



影响我国高水平游泳运动员自由泳 转身效果的因素分析

Analysis of Factors Affecting the Flip Turn Effect of Chinese Freestyle Swimmers

李美慧,刘 卉*,高 捷

LI Meihui, LIU Hui*, GAO Jie

摘要:目的:通过对我国18名高水平游泳运动员自由泳转身动作技术的数据分析,找出影响自由泳转身效果的因素。方法:通过水下二维拍摄,获得运动员自由泳转身动作的运动学数据,通过测力台获得运动员下蹲纵跳(CMJ)数据,以转身10 m的时间作为评价转身效果的指标,应用皮尔森相关分析方法,对转身技术数据和纵跳数据进行相关分析。结果:1)我国高水平女子运动员转身10 m时间与游进5 m时间($r=0.749, P=0.013$)、前滚翻阶段时间($r=0.649, P=0.042$)、游进阶段时间($r=0.834, P=0.003$)呈显著正相关,与最后一次划臂结束时速度($r=-0.0639, P=0.047$)呈显著负相关;2)我国高水平男子游泳运动员转身10 m时间与游进5 m时间($r=0.778, P=0.023$)呈显著相关,与头距池壁5 m时速度($r=-0.739, P=0.036$)呈显著负相关,翻滚距离会在一定程度上影响蹬离池壁时的速度,显著影响女子运动员滑行结束时的速度($r=0.699, P=0.025$);3)我国高水平游泳运动员下肢爆发力与蹬离池壁的时间和速度等指标的相关关系均不显著。结论:1)我国高水平女子运动员自由泳转身速度主要取决于游进阶段和转身翻滚动作的时间,以及最后一次划臂结束时的速度;2)我国高水平男子游泳运动员自由泳转身速度主要取决于游进阶段加翻滚阶段的时间,以及转身前的游速;3)游泳运动员下肢爆发力或弹跳能力并不影响自由泳转身蹬离池壁的速度和滑行的时间。

关键词: 游泳;自由泳转身;转身技术;生物力学分析

Abstract: Objective: To analyze the factors affecting the flip turn effect of 18 high-level swimmers which find out the factors affecting the flip turn and hope to provide a basis for the scientific training of high-level swimmers. Methods: Through the underwater two-dimensional shooting, the kinematics data of the athlete's flip turn movement was obtained, and the data of athletes' counter-movement jump (CMJ) was obtained through the force measuring platform. The time of turning 10 m was used as the index to evaluate the turning effect, and the Pearson correlation analysis was applied to analyze the rolling technical data and the vertical jump data. Results: Chinese high-level female athletes turning 10 meters time and 5 meters time ($r=0.749, P=0.013$), forward rolling time ($r=0.649, P=0.042$), and swimming into the wall phase ($r=0.834, P=0.003$) showed a significant positive correlation, which was significantly negatively correlated with the speed of the last stroke ($r=-0.0639, P=0.047$); the high-level Chinese male swimmer's turning 10 meters and swim into the wall 5 meters ($r=0.778, P=0.023$) was significantly correlated, then it had a significant negative correlation with the speed of the head from the wall of 5 meters ($r=-0.739, P=0.036$). The rolling distance will affect the speed of the push-off the wall to some extent. It significantly affect the speed of female athletes at the end of gliding speed ($r=0.699, P=0.025$), the correlation between the explosive force of lower limbs and the time and speed of the high-level swimmers is not significant. Conclusion: The speed of the freestyle swimming of high-level women athletes mainly depends on the time of the swimming into the wall, the rolling and the speed of the last stroke. The speed of the flip turn of the high-level male swimmers mainly depends on the time of swimming into the wall phase plus the

第一作者简介:

李美慧(1995-),女,在读硕士研究生,主要研究方向为体育教育训练学、游泳技术分析,E-mail:51787692@qq.com。

*通信作者简介:

刘卉(1972-),女,教授,博士,主要研究方向为运动生物力学,E-mail:liuhuibupe@163.com。

作者单位:

北京体育大学,北京100084
Beijing Sport University, Beijing
100084, China.

rolling phase and the speed of the swimming before turning. The ability of the swimmers' explosive force of the lower limbs or bounce strength does not affect the push-off speed and the gliding time.

