

• 论 著 •

宁夏某高校大学生瘦体组织成分与指长比的相关性研究*

马成凤, 马秀慧, 吴曦, 张静, 杨梦怡, 马占兵, 霍正浩, 党洁[△]
(宁夏医科大学基础医学院/生育力保持教育部重点实验室, 宁夏银川 750004)

[摘要] 目的 以宁夏某高校大学生为研究对象, 分析瘦体组织(LBM)成分与指长比[食指(2D): 环指(4D)]的相关性。**方法** 随机选取 838 名在校大学生(男 412 名, 女 426 名)为研究对象, 采用生物电阻抗分析法测定所有受试者体重、身高、身体总水分(TBW)、细胞内液(ICW)、细胞外液(ECW)、蛋白质含量、骨矿物质含量(BMC)、骨骼肌含量(SMM)、体重指数(BMI)及基础代谢率(BMR)的分布。同时, 拍摄受试者双手掌面照片, 利用电脑图像软件测量并计算左、右手各 2D : 4D。应用 Pearson 相关分析法及线性回归法分析各项 LBM 与 2D : 4D 的相关性。**结果** 宁夏某高校大学生 LBM、BMI 和 BMR 的分布均表现为男性显著高于女性, 差异有统计学意义($P < 0.05$); 宁夏某高校大学生左手及右手 2D : 4D 均表现为女性显著高于男性, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。所有体成分指标在不同性别间均与 2D : 4D 无相关性($P > 0.05$)。**结论** 宁夏某高校大学生 LBM 与 2D : 4D 均分别存在显著性别差异, 提示性激素代谢水平可能影响二者的分布, 然而两者之间并无相关性, 可能并不存在共同的发育基础。

[关键词] 瘦体组织; 基础代谢率; 指长比; 生物电阻抗; 相关性分析

DOI: 10.3969/j.issn.1009-5519.2024.06.001

中图法分类号: R322; Q983

文章编号: 1009-5519(2024)06-0901-06

文献标识码: A

Correlation analysis between lean body mass and digit ratio of university students in Ningxia*

MA Chengfeng, MA Xiuhui, WU Xi, ZHANG Jing, YANG Mengyi,
MA Zhanbing, HUO Zhenghao, DANG Jie[△]

(School of Basic Medicine, Ningxia Medical University/Key Laboratory of Fertility Preservation and Maintenance of the Ministry of Education, Yinchuan, Ningxia 750004, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the correlation between lean body mass (LBM) and digit ratio (2D : 4D) of college students in Ningxia. **Methods** A total of 838 college students (412 males and 426 females) were randomly selected as the research objects. Bioelectrical impedance analysis (BIA) was used to determine the distribution of body weight, height, total body water (TBW), intracellular water (ICW), extracellular water (ECW), protein content, bone mineral content (BMC), skeletal muscle mass (SMM), body mass index (BMI) and basal metabolic rate (BMR). At the same time, the photos of the two palms were taken, and the 2D : 4D of the left and right hand was measured and calculated by computer image software. Pearson correlation analysis and unary linear regression analysis were used to analyze the correlation between each LBM and 2D : 4D. **Results** All the detection indicators of LBM, BMI and BMR among Ningxia university students were significantly higher in males than in females, with statistical significance ($P < 0.05$). The 2D : 4D of left hand and right hand were significantly higher in female than in male, the difference was statistically significant ($P < 0.05$). There was no correlation between 2D : 4D for all body composition indexes ($P > 0.05$). **Conclusion** There are significant gender differences in both LBM and 2D : 4D in Ningxia college student, suggesting that the level of sex hormone metabolism may affect the distribution of both, but there is no correlation between them, suggesting that there may not be a common developmental basis.

