

世居高原小学生脂代谢与心率偏离点关联性

孔海军¹, 周霞¹, 王凤华², 朱元宝³, 李新龙¹

1.喀什大学体育学院, 新疆 844000; 2.新疆师范大学体育学院; 3.塔什库尔干县班迪尔乡卫生院

【摘要】 目的 探究世居 3 200 m 高原不同体质量指数(BMI)水平小学生耐力训练的适宜负荷,为世居高原人群体育健身及运动减肥提供指导性建议。**方法** 采用场地 Conconi 测试评估塔什库尔干县 273 名不同 BMI 水平的 7~12 岁世居高原学生心率偏离点(heart rate deflection point, HRDP)及 HRDPspeed,通过 ELISA 法检测受试者血清脂代谢水平,采用 Pearson 相关分析法讨论 HRDP 与脂代谢水平的关联性。**结果** 不同年级肥胖组瘦素(LEP)、脂联素(ADPN)、总胆固醇(TC)及三酰甘油(TG)水平均高于其他组,超重组亦均高于正常组及消瘦组($F=3.75\sim 24.12$, P 值均 <0.05)。受试者 HRDP 出现的时间点呈现年龄及体型特征,即同年龄阶段下,正常组 HRDP 出现较晚;同体型组别下,随年龄上升,HRDP 出现时间越晚。HRDPspeed 随年龄增长存在上升趋势,同年龄组条件下,HRDPspeed 随受试者 BMI 水平上升而下降;肥胖、正常及消瘦学生中,脂代谢与 HRDP 存在负性关联,不同年龄超重学生脂代谢与 HRDP 关联均无统计学意义(P 值均 >0.05)。**结论** 世居高原不同 BMI 水平的 7~12 岁学生 HRDP 与脂代谢可能存在显著关联,可作为评估世居高原健康成人有氧运动耐力能力的有效手段。

【关键词】 人体质量指数;脂肪组织;代谢;心率;学生

【中图分类号】 R 179 R 725.8 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-9817(2020)11-1699-05

Correlation analysis of lipid metabolism and heart rate deflection point in 7-12-year old students residing at high altitude/
KONG Haijun*, ZHOU Xia, WANG Fenghua, ZHU Yuanbao, LI Xinlong. * College of Sports, Kashgar University, Xinjiang Uygur
Autonomous Region (844000), China

【Abstract】 Objective To explore the suitable load of endurance training for primary school students with different BMI levels living in 3 200 m plateau, and to provide guidance for exercise and weight control for children residing in high altitudes. **Methods** The heart rate deflection point (HRDP) and HRDPspeed of 7-12-year-old students residing at high altitude were evaluated by using the site Conconi test. The serum lipid metabolism level was detected by ELISA. The correlation between HRDP and lipid metabolism was analyzed by Pearson correlation analysis. **Results** The level of leptin, adiponectin, total cholesterol (TC) and triglycerides (TG) in obesity group was highest, follow by the overweight group, normal weight and under-weight group($F=3.75\sim 24.12$, $P<0.05$). In the same age group, hrdspeed decreased with the increase of BMI. For children with the same BMI classification, HRDPspeed decreased with age. HRDPspeed showed an increasing trend by age and BMI. In obese, normal and emaciated students, there was a significant negative correlation between lipid metabolism and HRDP, but there was no significant correlation between lipid metabolism and HRDP in overweight students of different ages ($P>0.05$). **Conclusion** It is suggested that HRDP and lipid metabolism may be significantly correlated with BMI in students aged 7-12 years at different BMI levels in plateau and the above indicators can be used as an effective means to evaluate aerobic exercise endurance capacity of healthy adults at plateau.

【Keywords】 Body mass index; Adipose tissue; Metabolism; Heart rate; Students

目前,伴随着我国经济的迅速发展,国民肥胖率正以迅猛速度上升,据 2014 年全国学生体质健康调研数据显示,我国各年龄段学生肥胖检出率持续上升^[1]。以往的研究证实,身体脂肪组织代谢活跃可分泌多种脂肪因子,参与代谢调节过程和内分泌反应^[2]。瘦素(leptin, LEP)可作用于多个靶器官,包括