Keywords: swimming; freestyle turning; turning technique; biomechanical analysis

中图分类号:G861.1 **文献标识码:**A

竞技游泳由出发、途中游、转身和冲刺到边 4 个部分组成,转身技术效果对成绩有重要影响,水下技术动作的优势对运动员取得优异成绩有很大帮助,尤其在自由泳转身翻滚动作结束后至 15 m 处阶段的优势可以减少速度上的损失(Connaboy, 2016; Veiga et al., 2014)。自由泳转身距离在 100 m 比赛中占 14%~15%,200 m 占 21%,400 m 占 24% 以上(房海蛟, 2003; 郑毅贤, 1994),而 1 500 m 自由泳长池比赛需要做 29 次转身动作(沈潜, 1979, 1978),与转身有关的距离达到 435 m,占总距离的 29%,并且在短池游泳比赛中,转身对成绩的影响更大,可见优化转身技术对于高水平游泳运动员至关重要(林洪等, 2015; 张丹霞等, 2013; 张跃等, 2013; 赵清源, 2002)。

转身技术的优化可帮助运动员提高成绩,在长距离项目中可帮助运动员节省体能。合理运用运动生物力学方法分析运动技术,对提高运动成绩和预防运动损伤具有重要意义(刘宇, 2017)。目前,国内对游泳项目采用运动生物学方法手段分析技术动作的研究相对较少。相关研究对不同等级的运动员自由泳转身技术动作进行分析,通过相关以及多元回归的统计学方法分析不同阶段对自由泳转身效果的影响(Puel et al., 2010),使用水下肌电、可穿戴定位陀螺仪进行自由泳转身水下技术动作的监测(Pereira et al., 2015; Vannozzi G et al., 2010),运用生物力学技术检测对自由泳转身不同阶段的动作技术进行分析(Araujo et al., 2010; Connaboy, 2016)。本研究旨在通过运动生物力学的技术监测方法对我国高水平游泳运动员自由泳转身动作进行分析,了解影响自由泳转身效果的技术和下肢力量因素。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

受试者为 18 名我国国家游泳队现役运动员,主项泳姿均为自由泳,运动等级均为国际健将。男运动员 8 名,身高 183.6 ± 3.7 cm,体重 81.1 ± 7.7 kg。女运动员 10 名,身高 174.9 ± 4.6 cm,体重 63.2 ± 4.6 kg。

1.2 数据采集

采用 GoPro HERO4 Silver 运动摄像机进行水下拍摄,拍摄频率为 50 Hz。镜头距拍摄平面 5 m,距水面 0.7 m,距离转身池壁 2.5 m。测试泳道为第 2 泳道,受试者从距池边 15 m 处全力游进,按照自己的习惯技术形式完成转身动作后再全力游至 15 m 处。获取受试者转身前游进 5 m 和转身后游出去 5 m 视频,每名运动员共拍摄 3 次转

身技术,选取转身 10 m 时间最快 1 次(图 1)。

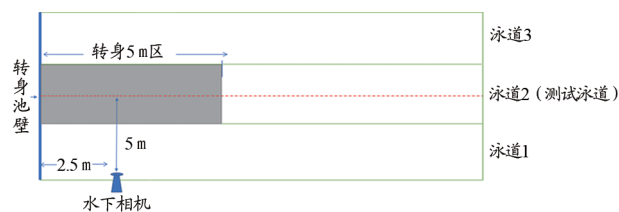


图 1 水下拍摄示意图

Figure 1. Underwater Shooting

使用三维测力台对 18 名运动员下蹲纵跳(CMJ)动作进行测试,获得纵跳高度及最大瞬时力。测试时,运动员双手叉腰,双脚与肩同宽站立于测力台上,听到仪器提示音后,快速下蹲后立即向上全力纵跳,纵跳后双脚落于原地,双腿微屈进行缓冲,测试结果通过软件处理得到运动员的纵跳高度及瞬时最大力,每名运动员进行 3 次测试,选取最大值进行分析。

1.3 数据处理

采用瑞士 Dartfish 运动视频技战术分析系统进行视频图像分析,以泳道中间位置的池底标志物进行长度标定。依据相关研究中对于转身技术较常用的运动学参数的归纳(王丽等, 2011),截取运动员在距池壁 5 m 范围内,转身共 10 m 距离内的运动为转身阶段。以头距池壁 5 m、最后一次划臂结束、脚触壁、脚离壁和转身后头距池壁 5 m 共 5 个特征时刻,将转身阶段划分为游进阶段、翻滚阶段、蹬壁阶段、蹬离游出阶段,并计算各动作阶段时间、运动员速度、和距离等运动学数据。