[Key words] Lean body mass; Basal metabolic rate; Digit ratio; Bioelectrical impedance; Correlation analysis

指长比主要是指食指(2D)与环指(4D)的相对比例。众多研究发现, 在不同人种和不同群体中, 2D : 4D 均表现为女性显著高于男性, 而这种性别差异与

胚胎早期宫内性激素水平有关, 这也使得 2D : 4D 成为判断个体胚胎期宫内激素环境的宏观生物学指标^[1-2]。机体宫内性激素靶点众多, 对个体生长发育

* 基金项目: 国家自然科学基金项目(32260218)。

作者简介: 马成凤(1997—), 硕士研究生在读, 主要从事人类表型组学方面的研究。 [△] 通信作者, E-mail: djune1978@126.com。

影响广泛,因此胚胎期性激素环境在影响 2D : 4D 发育的同时可能也会影响机体体成分的分布。瘦体组织(LBM)是指有恒定水的去脂组织,包含体液、蛋白质、无机盐、骨骼肌含量(SMM)等,其变化特征往往与机体生理及病理反应密切相关^[3-4]。基础代谢率(BMR)是指人体在自然条件下处于非活动状态时,为了维持生命所消耗的最低能量^[5]。有研究显示,LBM 可以显著促进机体 BMR 水平,是影响 BMR 的唯一预测指标^[6]。LBM 是决定体重指数(BMI)的关键因素,有研究显示机体脂肪分布特征及 BMI 与 2D : 4D 存在显著相关性,BMI 较高可能与较低的产前雄激素或较高的产前雌激素水平相关^[7],这似乎与 2D : 4D 形成的生物学基础存在一定交集。然而 LBM、BMR 是否与 2D : 4D 存在相关性的研究目前鲜有报道且结论不明。为此,本研究拟以宁夏地区某高校大学生为研究对象,分别分析 6 种 LBM、BMI 及 BMR 与 2D : 4D 之间的关系,探讨三者与 2D : 4D 形成间可能存在的共有生物学基础,为以 2D : 4D 为基础指导大学生运动、饮食等生活习惯提供理论依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象 选取 838 名在校大学生为研究对象,其中男 412 名,平均年龄(19.14±1.06)岁;女 426 名,平均年龄(19.24±1.06)岁。所有参与者彼此间无血缘关系,经入校体检排除糖尿病、高血压、内分泌性疾病等病史,无手术外伤史及抗结核药或激素等药物服用史。排除手部有残疾或手部精细结构缺失者。所有参与者均知情同意,研究方案已通过宁夏医科大学伦理委员会批准(宁医大伦理第 2022-G185 号)。

1.2 方法

1.2.1 指标的测量 通过 InBody BSM370 成分仪,采用生物电阻抗分析法(BIA)测定 LBM 各项指标。BIA 主要利用人体 LBM 为良导体(含水量高)、脂肪为绝缘体(含水量低或无)的特性,通过不同体成分对微电流产生不同阻抗来进行测定^[6]。本研究测量指标包括年龄、体重、身高、身体总水分(TBW)、细胞内液(ICW)、细胞外液(ECW)、蛋白质含量、骨矿物质含量(BMC)、SMM、BMI 及 BMR。

1.2.2 2D : 4D 的测量 要求参与者头部摆正,肩摆平,脊柱挺直,双手手掌朝上,保持手指并拢且用力伸直。在手掌上方放置标准直尺(30 cm),在垂直于手部正上方 50 cm 处采用数码相机拍摄双手掌面照片。随后,利用图像处理软件 Image-Pro Plus (Version 6.0, Media Cybernetics, Inc.)进行指长的校正及测量。所有测量值均经 3 人重复测量 3 次后完成,最终取测量平均值计算双手 2D : 4D。

1.3 统计学处理 采用 SPSS 26.0 软件建立数据库并进行数据分析。采用独立样本 *t* 检验(检验水准为 $\alpha=0.05$)分析各项指标与 2D : 4D 在不同性别之间的差异;各项指标与 2D : 4D 的相关性采用 Pearson 相关分析法及线性回归分析法。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 宁夏某高校大学生年龄、体重、身高、BMI、BMR 及 LBM 的分布特征 宁夏某高校大学生不同性别间除年龄外,男性体重、身高、TBW、ICW、ECW、蛋白质含量、BMC、SMM、BMI 及 BMR 均显著高于女性,差异有统计学意义($P<0.05$)。见表 1。