大脑、肝脏、胰腺、肌肉、免疫系统和脂肪组织本身^[3]。相关研究表明,绝大多数肥胖症患者表现为血清 LEP 浓度及 LEP mRNA 水平高于正常值,并伴有不同程度的脂代谢异常^[4]。在逐级递增负荷运动(graded exercise testing, GXT)中,理论上心率(heart rate, HR)随运动强度上升将以线性速率增加^[5]。然而,在不同强度下 HR 会偏离该种线性速率,该现象被称为心率拐点或心率偏离点(heart rate deflection point, HRDP)^[6],在递增负荷运动中表现为特殊的心率微分或“偏移”或心率性能曲线^[7]。专业运动员及未训练者在递增负荷运动测试中均证实了 HRDP 现象^[8]。Conconi 等

【基金项目】 国家自然科学基金项目(31660736)

【作者简介】 孔海军(1992-),男,山东济宁人,硕士,讲师,主要研究方向为运动人体科学。

【通信作者】 李新龙, E-mail: 1057033469@qq.com

DOI: 10.16835/j.cnki.1000-9817.2020.11.027

首次提出,在 HRDP 处的跑动速度与无氧阈处的跑动速度有关^[9]。随后 Conconi 等开发了逐级递增负荷的现场测试用于评估 HRDP,该方法已被应用于包括现场和实验室环境中的其他体育活动^[10]。有研究表明,高负荷运动状态下,血乳酸水平攀升,血浆 pH 值下降,身体发生代谢性酸中毒,可促进氧合血红蛋白解离,加速氧气释放(玻尔效应),从而提高心脏循环效率,降低心率的增加^[11]。描述性研究报告证实,HRDP 与运动强度之间可能并不存在关联性^[12]。Jan Derk 等^[13]提出,递增负荷运动中的心率最终取决于个体的心率调节能力,即副交感神经的敏感性。HRDP 在运动训练中被广泛应用,对于运动员或锻炼者最佳训练强度的制定具有重要意义^[14]。

高原环境氧气稀薄,空气氧含量低于亚高原/平原地区,高原/亚高原应激可能诱使人体心肺功能、有氧运动耐力及运动能量供应特征产生适应性反应^[15]。本次研究试图通过逐级递增负荷运动中心率变化特征及 HRDP 出现时相评价世居 3 200 m 高原小学生 HRDP 有氧耐受能力,以 Conconi 测试 HRDP 与脂代谢的关联性为切入点,探究不同 BMI 水平小学生耐力训练的适宜负荷,为世居高原儿童少年体育健身及运动减肥提供指导性建议。

1 对象与方法

1.1 对象 2019 年 10—11 月,以世居海拔 3 200 m 的塔什库尔干县小学生为受试对象。纳入标准:身体健康状况良好,无肢端残疾,生长发育状况良好,无遗传病且能从事正常体育活动。按照《体育与健康课程标准》^[16],将受试对象按照年级区分为低年级组(一、二年级)、中年级组(三、四年级)及高年级组(五、六年级)。参考《中国学龄儿童青少年超重、肥胖筛查体重指数值分类标准》^[17]及《学龄儿童青少年营养不良筛查》^[18]进行肥胖度筛查。最终,273 名小学生纳入研究,其中低年级组 87 名,中年级组 94 名,高年级组 92 名;年龄在 7~12 岁之间。见表 1。实验开始前已征得受试者本人、家长、学校老师同意及喀什大学伦理委员会批准。

表 1 纳入对象基本情况($\bar{x}\pm s$)

年级	组别	人数	年龄/岁	身高/cm	体重/kg	BMI/($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)
低	肥胖	15	7.37±0.59	120.65±5.51	30.37±3.51	20.79±0.93
	超重	17	7.85±0.66	121.45±6.03	28.12±2.48	19.05±1.07
	正常	31	7.60±0.31	120.73±5.36	22.78±2.27	15.64±1.12
中	消瘦	24	7.94±0.43	121.27±6.35	18.65±2.01	12.68±1.25
	肥胖	13	9.91±0.58	131.64±6.36	41.06±4.92	23.71±1.68
	超重	22	9.82±0.45	130.74±6.92	36.28±4.23	21.24±1.58
高	正常	27	10.04±0.32	130.26±7.72	28.77±2.20	16.95±1.87
	消瘦	32	9.63±0.64	130.80±5.94	22.28±2.35	13.02±1.04
	肥胖	14	12.12±0.53	145.02±6.53	55.19±7.83	26.25±1.52
	超重	20	11.67±0.46	144.19±5.67	47.32±6.65	22.76±1.04
	正常	33	11.88±0.84	145.57±7.04	37.48±6.01	17.68±1.59
	消瘦	25	11.90±0.73	144.41±6.83	28.95±3.76	13.36±0.86