应用 Dartfish 软件分析计算运动员处于 5 个特征时刻头顶距池壁的距离和游进速度。并分析计算转身 10 m 时间和 4 个阶段的时间。本研究中,转身 10 m 时间是指从运动员游进时头距离池壁 5 m 开始,至转身结束后游出阶段头到 5 m 处时间;游进 5 m 时间指运动员头距池壁 5 m 到脚触壁的时间,是本研究中游进阶段和翻滚阶段的时间之和。以运动员头顶运动速度代表游进速度。翻滚阶段距离指最后一次划臂结束时头顶到池壁的距离。

1.4 数据分析

以转身 10 m 的时间作为评价转身效果的指标,以其作为因变量,应用皮尔森相关分析,以纵跳成绩、各动作阶段时间、速度参数作为自变量,分析运动员自由泳转身技术数据和下肢蹬伸能力与转身效果的相关性,探索高水平运动员转身技术的特点及影响转身速度的下肢力量因素和技术因素。所有统计分析用 IBM SPSS Statistics

24软件完成,显著性水平定为一类误差不大于0.05。

2 研究结果

2.1 各阶段指标与转身10 m时间的关系

相关性分析结果显示,我国高水平女子运动员转身10 m时间与游进阶段时间、翻滚时间、游进5 m时间呈显

著正相关,与最后一次划臂结束时速度呈显著负相关,与蹬壁时间、游出5 m时间、游进阶段速度、蹬壁速度、第一次水下腿速度和翻滚阶段距离的相关性不显著。我国高水平男子游泳运动员转身10 m时间只与游进5 m时间呈显著相关,与距池壁5 m时的速度负相关关系显著,与其他各阶段时间和各时刻速度相关关系不显著(表1)。

表1 自由泳转身时间、速度、距离与转身10 m时间相关结果

Table 1 Relevant Results of Flip Turn Time, Speed, Distance and Turn-Around 10 Meters Time

	女子(n=10)			男子(n=8)		
	M±SD	r	P	M±SD	r	P
转身10 m时间/s	5.42±0.17			4.72±0.20		
游进阶段时间/s	2.39±0.15*	0.749	0.013	2.30±0.15	0.566	0.144
翻滚阶段时间/s	0.87±0.13*	0.649	0.042	0.74±0.17	0.572	0.138
游进5 m时间/s	3.27±0.24*	0.834	0.003	3.04±0.23*	0.778	0.023
蹬壁阶段时间/s	0.27±0.05	-0.247	0.492	0.24±0.1	-0.557	0.151
游出5 m时间/s	1.89±0.16	-0.070	0.847	1.44±0.18	0.428	0.290
距池壁5 m时速度/(m·s ⁻¹)	1.88±0.24	-0.233	0.517	1.86±0.29*	-0.739	0.036
游进阶段速度/(m·s ⁻¹)	1.88±0.24	0.530	0.115	1.86±0.29	-0.305	0.463
最后一次划臂结束时速度/(m·s ⁻¹)	1.92±0.38*	-0.639	0.047	2.05±0.20	-0.003	0.995
蹬壁速度/(m·s ⁻¹)	2.46±0.39	-0.048	0.896	2.75±0.31	0.623	0.099
第一次水下腿速度/(m·s ⁻¹)	1.62±0.15	-0.031	0.933	2.02±0.19	0.277	0.506
翻滚阶段距离/m	1.00±0.12	-0.080	0.825	0.99±0.20	-0.149	0.725

注:*表示P<0.05,下同。

2.2 各阶段指标之间的关系

我国高水平女子游泳运动员完成自由泳转身的过程中,各个阶段的时间之间均不存在显著性相关关系。但男子运动员游进阶段时间和蹬壁阶段时间负相关关系显著,表现为游进阶段时间越短,蹬壁过程时间越长(表2)。

运动员在距池壁5 m时的速度、最后一次划臂结束时的速度、脚蹬离池壁时的速度和第一次打海豚腿时的速度之间不存在显著相关关系(表3)。

从本研究结果可以发现,翻滚阶段距离,也就是最后一次划水结束时头到池壁的距离与脚蹬离池壁时的速度有负相关的趋势。女子运动员翻滚阶段距离与转身后第

一次水下打腿时的速度呈显著负相关(表4)。

表2 运动员自由泳转身各阶段时间的相关关系

Table 2 The Correlation between Athletes' Flip Turn and the Various Stages of Time

