

# 广东省优秀运动员免疫球蛋白指标 分布特征及其影响因素\*

张援<sup>1</sup>, 郜艳晖<sup>2</sup>, 宋爱晶<sup>1</sup>, 刘晴<sup>1</sup>

1. 广东省体育科学研究所 / 国家体育总局体能与训练适应控制系统重点实验室, 广东 广州 510663  
2. 暨南大学基础医学与公共卫生学院, 广东 广州 510632

**摘要:** 基于大样本探讨广东省优秀在训运动员长期高强度训练期间免疫球蛋白(Ig)水平(IgG、IgA、IgM)的分布特征及影响因素, 并建立相应的百分位数参考值和范围。选取2012—2019年广东省35个运动项目的优秀运动员共2 274名作为研究对象。采用单样本 $t$ 检验比较运动员与普通健康人群Ig水平, 两独立样本 $t$ 检验比较不同性别和运动类型的Ig水平, 以及单因素方差分析比较不同运动项群、季节和全运备战年份的Ig水平。应用广义估计方程分析Ig水平的影响因素。采用偏度系数-中位数-变异系数方法制定Ig水平的百分位数参考值和参考值范围。结果显示, 运动员IgG( $P<0.01$ )、IgA( $P<0.001$ )、IgM( $P<0.001$ )水平分别为(11.50±2.20)、(1.92±0.66)和(1.30±0.58) g/L, 均显著低于普通健康人群; 男性运动员的IgG、IgM水平均显著低于女性( $P<0.001$ ); 体能主导类运动员的IgG水平显著低于技能主导类运动员( $P<0.01$ ); 不同运动项群运动员的IgG( $P<0.001$ )、IgM水平( $P<0.01$ )分别有统计学差异; 不同季节运动员的IgG水平具有统计学差异( $P<0.05$ )。结果还显示, 性别( $P<0.001$ )、运动项群( $P<0.05$ )和季节( $P<0.01$ )是影响运动员IgG水平的关键因素; 性别( $P<0.001$ )和运动项群( $P<0.01$ )是影响运动员IgM水平的关键因素。此外, 运动员IgG、IgA、IgM水平95%参考值范围分别为7.34~16.56、0.82~3.47和0.46~2.91 g/L, 其中男性分别为7.34~15.71、0.88~3.47和0.46~2.27 g/L; 女性分别为7.96~16.56、0.82~3.36、0.63~2.91 g/L。本研究结果提示: 在对运动员开展免疫机能状态监控时需关注性别、运动项目、不同季节气候条件和温度对运动员免疫力的影响。本研究构建的运动员IgG、IgA、IgM指标百分位数参考值和参考值范围, 能更精准评估运动员的身体免疫机能状态, 为运动员的训练监控、免疫系统评估和营养调控提供科学依据。

**关键词:** 免疫球蛋白(Ig); 运动员; 训练监控; 参考值; 影响因素

中图分类号: G804.2; G808 文献标志码: A 文章编号: 2097-0137(2024)01-0078-08

## The distribution characteristics and influencing factors of immunoglobulin levels for elite athletes in Guangdong Province

ZHANG Yuan<sup>1</sup>, GAO Yanhui<sup>2</sup>, SONG Aijing<sup>1</sup>, LIU Qing<sup>1</sup>

1. Guangdong Provincial Institute of Sports Science / Key Laboratory of Fitness and Training Adaptation Control System, General Administration of Sport of China, Guangzhou 510663, China

2. School of Medicine, Jinan University, Guangzhou 510632, China

**Abstract:** Utilizing a large sample, this study aimed to explore the distribution characteristics and influencing factors of immunoglobulin (Ig) IgG, IgA and IgM during long-term high-intensity training for elite athletes in Guangdong Province, and to establish the corresponding percentile reference values and ranges. A total of 2 274 elite athletes from 35 sports events were recruited from 2012 to 2019. The  $t$ -test of one sample was utilized to compare Ig levels between athletes and the general healthy popula-

\* 收稿日期: 2023-07-10

录用日期: 2023-08-07

网络首发日期: 2023-10-11

基金项目: 广东省科技计划项目(2019B110210004, 2014A070705013)