1.2 方法

1.2.1 场地 Conconi 测试 场地 Conconi 测试采用改良后逐级递增负荷运动。具体步骤如下:(1)选择温度、湿度及光照适宜天气进行测试,受试者着轻便透气的运动鞋服,预先进行 5 min 热身活动,包括慢跑(60% HRmax)及拉伸活动(静态拉伸+动态拉伸)。(2)热身后休息 3 min,待受试者心率降低至 100 次/min 以下方可进行场地测试。(3)受试者采用 5 级递增负荷运动测试,以 6 km/h 为起始跑速,每级负荷时间 2 min,每级负荷速度递增 0.4 km/h。(4)测试中为防止受试者因运动经验不足造成体力分配不均,测试员采用跟跑、语言刺激的方式鼓励受试者。(5)测试结束后,受试者进行充分的整理运动。

1.2.2 心率测试 要求受试者测试全程均佩戴 Polar S610i 心率表(芬兰),记录各级负荷运动后即刻心率。

1.2.3 脂代谢测试 (1)血清的采集。所有研究对象均于清晨同一时间、空腹、卧位抽静脉血 5 mL 置于肝素抗凝管中,4 ℃,3 000 r/min 离心 5 min,吸取血浆,-20 ℃ 保存待测,采血前 3 d 忌高脂肪饮食及饮酒。(2)脂代谢指标测定。采用 ELISA 法测定血清瘦素(LEP)、脂联素(ADPN)、总胆固醇(TC)及三酰甘油(TG)含量^[19]。

1.2.4 质量控制 为避免抽样偏倚,采用随机抽样调查方法,随机抽取塔什库尔干县低、中、高年级各 3 个班级,通过相应的筛查手段选取受试对象,以避免研究者的主观偏倚等。为避免个别受试者因运动经验不足出现无法完成运动试验任务的情况,在运动试验前 3 d 进行预测试及练习,并指导运动试验中跑速及体力分配方法。运动试验中受试对象若出现无法坚持运动的现象,则视为被动撤出,并剔除该受试对象数据。

1.3 统计学分析 采用 Excel 录入数据,采用 Graphpad 软件进行统计分析,计量资料以均数±标准差表示;多组比较采用单因素方差分析,并进行组间两两比较;采用 Pearson 相关分析法进行相关分析,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 不同 BMI 水平世居高原小学生脂代谢水平 低年级各测试组脂代谢水平差异有统计学意义,随着 BMI 水平的上升,受试者 LEP、ADPN、TC 及 TG 水平呈现上升趋势,肥胖组脂代谢指标均高于正常组及消瘦组;除血清 TG 外,超重组其余脂代谢指标均高于正常组及消瘦组;超重组血清 LEP 及 TC 低于肥胖组;消瘦组脂代谢水平总体低于正常组,但仅血清 ADPN 水平差异有统计学意义($P<0.05$)。中年级及高年级组随受试者 BMI 水平上升,脂代谢水平亦呈现上升趋势。

势。不同水平组比较可知,随年龄上升,受试者脂代谢水平呈阶段化上升。见表 2。

表 2 各年级不同 BMI 水平世居高原小学生脂代谢水平比较(̄x±s)

年级	组别	人数	统计值	LEP/(μg·L ⁻¹)	ADPN/(μg·mL ⁻¹)	TC/(mmol·L ⁻¹)	TG/(mmol·L ⁻¹)
低	肥胖	15		8.23±1.64 ^{#△}	14.37±2.53 [△]	6.91±1.38 ^{#△}	2.56±0.80 [△]
	超重	17		5.18±1.89 ^{*△}	12.29±2.91 [△]	5.37±1.05 ^{*△}	2.04±0.68
	正常	31		2.35±0.58 ^{*#}	7.30±1.04 ^{*#}	4.02±0.82 ^{*#}	1.72±0.42 [*]
	消瘦	24		2.07±0.72 ^{*#}	5.56±0.94 ^{*#△}	3.83±0.57 ^{*#}	1.48±0.27 ^{*#}
			F 值	21.98	9.30	10.75	4.18
中	肥胖	13		10.83±2.04 ^{#△}	15.31±3.03 ^{#△}	7.40±1.42 [△]	2.91±1.05 [△]
	超重	22		7.46±1.74 ^{*△}	12.19±2.36 ^{*△}	6.44±0.95 [△]	2.93±0.54 [△]
	正常	27		3.93±0.47 ^{*#}	7.91±1.64 ^{*#}	5.15±1.04 ^{*#}	2.03±0.38 ^{*#}
	消瘦	32		2.72±0.61 ^{*#△}	6.23±0.84 ^{*#△}	4.82±0.72 ^{*#}	1.97±0.36 ^{*#}
			F 值	20.34	10.02	4.83	3.98
高	肥胖	14		11.26±2.26 ^{#△}	17.7±3.07 ^{#△}	8.05±1.56 ^{#△}	3.59±0.94 [△]
	超重	20		8.34±1.39 ^{*△}	13.60±3.61 ^{*△}	6.82±0.72 ^{*△}	3.11±1.03 [△]
	正常	33		4.26±0.55 ^{*#}	8.34±0.98 ^{*#}	5.56±0.84 ^{*#}	2.26±0.51 ^{*#}
	消瘦	25		3.35±0.58 ^{*#△}	7.06±0.71 ^{*#△}	5.22±0.62 ^{*#}	2.13±0.48 ^{*#}
			F 值	24.12	12.41	8.35	3.75
			P 值	<0.01	<0.01	<0.01	<0.05