表 1 宁夏某高校大学生 LBM、BMI 及 BMR 分布特征($\bar{x}\pm s$)

指标	总体	男性	女性	<i>t</i>	<i>P</i>
年龄(岁)	19.19±1.06	19.14±1.06	19.23±1.06	-1.19	0.23
身高(cm)	165.00±8.50	171.35±6.11	158.86±5.41	31.29	<0.01
体重(kg)	60.12±10.30	65.79±9.79	54.64±7.41	18.55	<0.01
LBM					
ICW(kg)	20.31±4.18	23.89±2.65	16.84±1.76	45.27	<0.01
ECW(kg)	12.40±2.39	14.39±1.59	10.47±1.08	41.59	<0.01
TBW(kg)	32.70±6.55	38.28±4.22	27.31±2.82	44.09	<0.01
蛋白质含量(kg)	8.78±1.81	10.33±1.14	7.27±0.76	45.43	<0.01
BMC(kg)	3.18±0.60	3.64±0.48	2.73±0.29	33.45	<0.01
SMM(kg)	24.48±5.45	29.16±3.45	19.96±2.29	45.31	<0.01
BMI(kg/m ²)	22.03±3.03	22.40±3.11	21.67±2.90	3.55	<0.01
BMR[kJ/(m ² ·d)]	1 334.61±193.09	1 498.62±125.56	1 175.99±83.01	43.73	<0.01

2.2 宁夏某高校大学生 2D : 4D 的分布特征 宁夏大学生人群左手(L)及右手(R)2D : 4D 均存在显著性别差异,表现为女性高于男性,差异有统计学意义

($P<0.05$);然而双手 2D : 4D 的差值(Dr-1,右手减左手)在不同性别间差异无统计学意义($P>0.05$)。见表 2。

表 2 宁夏某高校大学生 2D : 4D 分布特征($\bar{x} \pm s$)

类型	总体	男性	女性	<i>t</i>	<i>P</i>
L(2D : 4D)	0.963 1±0.033 9	0.959 2±0.035 6	0.966 8±0.031 8	-3.262	0.001
R(2D : 4D)	0.965 4±0.034 8	0.961 9±0.034 3	0.968 8±0.035 1	-2.895	0.004
Dr-l	0.002 3±0.029 6	0.002 7±0.029 3	0.002 0±0.029 9	0.333	0.740

2.3 LBM 各项指标、BMI 及 BMR 与 2D : 4D 的相关性分析 Pearson 相关分析法结果显示,在控制了性别因素后,无论是在总人群中,还是在不同性别间,宁夏某高校大学生的 TBW、ICW、ECW、蛋白质含量、BMC、SMM、BMI 及 BMR 均与双手 2D : 4D 无相关关系($P > 0.05$),提示二者可能并不存在共同的发育

基础,见表 3。

此外,本研究还以 2D : 4D 为因变量,其他 LBM 指标分别为自变量, $P > 0.1$ 为排除标准, $P < 0.05$ 为纳入标准,进行了线性回归分析。结果显示,LBM 各项指标、BMI 及 BMR 在不同性别间均与双手 2D : 4D 无相关性($P > 0.05$)。见表 4。