作者简介: 张援(1967年生), 女; 研究方向: 运动营养、训练监控、运动健康管理; E-mail: sallyzhy@126.com

tion, while the *t*-test of two independent samples compared Ig levels across different gender and types of sports. Additionally, one-way ANOVA was used to compare Ig levels across different sports event-groups, seasons, and preparation years for National Games. The generalized estimating equation was applied to analyze the factors affecting athletes' Ig levels. The skewness-median-coefficient of variation method established the percentile reference values and ranges for Ig levels. The results indicated that the levels of IgG ( $P<0.01$ ), IgA ( $P<0.001$ ), and IgM ( $P<0.001$ ) in athletes were ( $11.50\pm 2.20$ ), ( $1.92\pm 0.66$ ), and ( $1.30\pm 0.58$ ) g/L respectively, significantly lower than those in the general healthy population. The levels of IgG and IgM in male athletes were significantly lower than those in females ( $P<0.001$ ). Athletes dominant in physical sports exhibited significantly lower IgG levels compared to those dominant in skill-based sports ( $P<0.01$ ). Distinct variances were observed in IgG ( $P<0.001$ ) and IgM ( $P<0.01$ ) levels among different sports event-groups, and in IgG levels across various seasons ( $P<0.05$ ). The results also indicated that gender ( $P<0.001$ ), sports event-groups ( $P<0.05$ ), and seasons ( $P<0.01$ ) were key factors influencing IgG levels, with both gender ( $P<0.001$ ) and sports event-groups being key influencing factors of IgM levels. Furthermore, the 95% reference range for athletes' IgG, IgA, and IgM were 7.34–16.56, 0.82–3.47, and 0.46–2.91 g/L respectively; for males, they were 7.34–15.71, 0.88–3.47, and 0.46–2.27 g/L, and for females, 7.96–16.56, 0.82–3.36, and 0.63–2.91 g/L. The research suggests that more attention should be paid to the individual evaluations of different gender and sports events, and the impacts of climatic conditions and temperature when monitoring of immune function status of athletes. The percentile reference values and ranges of IgG, IgA, and IgM levels obtained in this study can be accounted in accurately assessing the immune function status of athletes, providing scientific evidence for monitoring training, evaluating the immune system, and regulating nutrition in athletes.

**Key words:** immunoglobulin (Ig); athlete; training monitoring; reference values; influencing factors

运动训练可引起运动员机体免疫应激发生变化。大强度超负荷运动训练和紧张比赛均可能导致运动员免疫系统发生紊乱,增加运动员疾病易感性,影响运动员运动状态和成绩(Gleeson, 2006; Córdova et al., 2010; Chinen et al., 2016; Walsh, 2018; Simpson et al., 2020)。因此,在训练监控中加强运动员免疫学指标观察,科学评估运动员的机体免疫状态,对促进和保护运动员健康,保障运动员高效完成训练计划并在比赛中发挥出最好状态,具有重要的现实意义。

免疫球蛋白(Ig, immunoglobulin)是一类由B淋巴细胞分泌的具有抗体活性的,或化学性质与抗体相似能与抗原发生特异性结合的球蛋白,是免疫分子中重要组成部分,普遍存在于血液、组织液和外分泌液中。血清Ig指标包括IgG、IgA、IgM,其变化能非常敏锐地反映人体免疫水平状况(孙逊, 2022)<sup>35-37</sup>。

血清Ig指标由于检测简单快速、费用低和适用范围广,成为普通健康人群和运动员免疫机能状况评定以及训练监控的常用指标,也是评估诊断训练疲劳的重要依据。运动员尤其高水平运动

员,由于长期进行大强度和超负荷运动训练,其Ig水平与普通健康人群相比具有一定人群特征,提示可能存在较大差异(Mackinnon, 1997)。而目前用于评估运动员Ig状况的参考值范围,大多参照临床教科书或试剂说明书等提供的普通健康人群标准(谭琼, 2013; 李梦等, 2014),这些标准还可能因普通健康人群的地域、种族、社会环境、饮食习惯和遗传因素等影响存在一定差异(姜志勇等, 2009; 班永宏等, 2015; Bayram et al., 2019)。因此采用普通健康人群Ig标准评估运动员的免疫机能状况,可能无法真实反映运动员免疫水平,不利于科学训练监控,具有一定局限性。在实际工作中,面向高水平运动员开展下队科研服务实践,探讨影响运动员Ig水平的因素,并制定相应的参考值范围,非常有必要。

广东作为体育大省,运动员竞技体育水平在全国居于前列,运动项目分布广泛、涵盖面广、运动项群齐全,科研人员长期以来对运动员开展运动训练状态的精准监控和科学评估,有丰富的运动机能监控数据积累。基于运动免疫机能监控在科学训练中的重要性和必要性,本文开展了广东优秀运

动员Ig水平分布特点及其影响因素的研究,通过对广东省备战全运会优秀运动员历时8年的数据跟踪,系统探讨了性别、季节、运动类型、运动项群和备战周期等多种因素对运动员Ig水平的影响。数据采集时间长,采集样本量大,涉及运动项目多,研究采用偏度系数-中位数-变异系数(LMS, skewness-median-coefficient of variation)方法构建了广东省不同性别优秀运动员Ig水平百分位数参考值和参考值范围。