注: * 与肥胖组比较, #与超重组比较, △与正常组比较, P<0.05。

2.2 不同 BMI 水平世居高原小学生 Conconi 运动心率反应 在 Conconi 测试中,受试者 HRDP 出现的时间点呈现年龄及体型特征,即同年龄阶段下,正常组 HRDP 出现较晚,肥胖、超重及消瘦组 HRDP 出现较早;同体型组别下,随年龄上升,HRDP 出现时间越晚。就 HRDP 心率值而言,受试者随年龄增长基本呈上升

趋势,同年龄组 HRDP 心率值随 BMI 水平上升呈下降趋势。此外,HRDPspeed 随年龄增长存在上升趋势,同年龄组条件下,HRDPspeed 随受试者 BMI 水平上升而下降。总体而言,高原环境下随着受试者肥胖度上升,无论是心肺功能对运动负荷的耐受能力还是有氧运动耐力均出现一定程度的消退现象。见表 3~4。

表 3 各年级不同 BMI 水平世居高原小学生 Conconi 运动心率反应比较(̄x±s,次·min⁻¹)

年级	组别	人数	统计值	负荷 1	负荷 2	负荷 3	负荷 4	负荷 5
低	肥胖	15		107.83±12.64	122.44±10.73	142.97±10.24	162.37±12.11	174.37±11.91
	超重	17		105.38±11.02	119.63±11.92	142.37±9.47	160.31±13.46	169.30±10.86
	正常	31		100.16±12.19	116.38±10.28	131.70±10.63	150.73±11.62	162.47±10.52
	消瘦	24		102.43±11.58	118.22±11.09	142.31±11.40	161.65±10.36	168.83±10.72
			F 值	0.97	1.06	2.74	2.16	1.69
中	肥胖	13		105.27±10.25	120.24±13.07	144.23±11.06	158.73±10.26	168.38±11.29
	超重	22		103.72±12.56	120.08±10.21	140.27±11.52	158.36±12.13	168.24±11.36
	正常	27		97.25±10.33	114.38±8.83	128.78±12.05	152.72±10.56	160.73±9.62
	消瘦	32		100.37±13.10	117.34±10.28	131.60±9.28	155.68±11.09	164.24±10.25
			F 值	1.45	0.98	2.95	0.47	0.51
高	肥胖	14		102.84±10.53	118.83±9.67	142.86±10.25	154.73±10.63	164.52±10.67
	超重	20		100.56±9.94	117.38±7.70	137.25±11.92	149.44±9.03	163.41±8.82
	正常	33		94.35±8.72	110.76±8.52	126.32±12.04	139.91±10.26	159.02±9.34
	消瘦	25		96.98±8.26	114.80±9.61	129.74±10.54	155.53±9.64	163.06±8.04
			F 值	0.75	1.30	2.66	3.39	0.93
			P 值	>0.05	>0.05	>0.05	<0.05	>0.05

