备不充分、练习注意力不集中、场地器械温度等因素的影响。

4 壮拳运动员手关节损伤预防

4.1 思想重视,做好准备活动

在练习壮拳击打沙袋或对练之前,对运动员加强安全教育,在安全第一的指导思想上做好热身准备活动。自噬是调控人体机体的一种应激与防御机制,据研究表明有氧运动能明显改善人体各关节部位卫星细胞自噬水平,维持肌肉质

量。在进行手关节打沙袋练习前,应该通过充分的热身与准备活动,最大限度提高身体每个关节的灵活度与柔韧性,如采用跑步、热身操等确保身体的每个关节与肌肉达到最佳运动状态,人体从静止状态到运动状态有一个过渡时期,而热身与准备活动就是这个过渡时期。

4.2 加强身体素质训练

每项运动都有其特点与优势,每个联系着的身体素质也不相同。在练习壮拳技法中,除了做好热身准备活动外,还需要个人加强自身的身体素质训练,适当增加肌肉训练,确保关节具有良好的稳定性,逐渐延长运动时间,如采用器械的杠铃训练或无器械的俯卧撑增加手关节的力量。

4.3 规范技术动作

运动技术是完成体育动作的方法,同时也是决定运动员竞技能力水平的重要因素,如果在练习体育技术动作之时出现错误或是不规范,会破坏正常的人体的生理结构,不及时更正会导致身体机能受损造成运动损伤。在参加壮拳练习的初期,运动员应严格按照规范动作进行练习,循序渐进确保技术动作的准确性与稳定性,切记不可出现心急,以免发

生运动损伤。

4.4 合理安排练习的运动负荷

运动负荷是人体在运动时所能承受的最大负担量。在壮拳练习的过程中,要对照练习者自身身体素质安排合适的运动量,科学制定训练计划、方式以及穿戴专业的防护装备预防损伤,才能更好地达到锻炼效果。与此同时,还要在练习的过程中,针对身体状况来调整运动强度,适合调节练习负荷,避免在壮拳的训练练习中因过度负荷造成运动损伤。

5 结论

通过 Ls-dyna 软件计算模拟分析运动员练习壮拳时手关节的受伤,对于壮拳运动员而言,在练习壮拳技法的时候,手关节力量短时间爆发,当手关节难以承受击打沙袋、木桩或对手的相应运动负荷或因击打后的作用力无法完成技术动作时,易出现扭伤、肌肉拉手、脱臼、骨折等运动损伤,通过做好准备活动、加强身体素质训练、规范技术动作、合理安排练习的运动负荷等方式可以预防手关节运动损伤的发生。

文/陈东¹, 庞毅², 钟伟志¹, 黄健¹ (1. 桂林理工大学南宁分校, 广西南宁 530001; 2. 广西数仿科技有限公司, 广西柳州 545000)

基金项目: 2017 年度广西职业教育改革研究项目《少数民族传统体育项目融入高职体育教学的探索与实践——以壮拳为例》(GXGZJG2017A080)

作者简介: 陈东, 男, 广西博白人, 桂林理工大学南宁分校副教授, 在读博士, 研究方向: 大学体育教学、民族传统体育; 庞毅, 男, 广西博白人, 广西数仿科技有限公司高级工程师, 在读博士, 研究方向: 工程力学。

参考文献:

- [1] 唐明欢, 徐世军, 王晓晨. 壮族武术的历史追溯与文化意蕴[J]. 社会科学家, 2020(09):145-149.
- [2] 唐明欢. 壮拳传承治理特征、路径[J]. 四川体育科学, 2018, 37(03):99-101.
- [3] 李飞鹏. 武术腾空动作落地阶段致膝关节损伤的运动生物力学分析[J/OL]. 太原理工大学学报:1-5[2021-01-27]. <https://doi.org/10.16355/j.cnki.issn1007-9432tyut.2019.02.023>.
- [4] 言之. 沙袋 拳手最佳训练伙伴[J]. 拳击与格斗, 2017(09):66-69.
- [5] 德国体育科学百科词典第6版[M]. 1992: 369.
- [6] 白胜超, 高扬, 王博, 李俊平, 王瑞元. 针刺干预大负荷运动损伤模型大鼠骨骼肌线粒体功能的动态变化[J]. 中国组织工程研究, 2021, 25(23):3648-3653.
- [7] 李加鹏, 王嵘, 苏利强, 陈海春. 高校体育运动损伤现场救护技能教学研究[J]. 福建医科大学学报(社会科学版), 2020, 21(04):84-88.