LMS方法可在考虑因变量的分布以及协变量对因变量分布的影响下,建立因变量参考值范围(Cole, 1990; Cole et al., 1992),已被学者应用于拟合特定性别年龄段人群健康指标(如肺功能、生长发育指标和握力等)参考值范围(江梅, 2013; 张楠, 2016; Ramírez-Vélez et al., 2019)。相比于正态分布方法或百分位数方法, LMS方法用于制定可能受多种因素影响的运动员Ig水平的参考值范围,可能更科学合理。本研究采用LMS方法建立运动员Ig参考值范围,有利于开展精准的个性化运动员Ig水平评估、监控和预警,帮助教练员和科研人员制定更加科学合理的训练计划以及营养调控方案,科技助力全运备战。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究对象

选取2012—2019年广东省队优秀在训运动员共2 274名(男性1 192名,女性1 082名)作为研究对象,运动员来自局直属各训练中心35个运动项目,在国际国内重要赛事取得优异成绩。经体检所有研究对象均无脑血管疾病、高血压以及心、肺、肝、肾等主要脏器疾病。

### 1.2 血清Ig测量和质量控制

抽取运动员晨起空腹静脉血液2~3 mL,凝固后离心10 min(3 000~3 500 r/min), 2 h内分离新鲜血清样本。采用Dimension Xpand Plus全自动生化分析仪(德国)比浊法测定,严格按照仪器要求设置参数,4 h内完成标本上机检测Ig。

所有质控品、定标液和检验试剂均采用仪器原装配套试剂,结果以g/L表示。实验室定期进行仪器保养维护,本研究所测Ig指标连年通过国家卫生健康委临床检验中心室间质量评价考试。所有标本均无脂血、溶血和黄疸情况。

### 1.3 数据清洗与处理

经数据清洗,2012—2019年检测2 274名运动

员血清Ig水平,共有6 339条测量数据记录纳入不同情况的统计分析。具体如下:

不同性别、运动类型和运动项群运动员Ig水平分析,以及Ig水平百分位数参考值和范围的拟合制定,均按每人1条数据记录处理。每名运动员在2012—2019年重复测量的数据,取其所有测试数据的平均值。期间共有2 274名运动员参与测试,数据清洗后,共计2 274条记录。

不同季节运动员Ig水平分析,按每季节每人1条数据记录处理。每名运动员同一个季节存在多次测量的观测,取其该季节所有测试数据的平均值。经统计,春季、夏季、秋季和冬季分别有1 229、1 048、623和1 046名运动员参与测试,数据清洗后,共计3 946条记录。

4年全运备战周期不同年份运动员Ig水平分析,按每年每人1条数据记录处理。每名运动员1年有多次测量的观测,取其当年所有测试数据的平均值。2012—2019年间每年分别有266、428、11、449、270、517、1 235和446名运动员参与测试,经数据清洗,共计3 622条记录。

### 1.4 数据统计方法

数据采用excel 2003软件系统录入,建立数据库。基于R i386 4.0.3软件进行数据清洗和统计分析。采用 $\bar{x}\pm SD$ 描述运动员的Ig水平。单样本 $t$ 检验比较运动员与普通健康人群的Ig水平;两独立样本 $t$ 检验比较不同性别和运动类型运动员的Ig水平;单因素方差分析比较不同运动项群、季节和全运备战年份的运动员的Ig水平。考虑到运动员重复测量Ig的非独立性,采用广义估计方程(GEE, generalized estimating equation)分析上述多个因素对运动员Ig水平的影响。采用LMS方法制定不同性别Ig水平的百分位数参考值和范围。

## 2 结果

### 2.1 运动员和普通健康人群Ig水平比较

与普通健康人群相比,运动员IgG(差值95% CI=-0.23~-0.05 g/L)、IgA(差值95% CI=-0.91~-0.85 g/L)和IgM(差值95% CI=-0.53~-0.48 g/L)水平差别均有统计学意义。运动员IgG、IgA和IgM异常分布比例分别为2.33%、2.24%和2.81%。结果见表1。

### 2.2 运动员Ig的影响因素分析

2.2.1 不同性别运动员Ig水平比较 本研究男运动员1 192名,占52.42%;女运动员1 082名,占47.58%。男运动员的IgG和IgM水平均低于女运动

员,且差别有统计学意义(IgG:差值95% CI=-0.86~-0.50 g/L; IgM:差值95% CI=-0.43~-0.34 g/L)。结果见表2。

2.2.2 不同运动类型和不同运动项群运动员 Ig 水平比较

本研究将35个运动项目分别按运动类型

和运动项群进行分类和分群(田麦久等,1990)。结果见表3。

由表4可见,体能主导类运动员的IgG水平明显低于技能主导类运动员,且差别具有统计学意义(差值95% CI=0.11~0.54 g/L)。

表1 运动员与普通健康人群 Ig 水平比较<sup>1)</sup>

Table 1 Comparison of Ig levels between athletes and the general healthy population