表 4 各年级不同 BMI 水平世居高原小学生 HRDP 水平比较

年级	组别	人数	HRDP			负荷级别	HRDPspeed /(km·h ⁻¹)
			̄x±s	F 值	P 值		
低	肥胖	15	142.97±12.71 [△]	3.27	<0.05	3	7
	超重	17	142.37±10.36 [△]			3	7
	正常	31	150.73±14.25 ^{*#}			4	7.5
	消瘦	24	142.31±12.44 [△]			3	7
中	肥胖	13	144.23±15.52 [△]	4.62	<0.05	3	7
	超重	22	140.27±10.48 [△]			3	7
	正常	27	152.72±11.62 ^{*#}			4	7.5
	消瘦	32	155.68±12.37 ^{*#}			4	7.5
高	肥胖	14	142.86±9.94 [△]	4.57	<0.05	3	7
	超重	20	149.44±10.26 [△]			4	7.5
	正常	33	159.02±11.32 ^{*#}			5	8
	消瘦	25	155.53±10.73 [*]			4	7.5

注: * 与超重组比较, #与肥胖组比较, △与正常组比较, P<0.05。

2.3 不同 BMI 水平学生脂代谢与 HRDP 关联性 随着 Conconi 运动负荷强度提高,受试者心率亦不断上升,且受试者 HRDP 与其血清 LEP 存在线性关系。低年级组不同 BMI 组 HRDP 与其血清 LEP 存在关联性($r_{\text{肥胖组}}=0.64, r_{\text{超重组}}=0.12, r_{\text{正常组}}=0.44, r_{\text{消瘦组}}=0.61, P$ 值均<0.05)。中年级组肥胖组 $r=0.34$, 正常组 $r=0.44$, 消瘦组 $r=0.41$ (P 值均<0.05); 高年级组肥胖组 $r=0.54$, 正常组 $r=0.62$, 消瘦组 $r=0.35$ (P 值均<0.05), 超重儿童(中年级组 $r=0.10$; 高年级组 $r=0.16$) HRDP 与脂代谢关联均无统计学意义(P 值均>0.05)。

3 讨论

研究表明,瘦素在身体体重调节及能量稳态中发挥重要作用,可有效抑制乙酰基辅酶 A 羧化酶活性^[20]。因此,瘦素可减少游离脂肪酸和三酰甘油的合成,增加脂质的氧化,并减少身体脂肪的储存。此外,瘦素受脂肪聚积状态的调节,较大的脂肪细胞比较小的脂肪细胞含有更多的瘦素,BMI>27 kg/m² 的肥胖受试者平均血清瘦素浓度是非肥胖人群的 2 倍^[21]。与血浆瘦素水平相关的已知因素包括年龄、性别、胰岛素和葡萄糖水平以及食物摄入和身体脂肪分布。本研究结果表明,各年级中超重组 LEP、ADPN、TC 及 TG 水平均高于其他组,肥胖组亦总体高于正常组及消瘦组。可见,随 BMI 水平上升,身体血清 LEP 水平逐渐上升。Misra 等^[22]针对超重和肥胖对孕妇血清瘦素水平纵向变化进行分析,结果认为,超重/肥胖妇女的血清瘦素浓度在整个妊娠期高于非超重妇女。此外,肥胖患者生脂激素水平增加使脂肪的合成旺盛,肥胖患者多伴有高胰岛素血症和胰岛素抵抗,其脂肪细胞上胰岛素受体数量减少或者存在受体后缺陷^[23]。胰岛素通过降低脂肪细胞内 cAMP 的浓度或通过激活脂蛋白磷酸酶,使激素敏感性脂肪酶脱磷酸而降低其解酯活性,达到降低脂肪分解,同时胰岛素能促进血糖进入脂肪细胞代谢,增加 3-磷酸甘油的合成,有利于脂肪酸的重新酯化,减少脂肪酸释放^[24]。以上结果均佐证了本研究结论。

在体育运动实践中,HRDP 可被视为身体由有氧代谢向无氧代谢的过渡点,因此在有氧运动强度的制定中具有重要的参考意义^[6]。HRDP 的判定一般在递增负荷运动中进行,最常见的运动方式为 Conconi 运动试验。以往关于 HRDP 的研究基本针对耐力项目运动员生理功能监控、训练计划制定及训练效果反馈。现有的研究证实,HRDP 出现时间越晚、对应跑速越高,代表身体有氧运动素质越强^[25]。本研究结果表明,世居 3 200 m 高原小学生在改良 Conconi 测试中出现明显的 HRDP 现象,且该现象与肥胖度、年龄存在关联性,BMI 正常学生 HRDPspeed 平均高于 BMI 异常学生,高年级学生 HRDPspeed 平均高于低年级学生。