表 3 Pearson 相关分析法分析 LBM 各项指标、BMI 及 BMR 与 2D : 4D 的相关性

指标	女性				男性			
	相关性	L(2D : 4D)	R(2D : 4D)	Dr-l	相关性	L(2D : 4D)	R(2D : 4D)	Dr-l
LBM								
ICW(kg)	<i>r</i>	-0.076	-0.055	0.016	<i>r</i>	-0.018	-0.015	0.004
	<i>P</i>	0.117	0.257	0.738	<i>P</i>	0.712	0.758	0.929
ECW(kg)	<i>r</i>	-0.076	-0.037	0.037	<i>r</i>	-0.006	0.006	0.014
	<i>P</i>	0.118	0.443	0.447	<i>P</i>	0.910	0.902	0.779
TBW(kg)	<i>r</i>	-0.076	-0.049	0.024	<i>r</i>	-0.014	-0.007	0.008
	<i>P</i>	0.115	0.318	0.617	<i>P</i>	0.784	0.884	0.871
蛋白质含量(kg)	<i>r</i>	-0.079	-0.057	0.017	<i>r</i>	-0.017	-0.019	-0.001
	<i>P</i>	0.104	0.242	0.724	<i>P</i>	0.725	0.701	0.983
BMC(kg)	<i>r</i>	-0.048	-0.008	0.042	<i>r</i>	-0.005	0.000	0.006
	<i>P</i>	0.324	0.871	0.391	<i>P</i>	0.915	0.997	0.901
SMM(kg)	<i>r</i>	-0.075	-0.055	0.016	<i>r</i>	-0.019	-0.015	0.005
	<i>P</i>	0.120	0.261	0.741	<i>P</i>	0.702	0.756	0.918
BMI(kg/m ²)	<i>r</i>	0.069	0.015	-0.056	<i>r</i>	-0.002	0.037	0.046
	<i>P</i>	0.152	0.762	0.245	<i>P</i>	0.974	0.450	0.356
BMR[kJ/(m ² ·d)]	<i>r</i>	-0.075	-0.047	0.025	<i>r</i>	-0.008	-0.013	0.007
	<i>P</i>	0.122	0.333	0.614	<i>P</i>	0.867	0.785	0.892

注:*r* 为相关系数。

表 4 线性回归分析法分析 LBM 各项指标、BMI 及 BMR 与 2D : 4D 的相关性

项目	指标	女性					男性				
		<i>B</i>	<i>SE</i>	β	<i>t</i>	<i>P</i>	<i>B</i>	<i>SE</i>	β	<i>t</i>	<i>P</i>
L(2D : 4D) LBM											
	ICW(kg)	-0.001	0.001	-0.070	-1.408	0.160	0.000	0.001	-0.018	-0.370	0.712
	ECW(kg)	-0.002	0.001	-0.072	-1.439	0.151	0.000	0.001	-0.006	-0.113	0.910
	TBW(kg)	-0.001	0.001	-0.071	-1.428	0.154	0.000	0.000	-0.014	-0.274	0.784
	蛋白质含量(kg)	-0.003	0.002	-0.072	-1.443	0.150	-0.001	0.002	-0.017	-0.352	0.725
	BMC(kg)	-0.004	0.005	-0.041	-0.825	0.410	0.000	0.004	-0.005	-0.106	0.915
	SMM(kg)	-0.001	0.001	-0.070	-1.396	0.163	0.000	0.001	-0.019	-0.383	0.702
	BMI(kg/m ²)	0.001	0.001	0.072	1.445	0.149	-1.854E-5	0.001	-0.002	-0.033	0.974
	BMR[kJ/(m ² ·d)]	-2.636E-5	0.000	-0.069	-1.391	0.165	-3.824E-6	0.000	-0.013	-0.273	0.785