指标	运动员 $\bar{x}\pm SD/(g\cdot L^{-1})$	普通健康人群 <sup>#</sup> (95%参考值范围)/(g·L <sup>-1</sup> )	正常值 人数(占比/%)	异常值分布人数(占比/%)		
				偏低	偏高	合计
IgG	11.50±2.20 <sup>△</sup>	11.64 (6.81~16.48)	2 221 (97.67)	5 (0.22)	48 (2.11)	53 (2.33)
IgA	1.92±0.66 <sup>*</sup>	2.80 (0.87~4.74)	2 223 (97.76)	49 (2.15)	2 (0.09)	51 (2.24)
IgM	1.30±0.58 <sup>*</sup>	1.80 (0.48~3.12)	2 210 (97.19)	41 (1.80)	23 (1.01)	64 (2.81)

1) <sup>#</sup>普通健康人群的Ig均值和95%参考值范围,由试剂说明书提供;与普通健康人群相比, <sup>△</sup>P<0.01, <sup>\*</sup>P<0.001。

表2 不同性别运动员 Ig 水平比较( $\bar{x}\pm SD$ )<sup>1)</sup>

Table 2 Comparison of Ig levels among athletes of different genders ( $\bar{x}\pm SD$ )

g/L

性别	IgG <sup>*</sup>	IgA	IgM <sup>*</sup>
男子(N=1 192)	11.18±2.15	1.94±0.67	1.12±0.50
女子(N=1 082)	11.86±2.20	1.90±0.66	1.50±0.60

1) 不同性别相比, <sup>\*</sup>P<0.001。

表3 不同运动类型和运动项群的运动员分布

Table 3 Distribution of athletes by different types of sports and sports event-groups

运动类型	运动项群	运动项目	人数(占比/%)
体能主导类	快速力量性	举重	51 (2.24)
	速度性	游泳, 自行车, 小轮车, 激流回旋, 田径	301 (13.24)
	耐力性	赛艇, 皮划艇, 帆板	179 (7.87)
技能主导类	表现准确性	射箭, 现代五项	71 (3.12)
	表现难美性	体操, 跳水, 花泳, 技蹦, 武术, 马术	184 (8.09)
	隔网对抗性	羽毛球, 排球, 乒乓球, 网球	112 (4.93)
	同场对抗性	垒球, 篮球, 曲棍球, 水球, 足球, 棒球, 手球, 高尔夫	1000 (43.98)
	格斗对抗性	柔道, 拳击, 跆拳道, 摔跤, 击剑, 散打	376 (16.53)

表4 不同运动类型运动员 Ig 水平比较( $\bar{x}\pm SD$ )<sup>1)</sup>

Table 4 Comparison of Ig levels among athletes participating in different types of sports ( $\bar{x}\pm SD$ )

g/L

运动类型	IgG <sup>△</sup>	IgA	IgM
体能主导类	11.26±2.15	1.91±0.66	1.28±0.53
技能主导类	11.58±2.21	1.92±0.66	1.30±0.60

1) 不同运动类型相比, <sup>△</sup>P<0.01。

由表5可见,耐力性运动项群运动员的IgG、IgA水平,以及格斗对抗性运动项群运动员的IgM水平分别最低。且不同运动项群之间IgG、IgM水平差别具有统计学意义(IgG: F=6.02, P<0.001;

IgM: F=3.23, P=0.002)。

2.2.3 不同季节运动员 Ig 水平比较 将不同季节按月份划分为春季(3—5月)、夏季(6—8月)、秋季(9—11月)和冬季(12—2月)。图1可见,春季运

表 5 不同运动项群运动员 Ig 水平比较( $\bar{x}\pm SD$ )<sup>1)</sup>

Table 5 Comparison of Ig levels among athletes participating in different sports event-groups ( $\bar{x}\pm SD$ )		g/L		
运动类型	运动项群	IgG <sup>*</sup>	IgA	IgM <sup>△</sup>
体能主导类	快速力量性	11.24±2.03	1.95±0.62	1.34±0.55
	速度性	11.52±2.07	1.97±0.68	1.31±0.54
	耐力性	10.81±2.25	1.79±0.62	1.23±0.51
技能主导类	表现准确性	11.31±2.13	1.92±0.69	1.28±0.80
	表现难美性	11.08±2.18	1.88±0.73	1.35±0.64
	隔网对抗性	11.62±2.49	1.94±0.69	1.35±0.59
	同场对抗性	11.76±2.18	1.93±0.65	1.33±0.59
	格斗对抗性	11.37±2.18	1.92±0.65	1.19±0.54