前期研究证实了 BMI 水平与脂代谢异常相关,是预测脂代谢异常较为准确的指标,即肥胖患者不仅表现为 BMI 水平高于临界值,脂代谢水平亦高于正常人群。邓玲^[26]研究证实,单纯性肥胖儿童少年血清瘦素、脂代谢指标 TG、TC 及 LDL-C、内分泌指标 T₃、INS 高于正常儿童。此外,不同 BMI 水平儿童少年有氧运动能力存在差异,且 BMI 水平与其大多数运动能力存在密切关联,BMI 与各项运动能力指标的关系呈非线性,肥胖及超重儿童较正常儿童的表现较差,相反,静

态肌力更占优势^[27]。低体重儿童在有氧耐力、力量、柔韧性、握力等方面较正常体重儿童差,其他无显著差异^[28]。基于此,可见 BMI 水平是评估身体脂代谢的重要指标,且与运动耐力存在关联。本研究证实,超重组、正常组及消瘦组小学生脂代谢与 HRDP 存在关联,但肥胖组并不存在线性关系。其可能机制为超重与肥胖儿童的脂代谢效率并不一致,但目前尚缺乏肥胖与超重人群有氧运动耐力及运动心率反应的相关研究,有赖于进一步探索。

综上所述,世居高原环境儿童少年脂代谢水平呈现显著的年龄特征,同时受 BMI 水平的影响,表现为正常 BMI 儿童少年脂代谢指标与肥胖、超重儿童少年存在差异。其次,Conconi 测试证据表明,不同 BMI 水平及不同年龄儿童少年 HRDP 亦存在差异,总体表现为随年龄上升 HRDP 逐渐上升,说明随年龄上升,儿童少年各器官系统发育更趋于完善,有氧耐受能力得到不同程度提高;正常 BMI 儿童少年 HRDP 及 HRDP-speed 均高于肥胖超重儿童。此外,世居高原不同 BMI 水平小学生 HRDP 与脂代谢可能存在关联,提示高原环境下不同 BMI 水平小学生有氧耐受能力可能存在差异。因此,不同 BMI 水平儿童发展有氧耐力素质的手段应该结合其有氧耐受能力,采用安全、有效的手段进行运动干预。

4 参考文献

- [1] 2014 年全国学生体质健康调研结果[J]. 中国学校卫生, 2015, 36(12): IV.
- [2] 张勇. 运动与脂肪氧化动力学及最大脂肪氧化研究[D]. 上海: 上海体育学院, 2013.
- [3] 郭春丽, 赵晓光. 瘦素在肥胖调节中的作用[J]. 医学综述, 2011, 17(1): 44-47.
- [4] 陈玲, 何春枝, 董善武, 等. 单纯性肥胖儿童脂肪因子和炎症因子相关性研究[J]. 中国地方病防治杂志, 2017, 32(8): 902-903.
- [5] 陈学伟, 张娜, 徐传香, 等. 最大摄氧量间接测量法-踏阶运动心率的变化特征[J]. 解放军预防医学杂志, 2015, 33(1): 43-44.
- [6] PEREIRA P E, CARRARA V K, RISSATO G M, et al. The relationship between the heart rate deflection point test and maximal lactate steady state[J]. J Sports Med Phys Fit, 2016, 56(5): 497-502.
- [7] 宋淑华, 刘坚, 高春刚, 等. 递增负荷运动对中长跑运动员心率变异性的影响[J]. 山东体育学院学报, 2010, 26(10): 62-65.
- [8] 林家仕, 刘明俊, 高云清, 等. Conconi 测试心率偏离点评定赛艇运动员无氧阈的有效性研究[J]. 体育科学, 2010, 30(5): 67-74.
- [9] CONCONI F, FERRARI M, ZIGLIO P G, et al. Determination of the anaerobic threshold by a non-invasive fieldtest in runners[J]. Appl Physiol, 1982, 52(4): 869-873.
- [10] 李红燕, 张立, 徐国栋, 等. 男子青少年赛艇运动员递增负荷运动时肌氧含量变化特点: 肌氧评定个体有氧代谢能力的可行性探讨[J]. 中国运动医学杂志, 2006(3): 351-354.
- [11] CONCONI F, GRAZZI G, CASONI I, et al. The conconi test: methodology after 12 years of application[J]. Int J Sports Med, 1996, 17(7): 509-519.