续表 4 线性回归分析法分析 LBM 各项指标、BMI 及 BMR 与 2D : 4D 的相关性

项目	指标	女性					男性				
		B	SE	β	t	P	B	SE	β	t	P
R(2D : 4D)LBM											
	ICW(kg)	-0.001	0.001	-0.064	-1.288	0.199	0.000	0.001	-0.015	-0.308	0.758
	ECW(kg)	-0.001	0.002	-0.042	-0.845	0.399	0.000	0.001	0.006	0.123	0.902
	TBW(kg)	-0.001	0.001	-0.056	-1.125	0.261	-5.883E-5	0.000	-0.007	-0.147	0.884
	蛋白质含量(kg)	-0.003	0.002	-0.066	-1.328	0.185	-0.001	0.001	-0.019	-0.384	0.701
	BMC(kg)	-0.002	0.006	-0.019	-0.388	0.699	-1.472E-5	0.004	0.000	-0.004	0.997
	SMM(kg)	-0.001	0.001	-0.064	-1.288	0.198	0.000	0.000	-0.015	-0.310	0.756
	BMI(kg/m ²)	9.624E-6	0.001	0.001	0.017	0.987	0.000	0.001	0.037	0.755	0.450
	BMR[kJ/(m ² ·d)]	-2.226E-5	0.000	-0.055	-1.105	0.270	-2.263E-6	0.000	-0.008	-0.168	0.867
Dr-1 LBM											
	ICW(kg)	3.534E-5	0.001	0.002	0.045	0.964	4.887E-5	0.001	0.004	0.089	0.929
	ECW(kg)	0.001	0.001	0.031	0.611	0.541	0.000	0.001	0.014	0.281	0.779
	TBW(kg)	0.000	0.000	0.013	0.263	0.793	5.558E-5	0.000	0.008	0.162	0.871
	蛋白质含量(kg)	6.549E-5	0.002	0.002	0.036	0.972	-2.673E-5	0.001	-0.001	-0.021	0.983
	BMC(kg)	0.002	0.005	0.023	0.469	0.639	0.000	0.003	0.006	0.124	0.901
	SMM(kg)	1.869E-5	0.001	0.002	0.031	0.975	4.312E-5	0.000	0.005	0.103	0.918
	BMI(kg/m ²)	-0.001	0.000	-0.081	-1.622	0.106	0.000	0.000	0.046	0.923	0.356
	BMR[kJ/(m ² ·d)]	4.097E-6	0.000	0.012	0.245	0.807	1.561E-6	0.000	0.007	0.135	0.892

注: B 为回归系数; SE 为标准误; β 为标准化回归系数。

3 讨 论

人类 2D : 4D 作为一种具有典型性别二态性的体质特征,在不同人群和地区均表现为女性显著高于男性^[1]。一般认为,2D : 4D 形成于妊娠 14 周左右,受到胚胎早期产前雄激素与产前雌激素的影响,雄激素与雌激素的比值与 2D : 4D 呈负相关,其后保持稳定,不受个体出生后性激素水平影响^[8],因此这使得 2D : 4D 成为判断个体胚胎期宫内激素环境的宏观生物学指标^[2]。由于孕期母体宫内环境异常波动在影响 2D : 4D 发育的同时,也可能引起机体成年后胚胎起源成人性疾病,如精神分裂症^[9]、男性不育^[10]及肿瘤^[11]的发生,因此开展 2D : 4D 与疾病发生相关性的研究也成为目前生命科学及医学的研究热点之一^[12]。

孕期宫内性激素对个体发育有着广泛的影响,包括对个体出生后体成分的影响。因此,产前性激素水平在影响 2D : 4D 发育的同时是否也参与了个体体成分的分布,是否能够通过 2D : 4D 的测定判断机体部分体成分的含量值得深入研究。已有研究报道, BMI 作为冠心病等心血管疾病的危险因素,与 2D : 4D 可能存在正相关关系^[13]。BMI 与机体脂代谢水平密切相关,而脂肪分布特征则受到性激素水平的显著调控,较高的 BMI 可能与产前雌激素水平增高有关,因此使得 2D : 4D 成为预测个体未来患心血管疾病的早期宏观生物学标志物^[14]。近期,一项针对欧洲人群的大型在线调查分析了 2D : 4D 和 BMI 之间的