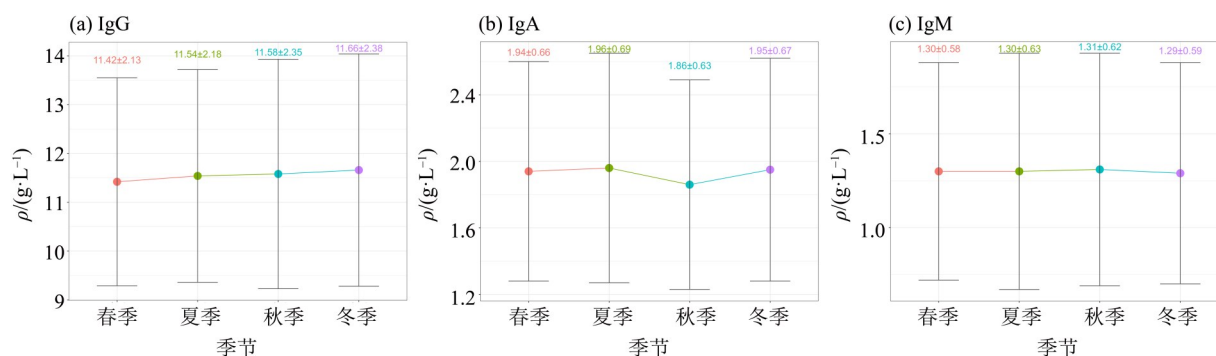
1) 不同运动项群相比, \* $P<0.001$ ;  $\Delta P<0.01$ 。

运动员 IgG、秋季运动员 IgA 和冬季运动员 IgM 水平最低, 且不同季节之间运动员 IgG 水平差别具有统计学意义( $F=6.46, P=0.011$ )。

**2.2.4 全运周期不同备战年份运动员 Ig 水平比较** 2012—2019 年数据采集期间, 共经历 3 个全运备战周期。按照广东代表团全运备战总体部署, 划分 2014 和 2018 年为备战基础年, 2015 和 2019 年为提高年, 2012 和 2016 年为突破年, 2013 和 2017

年为夺金年。不同备战年份运动员的 Ig 水平如图 2 所示, 但差别均无统计学意义(所有  $P>0.05$ )。

**2.2.5 运动员 Ig 的多影响因素分析** 分别以 IgG、IgM 为因变量, 选取单因素分析具有统计学意义的性别、运动类型、运动项群和季节等因素(表 2、4~5, 图 1)为自变量, 纳入广义估计方程。考虑到运动类型由运动项群演变而成, 剔除运动类型变量以避免多重共线性问题。结果见表 6。



仅 IgG 具有统计学意义,  $P<0.05$ 。

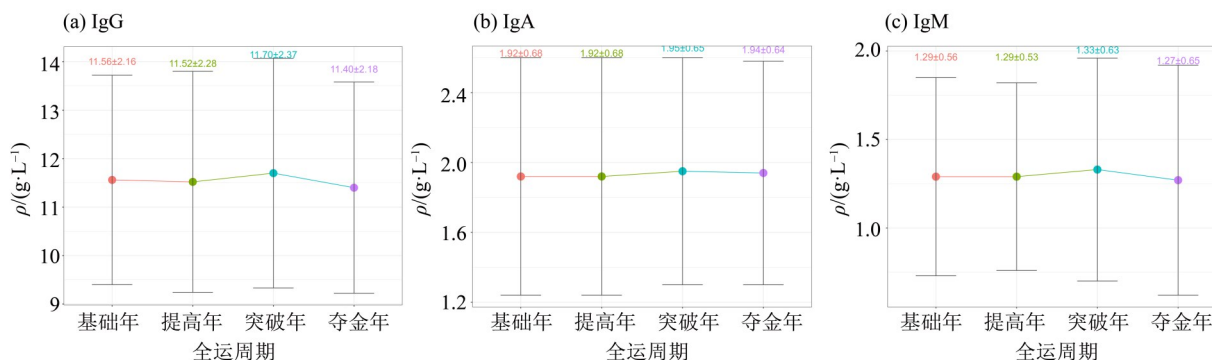
图 1 不同季节运动员 Ig 水平比较( $\bar{x}\pm SD$ )Fig. 1 Comparison of Ig levels among athletes across different seasons ( $\bar{x}\pm SD$ )图 2 不同备战年份运动员 Ig 水平比较 ( $\bar{x}\pm SD$ )Fig. 2 Comparison of Ig levels among athletes across different preparation years ( $\bar{x}\pm SD$ )