- 志, 2017, 17(10): 1871-1873.
- [7] 许凤鸣, 张彦勤, 姜晓民, 等. 河南省中小學生 1985—2014 年視力不良動態分析[J]. 中國公共衛生, 2017, 33(12): 1756-1759.
- [8] SHAH R L, HUANG Y, GUGGEN-HEIM J A, et al. Time outdoors at specific ages during early childhood and the risk of incident myopia [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2017, 58: 1158-1166. DOI: 10.167/ iovs-16-20894.
- [9] JEE D, MORGAN I G, KIM E C. Inverse relationship between sleep duration and myopia [J]. *Acta Ophthalmol*, 2016, 94(3): e204-e210.
- [10] DER-CHONG T, SHAO-YOU F, NICOLE H, et al. Myopia development among young school children: the myopia investigation study in Taipei [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2016, 57(15): 6852-6860.
- [11] TERASAKI H, YAMASHITA T, YOSHIHARA N, et al. Association of lifestyle and body structure to ocular axial length in Japanese elementary school children [J]. *BMC Ophthalmol*, 2017, 17(1): 123-130.
- [12] 陶芳標.《兒童青少年近視防控適宜技術指南》專題解讀[J]. 中國學校衛生, 2020, 41(2): 166-168, 172.
- [13] 國家衛生健康委. 兒童青少年近視防控適宜技術指南[EB/OL]. [2019-10-14]. <http://www.nhc.gov.cn>.
- [14] 王碩, 郭秀花, 郭寅, 等. 2017—2018 年北京市初中學生近視現狀及影響因素的研究[J]. 預防醫學情報雜誌, 2020, 36(3): 263-268, 275.
- [15] 徐文潔. 當代農村青少年近視情況影響因素分析: 以涼水鄉為例[J]. 健康必讀, 2020(6): 263.
- [16] 張艷青, 張茜, 劉潔, 等. 家庭因素對初中生近視狀態的影響分析[J]. 中國兒童保健雜誌, 2018, 26(8): 900-903.
- [17] 王卫东, 姚亚男, 唐丽娜, 等. 中国初中生近视患病情况及其影响因素[J]. 中华疾病控制杂志, 2019, 23(9): 1057-1061, 1106.
- [18] 程广印, 毛苒, 安毅. 北京市西城区 2015—2016 学年中小學生視力及屈光狀態[J]. 中國學校衛生, 2019, 40(2): 273-275.
- [19] 趙愛華, 馬德珍. 泰安市農村中小學生視力不良影響因素分析[J]. 中國校醫, 2018, 32(9): 676-678, 681.
- [20] 徐智輝. 青少年近視的影響因素和預防保健措施[J]. 養生保健指南, 2019(41): 101.
- [21] 錢美伶. 臨夏州青少年近視患病率及相關因素調查[D]. 蘭州: 甘肅中醫藥大學, 2018.
- [22] 王炳南, 王麗娟, 陳如專, 等. 兒童青少年身體活動與近視的關係: 系統綜述和 Meta 分析[EB/OL]. [2020-07-17]. <https://doi.org/10.16470/j.csst.2019160>.
- [23] 華文娟, 伍曉艷, 許韶君, 等. 我國中部 6 省城市中中小學生疑似近視患病率與緯度分布[J]. 中國學校衛生, 2013, 34(11): 1299-1301.
- [24] 韓文杰, 徐敦倫, 鄭敏, 等. 海拔高度對 LASIK 術後的影響二例報告[J]. 眼外傷職業眼病雜誌, 2005, 27(10): 792-793.
- [25] 韓淪萍, 劉素菊, 竇瑩. 西藏高海拔地區初中學生眼病調查分析[J]. 中國實用醫藥, 2017, 12(9): 197-198.
- [26] 韓霞, 苗海玲, 黃丹. 青海省高海拔藏區初中學生近視率的調查研究[J]. 國際眼科雜誌, 2014, 14(5): 913-915.
- [27] 楊一佳. 高海拔環境對眼部影響的研究進展[J]. 中華實驗眼科雜誌, 2019, 37(6): 481-485.
- [28] 張娟, 葛小伍, 張兆成, 等. 2015 年徐州市城區中學生視力不良狀況調查[J]. 江蘇預防醫學, 2016, 27(3): 369-370.
- [29] 周薇薇, 韓冰, 劉春民, 等. 深圳市龍崗區初中生視力發育及屈光狀態的流行病學調查[J]. 中國婦幼保健, 2017, 32(17): 4217-4220.
- [30] 王紹萍, 顏天陽, 朱蘭蘭, 等. 三亞市某鄉鎮 2009—2013 年中學生視力檢查情況分析[J]. 海南醫學, 2016, 27(17): 2889-2891.
- [31] 許靜, 孫雲鵬, 劉根發, 等. 蚌埠市 2014—2016 年城區中學生視力不良現狀[J]. 淮海醫藥, 2018, 36(6): 638-639, 642.
- [32] 余家麟, 曾金水, 邱彥, 等. 2017 年深圳市寶安區初中生視力不良流行現況及影響因素分析[J]. 實用預防醫學, 2018, 25(6): 740-743.
- 收稿日期: 2020-06-27 修回日期: 2020-08-03 本文編輯: 湯建軍