关系,发现不同性别人群 2D : 4D 与 BMI 之间存在微弱的正相关关系,在女性中尤为明显^[15]。本研究结果显示,宁夏某高校大学生 BMI 均值处于正常水平,且男性身高、体重及 BMI 显著高于女性,与我国青春期后青年人体质特征一致^[16]。然而,本研究并未发现 BMI 与 2D : 4D 存在相关性,这与 KALICHMAN 等^[17]、FISCHER 等^[18]的研究结果一致。这可能说明 BMI 与 2D : 4D 的关联性较弱,加之受到样本量、检测方法、统计方法、年龄等因素影响可能出现结果不一致的现象。此外,本研究对象均为健康大学生,能够维持正常的日常饮食和户外活动,因此能够较好地控制脂肪及体重的分布,这可能也是导致二者并无显著相关性的原因之一。

本研究结果发现,除 BMI 外,宁夏某高校男性大学生 6 项 LBM 检测指标同样显著高于女性。LBM 主要是指去脂体重,这其中肌肉及 BMC 是构成 LBM 的主要成分,二者功能相辅且同步增减,共同受到类固醇激素的影响^[3]。有研究结果显示,男性骨骼肌的合成代谢受到睾酮的显著调节,机体睾酮水平与肌肉含量呈显著正相关,而与脂肪含量则呈负相关^[19]。随着个体年龄的逐渐增大,伴随睾酮分泌减少,将会导致肌肉和骨骼的流失与脂肪的增加,增加少肌症及肥胖的发生风险^[20]。女性肾上腺皮质也会合成雄激素,在青春期达到峰值,而在 20 岁之后开始逐渐下降,这将导致肌肉的分解代谢反应逐渐明显,从而降低女性

骨骼肌的合成^[21]。此外,骨骼肌细胞中存在特定的雌激素受体(ER),雌激素可以通过 ER 的介导,活化 AKT 信号通路,进而磷酸化激活 mTOR,刺激肌组织中卫星细胞的增殖活性,增加蛋白质的合成,进而参与肌肉质量的生长、维持和修复过程^[22-23]。而在既往研究中都显示,无论是成人还是儿童,肌肉及蛋白质含量等均与 BMC 呈显著正相关,而与脂肪含量呈负相关^[24-25]。虽然有报道显示,脂肪细胞能够将雄烯二酮转换为雌酮,借此抑制破骨细胞的活性,减少 BMC 的丢失和骨结构的破坏,然而这种现象仅限于绝经后女性^[26]。因此,LBM 才是 BMC 的重要决定因素。

肌肉组织主要以水分和蛋白质为主。本研究结果显示,宁夏某高校男性大学生 TBW、ICW、ECW、蛋白质含量、BMC 及 SMM 均显著高于女性,主要原因在于青春期后男性雄激素水平显著增高,在促进男性第二性特征发育的同时,加速肌肉和骨骼的生理状态,抑制脂肪生成。虽然雌激素也有促进骨骼肌合成的作用,但相较于雄激素而言,其更多促进了脂肪的蓄积及分布^[27]。此外,由于 LBM 是决定 BMR 的唯一预测指标,增加肌肉含量可以有效提升机体代谢水平,提高机体 BMR 水平,因此这也是男性 BMR 显著高于女性的主要原因。由于 2D : 4D 与 LBM 均受到性激素的显著调控,因此多项研究试图分析二者之间是否存在直接关联。HALIL 等^[28]在老年群体中发现,2D : 4D 与骨骼肌质量指数和握力呈显著负相关,提示产前雄激素暴露可能在老年人骨骼肌丧失过程中发挥作用。PRUSZKOWSKA-PRZYBYLSKA 等^[23]研究发现,儿童期个体 2D : 4D 与 SMM 呈显著负相关,具有较低水平 2D : 4D 的女孩,SMM 有显著增加的趋势。此外,普遍发现运动人群 2D : 4D 明显较低,这可能是与运动人员 LBM 含量较高有关,因此 2D : 4D 可能作为挑选运动员的指标之一^[29-30]。然而,本研究并未发现宁夏某高校大学生 6 项 LBM 各项指标及 BMI、BMR 与 2D : 4D 存在相关性,主要原因在于 LBM 的发育可能更多受到青春期后性激素水平的调节,而产前宫内性激素水平可能主要影响了 2D : 4D 的发育,而对成年个体体成分的分布影响不大。此外,在个体成长过程中,饮食、生活习惯、受教育水平、运动水平、母亲孕期体重等均会影响个体体成分的分布^[23]。因此本研究尚不能认定 2D : 4D 与 LBM 间的相关性,今后仍需在更大样本中通过增加分层分析进一步验证。