表6 运动员Ig水平多影响因素的广义估计方程分析<sup>1)</sup>

Table 6 Generalized estimating equation analysis of various factors influencing Ig levels in athletes

变量	IgG			IgM			
	$\hat{\beta}$ (SE)	Z	P	$\hat{\beta}$ (SE)	Z	P	
性别	男 <sup>ab</sup>	0.00		0.00			
	女	0.83 (0.06)	203.00	<0.001	0.41 (0.01)	879.40	<0.001
运动项群	耐力性 <sup>a</sup>	0.00		0.15 (0.04)	18.19	<0.001	
	快速力量性	-0.02 (0.26)	0.01	0.939	0.18 (0.05)	13.20	<0.001
	速度性	0.61 (0.18)	11.10	0.001	0.20 (0.02)	72.37	<0.001
	表现准确性	0.71 (0.26)	7.48	0.006	0.14 (0.05)	7.75	0.005
	表现难美性	0.09 (0.21)	0.19	0.666	0.20 (0.04)	30.21	<0.001
	隔网对抗性	0.67 (0.27)	5.99	0.014	0.25 (0.05)	23.42	<0.001
	同场对抗性	0.54 (0.17)	9.98	0.002	0.21 (0.02)	162.29	<0.001
	格斗对抗性 <sup>b</sup>	0.12 (0.18)	0.45	0.500	0.00		
季节	春季 <sup>a</sup>	0.00					
	夏季	0.09 (0.06)	2.00	0.157			
	秋季	0.33 (0.10)	11.10	0.001			
	冬季	0.34 (0.07)	23.10	<0.001			

1) a: IgG参照水平; b: IgM参照水平; SE: 标准误。

表6结果显示, 性别、运动项群和季节是影响运动员IgG水平的关键因素, 其中女性比男性; 秋季和冬季比春季; 速度性、表现准确性、隔网对抗性和同场对抗性等运动项群运动员比耐力性运动项群运动员的IgG水平高, 且差别均有统计学意义(所有 $P \leq 0.014$ )。

性别和运动项群是影响IgM水平的关键因素, 其中女性比男性; 耐力性、快速力量性、速度性、表现准确性、表现难美性、隔网对抗性和同场对抗性等运动项群运动员比格斗对抗性运动项群运动员的IgM水平高, 且差别均有统计学意义(所有 $P \leq 0.005$ )。

### 2.3 运动员Ig百分位数参考值和参考值范围建立

经正态性检验结果显示, IgG、IgA和IgM均不服从正态分布(所有 $P < 0.001$ ), 采用Box-Cox转换后数据接近标准正态分布, 均值均 $< 0.0001$ , 方差均为1.0004, 因此采用LMS方法计算不同性别运动员IgG、IgA、IgM百分位数参考值(图3), 并取2.5%~97.5%分位数区间作为不同性别运动员Ig水平95%参考值范围(表7)。

图3显示, 不同性别运动员的IgM、IgG百分位数参考值差异较大, 男性远低于女性, 与表2结论一致。

由表7可见, 与普通健康人群相比, 本文所建立

的运动员Ig参考值范围收窄, 表现为IgG的参考值范围下限提高, IgA和IgM的参考值范围上限降低。

## 3 讨论

1) 本研究发现, 与普通健康人群Ig水平相比, 运动员Ig水平均显著降低; 与普通健康人群参考值范围相比, 运动员的IgG水平异常值比例主要表现为偏高, IgA、IgM水平异常值比例主要表现为偏低。提示优秀运动员由于长期进行大强度和超负荷运动训练, 其Ig水平与普通健康人群相比存在明显差异。有文献报道, 25名皮艇运动员连续3周无训练刺激时, Ig水平处在普通健康人群参考值范围内的中等偏低水平(李梦等, 2014); 另有报道, 10名柔道运动员日常训练期间, IgM处在普通健康人群参考值范围内的较低水平(谭琼, 2014)。本文研究结果与现有文献报道基本一致。

2) 本研究对影响运动员Ig水平的多因素进行了统计学分析。结果显示, 性别、季节和运动项群是影响IgG水平的关键因素, 性别和运动项群是影响IgM水平的关键因素。本研究中男性的IgG、IgM水平显著低于女性, 这可能与性激素的免疫功能不同有关。雌激素可增加免疫功能(Zeng et al., 2020; 赵宏婷等, 2021), 有时可达到诱发自身免疫