		游进阶段时间		翻滚阶段时间		蹬壁阶段时间	
		r	P	r	P	r	P
翻滚阶段时间	女	0.417	0.231				
	男	0.065	0.879				
蹬壁阶段时间	女	0.136	0.708	0.210	0.561		
	男	-0.890*	0.003	0.034	0.936		
游出5 m时间	女	0.536	0.110	0.433	0.211	0.580	0.079
	男	0.243	0.562	-0.405	0.320	-0.546	0.161

表3 运动员自由泳转身各阶段速度的相关关系

Table 3 The Correlation between the Speed of Athletes' Flip Turn and the Speed of Each Stage

		距池壁5 m时速度		最后一次划臂结束时速度		脚蹬离池壁时速度	
		r	P	r	P	r	P
最后一次划臂结束时速度	女	-0.259	0.470				
	男	0.141	0.740				
脚蹬离池壁时速度	女	-0.393	0.261	0.362	0.304		
	男	-0.036	0.933	-0.194	0.644		
第一次水下腿时速度	女	-0.277	0.438	0.345	0.329	0.195	0.589
	男	-0.255	0.543	-0.256	0.541	0.017	0.969

表 4 翻滚阶段距离与转身各阶段技术指标的相关关系
Table 4 Correlation between the Rolling Phase Distance and the Technical Indicators of Each Stage of Turning

	女(n=10)		男(n=8)	
	r	P	r	P
游进阶段时间	-0.352	0.319	0.536	0.171
翻滚阶段时间	0.458	0.183	-0.380	0.353
蹬壁阶段时间	-0.413	0.246	-0.309	0.457
游出阶段时间	0.023	0.949	-0.061	0.888
距池壁 5 m 时速度	0.530	0.115	-0.305	0.463
最后一次划臂结束时速度	-0.189	0.602	0.195	0.643
脚蹬离池壁时速度	-0.612	0.060	-0.697	0.055
第一次水下腿速度	-0.699*	0.025	-0.057	0.843

2.3 转身技术数据与 CMJ 高度的关系

我国高水平女子游泳运动员原地 CMJ 高度为 39.22±3.57 cm, 男子为 52.45±6.02 cm。相关性分析结果显示, 我国高水平女子游泳运动员 CMJ 高度与转身技术各阶段时间和速度的关系均不显著, 而男运动员 CMJ 高度与游进阶段时间和距池壁 5 m 时的速度有显著相关关系, CMJ 高度越高的运动员距池壁 5 m 时速度越快, 游进阶段时间越短。不论男女运动员, CMJ 高度与蹬壁阶段时间和脚蹬离池壁时的速度均无显著性相关关系, 与转身 10 m 时间也没有显著相关关系(表 5)。

表 5 运动员下蹲纵跳高度与转身各阶段技术指标的相关关系
Table 5 Correlation between the Vertical Jump Height of Athletes and the Technical Indicators of Each Stage of Turning

	女		男	
	r	P	r	P
转身 10 m 时间	0.163	0.652	0.600	0.116
游进阶段时间	0.049	0.892	-0.806*	0.016
翻滚阶段时间	0.398	0.254	0.400	0.326
蹬壁阶段时间	0.463	0.179	0.438	0.278
游出阶段时间	-0.352	0.318	-0.127	0.765
距池壁 5 m 时速度	-0.076	0.834	0.835*	0.010
最后一次划臂结束时速度	-0.019	0.958	-0.080	0.850
脚蹬离池壁时速度	-0.040	0.913	-0.128	0.763
第一次水下腿速度	0.014	0.969	0.428	0.291

3 讨论

本研究结果表明, 影响我国男女高水平游泳运动员自由泳转身效果的因素略有不同。影响女运动员转身效果的因素包括游进阶段时间、翻滚动作时间、游进 5 m 时间以及最后一次划臂结束时的速度, 影响男运动员转身效果的因素为游进 5 m 的时间和距池壁 5 m 时的速度。游进 5 m 时间是指从头距池壁 5 m 到脚触壁的时间, 包括游进阶段时间和翻滚动作时间。游进 5 m 时间是影响运动员专项效果的共同因素。对女运动员来说, 游进阶段