综上所述,本研究发现无论是 2D : 4D,还是 LBM,宁夏某高校大学生女性 2D : 4D 显著高于男性,而男性 LBM 则显著高于女性,但是二者间并不存在相关关系,提示二者可能并未共享相同的发育机制。本研究尚存在一定缺陷,如限于样本数量,无法进行年龄分层分析;未进行完善的问卷调查,无法获知生活习惯、运动水平等对各项体成分和 2D : 4D 的影响。在今后的研究中将逐步扩大样本量,补充问卷

调查数据,为补充国内相关研究资料,指导在校大学生建立合理生活方式提供参考依据。

参考文献

- [1] BOVE R, MALIK M T, DIAZ-CRUZ C, et al. The 2D : 4D ratio, a proxy for prenatal androgen levels, differs in men with and without MS [J]. *Neurology*, 2015, 85(14): 1209-1213.
- [2] KLIMEK M, GALBARCZYK A, NENKO I, et al. Biomarkers of fetal conditions: Finger ridge-counts, facial fluctuating asymmetry, and digit ratio (2D : 4D): Are they correlated in women? [J]. *Am J Phys Anthropol*, 2021, 174(2): 224-231.
- [3] HARPER J, O'DONNELL E, SOROURI KHORASHAD B, et al. How does hormone transition in transgender women change body composition, muscle strength and haemoglobin? Systematic review with a focus on the implications for sport participation [J]. *Br J Sports Med*, 2021, 55(15): 865-872.
- [4] ARMSTRONG L E, JOHNSON E C. Water intake, water balance, and the elusive daily water requirement [J]. *Nutrients*, 2018, 10(12): 1928.
- [5] 刘秋君, 张静, 杨梦怡, 等. 宁夏大学生瘦体组织成分与基础代谢率的相关性分析 [J]. *解剖学杂志*, 2022, 45(2): 147-152.
- [6] BI X Y, FORDE C G, GOH A T, et al. Basal metabolic rate and body composition predict habitual food and macronutrient intakes: Gender differences [J]. *Nutrients*, 2019, 11(11): 2653.
- [7] KASIELSKA-TROJAN A, DANILEWICZ M, STRUZYNA J, et al. The role of oestrogen and progesterone receptors in gigantomastia [J]. *Arch Med Sci*, 2022, 18(4): 1016-1020.
- [8] MANNING J, COOK C, CREWETHER B. Digit ratio (2D : 4D) and testosterone supplementation [J]. *Early Hum Dev*, 2019, 139: 104843.
- [9] HAN Y Y, DENG W, LEI W, et al. Association between the 2D : 4D ratio and schizophrenia [J]. *J Int Med Res*, 2020, 48(6): 300060520929148.
- [10] 赵君利, 刘丽, 刘蔚, 等. 宁夏不育群体男性生育力与指长比关系的初步调查 [J]. *中华男科学杂志*, 2012, 18(10): 881-885.
- [11] BUNEVICIUS A. The association of digit ratio (2D : 4D) with cancer: A systematic review and meta-analysis [J]. *Dis Markers*, 2018, 2018: 7698193.