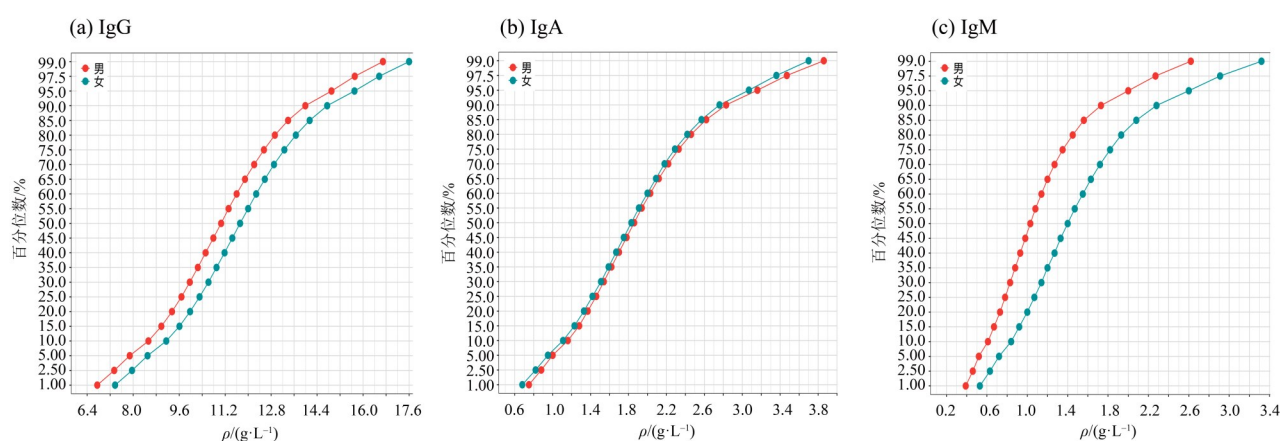


图3 不同性别运动员Ig水平各百分位数参考值

Fig. 3 Reference values for each percentile of Ig levels among athletes of different genders

表7 运动员与普通健康人群Ig水平参考值范围

Table 7 The reference ranges of Ig levels for athletes and the general healthy population g/L

指标	普通健康人群	运动员整体人群	不同性别运动员
IgG	6.81~16.48	7.34~16.56	男 7.34~15.71
			女 7.96~16.56
IgA	0.87~4.74	0.82~3.47	男 0.88~3.47
			女 0.82~3.36
IgM	0.48~3.12	0.46~2.91	男 0.46~2.27
			女 0.63~2.91

疾病的程度(Beery, 2003), 而睾丸激素则抑制免疫功能, 有时还会导致外伤后结果恶化。有关性别对运动员免疫水平的影响尚未见文献报道。

3) 本研究发现运动项群是影响IgG、IgM水平的关键因素。其中耐力性运动员IgG水平明显低于其他运动项群运动员; 格斗对抗性运动员IgM水平明显低于其他运动项群运动员。有关运动项群对运动员免疫机能影响的文献报道不多。孙太华(2012)把山西省11个运动项目210名优秀运动员分为技能对抗类、技能难美类和体能耐力类等3个运动类型运动员, 分别报道了不同运动类型运动员的Ig均值, 但未进行假设检验及影响因素的模型拟合分析。

4) 本研究还发现季节是影响IgG水平的关键因素, 运动员秋季和冬季IgG水平显著高于春季, 尤其冬季。季节对运动员Ig水平的影响不可避免地会与训练环境和气候温度有关, LaVoy等(2021)的研究发现, 运动员在低温环境下训练可能比温暖环境会导致更大程度的应激性免疫损害。这可能

与低温天气导致人体循环和代谢发生变化有关, 另一方面低温也有利于某些微生物繁殖, 给运动员带来更大的免疫损害。提示运动员在秋冬季训练时应谨防低温环境带来的更高感染风险。

5) 本研究基于LMS方法较为系统地构建了优秀运动员IgG、IgA、IgM指标的百分位数参考值和范围。与普通健康人群相比, 本文所建立的运动员Ig参考值范围收窄, 在实际应用中更能真实反映运动员的免疫机能水平, 为实验室判定运动员Ig指标异常提供科学客观的参考依据。与现有文献报道(冯连世, 2003<sup>29-31, 133-594</sup>; 孙太华, 2012)相比, 本文建立的运动员Ig参考值范围, 具有样本量大, 样本代表性较好等特点, 并且考虑了性别、季节、运动项群和备战年份等不同因素影响, 在实际运用于下队科研工作中对运动员实施免疫机能监测和评估, 更加科学可靠。文献查阅尚未见运用LMS方法制定运动员免疫水平百分位数参考值和范围的相关报道。