时间和翻滚动作时间都各自分别影响转身 10 m 时间, 但男运动员的游进 5 m 时间和翻滚动作时间没有分别影响转身效果。有研究对 15 名国内外优秀自由泳运动员测定的指标进行相关与回归分析得出, 影响自由泳转身效果的主要因素有游进 5 m 线至两脚触壁的时间、蹬出时髓关节角度、蹬出速度、脚触壁至蹬出头到 2 m 线的时间(朱泰昌等, 1992)。本研究部分支持前人研究结果, 本研究中蹬离池壁时的速度和蹬离后游出 5 m 的时间并不影响运动员转身效果。

本研究结果表明, 提高触壁前游进和翻滚速度, 缩短触壁前动作时间将有利于提高转身效果。因此, 我国高水平游泳运动员在做自由泳转身技术练习时, 应注重提高游进阶段的速度, 转身前应避免头部上抬、通过眼睛的观察来判断转身距离, 或在转身前换气过多, 更要避免通过滑行调整转身距离, 从而减少游进阶段的时间, 提高自由泳转身效果。

翻滚阶段时间显著影响女运动员转身效果, 虽然缩短翻滚阶段时间不独立影响男运动员转身效果, 但由于其是组成触壁前时间的重要部分, 因此本研究结果可以说明, 无论男女运动员在转身时均应积极快速完成翻滚动作, 缩短触壁前时间, 以提高转身效果。翻滚类的转身距离与运动员的身高、体重、下肢长度密切相关, 且转身距离对转身时的动作姿势有一定影响(Blanksby et al., 2004)。本研究发现, 运动员开始翻滚时的位置会在一定程度上影响蹬离池壁时的速度, 且对女运动员来说, 会进一步影响水下滑行的速度。开始翻滚的位置距池壁越近, 运动员翻滚时身体团的越紧, 越有利于加快翻滚时间。同时, 翻滚距离近还会增加运动员脚触壁时膝关节屈角。有国内研究发现, 我国部分运动员在自由泳项目中转身过早导致转身距离较远, 膝关节角度较大影响了腿部蹬伸的效果, 自由泳转身翻滚前的距离的对转身时翻滚动作有很大的影响(时昌松, 2010)。有国外学者对 34 名运动员的自由泳转身技术数据进行分析, 发现蹬壁时膝关节屈角在 100°~120°会提供更大的峰值力和冲量(Connaboy, 2016)。

本研究相关分析结果显示, 女运动员最后一次划臂结束时的流速越快, 转身 10 m 时间越短, 而男运动员距池壁 5 m 时速度越快, 转身 10 m 时间越短。这说明, 对于女运动员来说, 最后一次划臂所产生的速度显著影响转身效果, 最有一次划臂要坚决和充分, 确保在翻滚前不降速。而男运动员转身效果受途中游速度影响, 途中游速度越快, 转身时间越短, 男运动员在距离池壁 5 m 时不能由于准备转身而降速。本研究还发现, 蹬壁阶段时间、蹬离时的速度、游出 5 m 的时间和第一次打下腿的速度均与转身 10 m 时间无显著相关。这说明, 目前影响我国优秀游泳运动员转身效果的主要因素在于游进阶段和翻

滚阶段,即脚触壁前各动作的时间和速度。

18名高水平运动员CMJ高度对转身10 m时间、蹬离阶段时间、蹬离池壁时速度、以及转身后第一次水下腿速度均无影响,这说明,运动员下肢爆发力或弹跳能力的强弱并不影响自由泳转身蹬离池壁的速度和之后的游速。在日常训练中所用的下肢训练动作是否能够真的提高自由泳转身蹬离池壁的速度需要通过实验得到进一步的证实(Cronin et al., 2007)。Maglischo在著作《游得最快》中提到自由泳转身蹬离池壁时,双腿在伸展时应逐渐加速。关于这个说法已有研究证实,其原理是逐渐增加速度和力量会使运动员在获得最大速度时保持流线型的姿势,从而减少蹬离池壁时带来的阻力,使运动员可以通过更少的能量消耗获得更大的速度(Maglischo, 2016)。我国教练员也认为,游泳运动员的出发和转身更多需要下肢最大力量,故下肢弹跳类或爆发力动作的训练并不适用于提高自由泳转身蹬离池壁的效果(何新中, 2003)。但从本研究结果可以看出,我国优秀男子运动员下肢爆发力与距池壁5 m时的速度和游进阶段时间有关,也就是说,下肢爆发力越好游进速度越快。出现这一结果可能是因为本测试从距池壁15 m开始全力游进,因此爆发力与游进速度有关。建议在日常训练中适当增强运动员的下肢最大力量,以提高游泳运动员的转身专项力量,提高自由泳转身蹬离池壁时的速度。