- [12] 席焕久, 赵红, 李文慧, 等. 对指长比研究现状的初步分析[J]. 解剖学报, 2012, 43(4): 569-573.
- [13] BAGEPALLY B S, MAJUMDER J, KOTADIYA S. Association between the 2D : 4D and cardiovascular risk factors: Body mass index, blood pressure and body fat[J]. *Early Hum Dev*, 2020, 151: 105193.
- [14] FINK B, MANNING J T, NEAVE N. The 2nd-4th digit ratio(2D : 4D) and neck circumference: Implications for risk factors in coronary heart disease[J]. *Int J Obes*, 2006, 30(4): 711-714.
- [15] MANNING J T, FINK B, MASON L, et al. Digit ratio(2D : 4D) and body mass index in the BBC internet study: Prenatal sex steroids and a Trivers-Willard effect on body composition[J]. *J Biosoc Sci*, 2022, 54(5): 902-911.
- [16] BHASKARAN K, DOS-SANTOS-SILVA I, LEON D A, et al. Association of BMI with overall and cause-specific mortality: A population-based cohort study of 3-6 million adults in the UK [J]. *Lancet Diabetes Endocrinol*, 2018, 6(12): 944-953.
- [17] KALICHMAN L, BATSEVICH V, KOBYLIANSKY E. Finger length ratio and body composition in chuvashians[J]. *Coll Antropol*, 2017, 41(1): 25-30.
- [18] FISCHER PEDERSEN J K, KLIMEK M, GALBARCZYK A, et al. Digit ratio(2D : 4D) is not related to cardiovascular diseases or their risk factors in menopausal women[J]. *Am J Hum Biol*, 2021, 33(3): e23505.
- [19] ZUMOFF B, STRAIN G W, MILLER L K, et al. Twenty-four-hour mean plasma testosterone concentration declines with age in normal premenopausal women [J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 1995, 80(4): 1429-1430.
- [20] GATTU A K, GOLDMAN A L, GUZELCE E C, et al. The anabolic applications of androgens in older adults with functional limitations[J]. *Rev Endocr Metab Disord*, 2022, 23(6): 1209-1220.
- [21] ENNS D L, TIIDUS P M. The influence of estrogen on skeletal muscle: Sex matters [J]. *Sports Med*, 2010, 40(1): 41-58.
- [22] SAAD F, RÖHRIG G, VON HAEHLING S, et al. Testosterone deficiency and testosterone treatment in older men[J]. *Gerontology*, 2017, 63(2): 144-156.
- [23] PRUSZKOWSKA-PRZYBYLSKA P, SITEK A, ROSSET I, et al. Association of the 2D : 4D digit ratio with body composition among the polish children aged 6-13 years[J]. *Early Hum Dev*, 2018, 124: 26-32.
- [24] GARVEY M E, SHI L, GONA P N, et al. Age, sex, and race/ethnicity associations between fat mass and lean mass with bone mineral density: NHANES data [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2021, 18(23): 12606.
- [25] DENG K L, YANG W Y, HOU J L, et al. Association between body composition and bone mineral density in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2021, 18(22): 12126.
- [26] ROBERTSON D M, HALE G E, FRASER I S, et al. A proposed classification system for menstrual cycles in the menopause transition based on changes in serum hormone profiles[J]. *Menopause*, 2008, 15(6): 1139-1144.
- [27] BERNASOCHI G B, BELL J R, SIMPSON E R, et al. Impact of estrogens on the regulation of white, beige, and brown adipose tissue depots[J]. *Compr Physiol*, 2019, 9(2): 457-475.
- [28] HALIL M, GUREL E I, KUYUMCU M E, et al. Digit (2D : 4D) ratio is associated with muscle mass(MM) and strength(MS) in older adults; Possible effect of in utero androgen exposure[J]. *Arch Gerontol Geriatr*, 2013, 56(2): 358-363.
- [29] 闫丽敏. 基于 logistic 回归对高校网球运动员指长比的研究[J]. *河南师范大学学报(自然科学版)*, 2023, 51(4): 147-151.
- [30] CAMARCO N F, NETO I V D S, RIBEIRO E J, et al. Anthropometrics, performance, and psychological outcomes in mixed martial arts athletes[J]. *Biology(Basel)*, 2022, 11(8): 1147.

(收稿日期: 2023-08-13 修回日期: 2024-01-21)