(上接第 1702 頁)

- [12] CONCONI F, FERRARI M, ZIGLIO P G, et al. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field in man [J]. *Bollett Dell Soci Italian Di Biol Sper*, 1981, 56(23): 2504-2510.
- [13] JAN DERK G S, HINRICH S, ALEX P, et al. Acid bohr effect of a monomeric haemoglobin from dicrocoelium dendriticum: mechanism of the allosteric conformation transition [J]. *Febs J*, 2005, 155(2): 231-237.
- [14] STEPHANIE S P, ROXANA M B, CRISTINE L A, et al. Noninvasive determination of anaerobic threshold based on the heart rate deflection point in water cycling [J]. *J Strength Cond Res*, 2016, 30(2): 518-524.
- [15] 李雪, 李文斌, 封士兰, 等. 血红蛋白在高原低氧适应中的机制研究进展[J]. 浙江大学学报(医学版), 2019, 48(6): 674-681.
- [16] 宋旭, 譚華, 李濤, 主編. 體育與健康課程標準與教材分析[M]. 武漢: 武漢大學出版社, 2014: 4.
- [17] 中國肥胖問題工作組. 中國學齡兒童青少年超重、肥胖篩查體重指數值分類標準[J]. 中華流行病學雜誌, 2004, 25(2): 97-102.
- [18] 國家衛生和計劃生育委員會. 學齡兒童青少年營養不良篩查 WS/T 456—2014[S]. 北京: 中國標準出版社, 2014.
- [19] 周恩紅, 劉宇, 王艷春. 跑台上下坡運動對大鼠腸腸肌 AChE 活性的影響[J]. 中國運動醫學雜誌, 2014, 33(6): 590-594.
- [20] SALARI M, BARZEGAR M, ETEMADIFAR M, et al. Serum leptin levels in Iranian patients with Parkinson's disease [J]. *Iranian J Neurol*, 2018, 17(2): 71-77.
- [21] DIWAN A G, KUVALEKAR A A, DHARAMSI S, et al. Correlation of serum adiponectin and leptin levels in obesity and type 2 diabetes mellitus [J]. *Indian J Endocrinol Metabol*, 2018, 22(1): 93-99.
- [22] MISRA V K, TRUDEAU S. The influence of overweight and obesity on longitudinal trends in maternal serum leptin levels during pregnancy [J]. *Obesity*, 2011, 19(2): 416-421.
- [23] 沈穎潔, 孫春芳, 黃立飛, 等. 針刺對 2 型糖尿病患者胰島素抵抗及脂代謝的影響[J]. 中國中醫藥科技, 2020, 27(2): 235-237.
- [24] 汪洋, 陳可洋. 胰島素、格列本脲、二甲雙胍改善 GDM 鼠脂代謝[J]. 安徽醫科大學學報, 2020, 55(1): 33-36.
- [25] BOURGOIS J, COOREVITS P, DANNEELS L, et al. Validity of the heart rate deflection point as a predictor of lactate threshold concepts during cycling [J]. *J Strength Cond Res*, 2004, 18(3): 498-503.
- [26] 鄧玲. 單純性肥胖兒童血清瘦素、脂代謝及內分泌指標的檢測價值[J]. 中國婦幼保健, 2018, 33(18): 4187-4189.
- [27] 陳琮, 曹杰, 趙立君, 等. 不同運動方式對肥胖青少年身體成分、炎症因子和運動能力的影響[J]. 吉林大學學報(醫學版), 2015, 41(5): 1070-1075.
- [28] 李正, 李廷玉. 兒童 BMI 與運動能力關係的研究進展[J]. 重慶醫學, 2012, 41(18): 1864-1866.
- 收稿日期: 2020-06-16 修回日期: 2020-07-27 本文編輯: 湯建軍