4 结论与建议

通过水下二维平面拍摄和技术数据相关分析发现,我国高水平女运动员自由泳转身速度主要取决于游进阶段和转身翻滚动作的时间,以及最后一次划臂结束时的速度。我国高水平男游泳运动员自由泳转身速度主要取决于游进阶段加翻滚阶段的时间,以及转身前的游速。因此,建议我国优秀游泳运动员在接近池壁时要避免各种可能导致降速的问题,开始翻滚的距离可以短一些。游泳运动员下肢爆发力或弹跳能力并不影响自由泳转身蹬离池壁的速度和滑行的时间。

参考文献:

房海蛟,2003.优秀游泳选手徐妍玮是怎样提高出发、转身能力的[J].体育科研,41(4):13-15.
何新中,2003.对游泳运动员出发转身下肢力量训练的研究[J].游

泳季刊,9(2):5-9.

林洪,李征艳,应春意,等,2015.我国优秀女子混合泳运动员叶诗文的转身技术分析[J].中国体育科技,51(6):83-89.

刘宇,2017.人体运动生物力学[M].上海:上海交通大学出版社.

沈潜,1978.加强自由泳转身技术训练[J].武汉体育学报,12(2):81-85.

沈潜,1979.自由泳转身技术的分析[J].中国体育科技,7(9):23-27.

时昌松,2010.我国优秀游泳运动员出发和转身技术分析[D].金华:浙江师范大学.

王丽,顾耀东,杨红春,等,2011.自由泳转身阶段的生物力学研究[J].浙江体育科学,33(6):91-94.

张丹霞,田峻,张小楠,2013.自由泳转身技术分析[J].西昌学院学报,27(3):108-110,115.

赵清源,2002.自由泳转身后海豚与交替打腿动作对速度影响初探[J].哈尔滨体育学院学报,20(1):89-90.

朱泰昌,杨玉强,杨秀浩,等,1992.优秀蛙泳、自由泳运动员转身技术分析[J].北京体育大学学报,15(2):73-79.

张跃,李建设,杨红春,等,2013.孙杨备战伦敦奥运会转身技术改进与优化的生物力学研究[J].体育科学,33(9):85-90.

郑毅贤,1994.提高自由泳翻滚转身技术方法探讨[J].浙江体育科学,26(5):26-27.

MAGLISCHO E, 2016.游得最快:游泳技术、训练及计划设计宝典[M].温宇红,译.北京:北京体育大学出版社.

ARAUJO L, PEREIRA S, GATTI R, et al., 2010. Analysis of the lateral push-off in the freestyle flip turn [J]. J Sports Sci, 28(11): 1175-1181.

BLANKSBY B, SKENDER S, ELLIOTT B, 2004. An analysis of the rollover backstroke turn by age-group swimmers [J]. Sports Biomech, 3(1):1-14.

CONNABOY C, 2016. The key kinematic determinants of undulatory underwater swimming at maximal velocity [J]. J Sport Sci, 34(11): 1036-1043.

PEREIRA S M, RUSCHEL C, HUBERT M, 2015. Kinematic, kinetic and EMG analysis of four front crawl flip turn techniques [J]. J Sports Sci, 33(2):1-9.

PUEL F, MORLIER J, CID M, 2010. Biomechanical factors influencing tumble turn performance of elite female swimmers [J]. Biomech Med Swimming, 31(2):155-157.

VANNOZZI G, DONATE M, 2010. Analysis of swim turning, underwater gliding and stroke resumption phases in top division swimmers using a wearable inertial sensor device [J]. Biomech Med Swimming, 31(2):178-180.

VEIGA S, MALLO J, NAVANDAR A, et al., 2014. Effects of different swimming race constraints on turning movements [J]. Hum Movement Sci, 36(6):217-226.

(收稿日期:2019-04-23; 修订日期:2019-07-15; 编辑:丁合)