## 4 结论

本研究基于2012—2019年优秀在训运动员Ig监测大数据, 探讨研究运动员Ig分布特征及其影响因素, 并首次采用LMS方法构建广东省优秀运动员Ig参考值范围和百分位数参考值, 能更精准评估运动员的身体免疫机能状态。运动员与普通健康人群Ig水平相比具有显著差异, 提示在对运动员开展免疫机能状态监控时, 需关注性别、运动项目、不同季节气候条件和温度对运动员免疫力的影响, 及时发现免疫机能异常的运动员。这将有利于科研人员对运动员更加精准地开展训练

状态科学监控、身体免疫机能个性化评估和营养调控干预,也有利于教练员合理安排和调整训练计划,避免运动员过度训练、疲劳和感染疾病,

减少运动损伤,最大限度地提高运动成绩和运动表现。

#### 参考文献:

- 班永宏,徐光,李晔,2015.江苏地区健康人群中3种免疫球蛋白的参考值调查[J].检验医学与临床,12(1):45-47.
- 冯连世,2003.优秀运动员身体机能评定方法[M].北京:人民体育出版社.
- 江梅,2013.LMS法:一种适用建立肺功能全年龄段正常参考值曲线方法[J].中国卫生统计,30(5):766-768.
- 姜志勇,刘云锋,关启鸿,等,2009.广州地区1~8岁健康儿童免疫球蛋白免疫比浊法检测以及参考范围的建立[J].热带医学杂志,9(11):1259-1261.
- 李梦,张林,2014.皮艇运动员冬训期间血清免疫球蛋白与补体C3、C4特征研究[J].体育科研,35(4):62-66+77.
- 孙太华,2012.山西省优秀运动员长周期训练中部分血液生化指标的监控[J].南京体育学院学报(自然科学版),11(3):36-39.
- 孙逊,2022.医学免疫[M].9版.北京:高等教育出版社.
- 谭琼,2013.山西省优秀柔道运动员日常训练中免疫球蛋白IgA、IgG、IgM的监测与分析[D].太原:太原理工大学.
- 田麦久,麻雪田,黄新河,等,1990.项群训练理论及其应用[J].体育科学,10(6):29-35+94.
- 张楠,2016.LMS方法在《国家学生体质健康标准》制订中的探究[D].北京:北京体育大学.
- 赵宏婷,彭质斌,杨孝坤,等,2021.新型冠状病毒感染者特异性抗体动态变化特征研究进展[J].中华流行病学杂志,42(1):39-43.
- BAYRAM R O, ÖZDEMİR H, EMSEN A, et al, 2019. Reference ranges for serum immunoglobulin (IgG, IgA, and IgM) and IgG subclass levels in healthy children[J]. Turk J Med Sci, 49(2): 497-505.
- BEERY T A, 2003. Sex differences in infection and sepsis[J]. Crit Care Nurs Clin N Am, 15(1): 55-62.
- CHINEN J, NOTARANGELO L D, SHEARER W T, 2016. Advances in clinical immunology in 2015 [J]. J Allergy Clin Immunol, 138(6): 1531-1540.
- COLE T J, 1990. The LMS method for constructing normalized growth standards[J]. Eur J Clin Nutr, 44(1): 45-60.
- COLE T J, GREEN P J, 1992. Smoothing reference centile curves: The lms method and penalized likelihood [J]. Statist Med, 11(10): 1305-1319.
- CÓRDOVA A, SUREDA A, TUR J A, et al, 2010. Immune response to exercise in elite sportsmen during the competitive season[J]. J Physiol Biochem, 66(1): 1-6.
- GLEESON M, 2006. Immune system adaptation in elite athletes [J]. Curr Opin Clin Nutr Metab Care, 9(6): 659-665.
- LAVOY E C P, MCFARLIN B K, SIMPSON R J, 2011. Immune responses to exercising in a cold environment [J]. Wilderness Environ Med, 22(4): 343-351.
- MACKINNON L T, 1997. Immunity in athletes [J]. Int J Sports Med, 18(Suppl 1): S62-S68.
- RAMÍREZ-VÉLEZ R, CORREA-BAUTISTA J E, GARCÍA-HERMOSO A, et al, 2019. Reference values for hand-grip strength and their association with intrinsic capacity domains among older adults [J]. J Cachexia Sarcopenia Muscle, 10(2): 278-286.
- SIMPSON R J, CAMPBELL J P, GLEESON M, et al, 2020. Can exercise affect immune function to increase susceptibility to infection?[J]. Exerc Immunol Rev, 26: 8-22.
- WALSH N P, 2018. Recommendations to maintain immune health in athletes[J]. Eur J Sport Sci, 18(6): 820-831.
- ZENG F, DAI C, CAI P, et al, 2020. A comparison study of SARS-CoV-2 IgG antibody between male and female COVID-19 patients: A possible reason underlying different outcome between sex[J]. J Med Virol, 92(10): 2050-2054.

(责任编辑 张冰)