

食物营养对运动员身体形态的影响研究

马 彬*

(南京航空航天大学, 南京 210016)

摘要: 目的 建立食物营养与运动员营养生化指标和身体形态之间的对应关系, 探讨饮食模式可能对运动员身体机能的影响。**方法** 以 166 名国家注册运动员为研究对象, 采用 SIMCA-P13+构建运动员饮食模式的 OPLS-DA 模型, 并采用 SPSS17.0 统计分析软件对调研结果进行分析。**结果** 总能量和脂肪、蛋白质和碳水化合物摄入分别对体脂百分数、体脂含量和体重指数成正相关的影响; 微量元素的摄入会影响体脂百分数、增加体脂含量和体重指数; 除缬氨酸、苏氨酸、蛋氨酸+胱氨酸外, 组氨酸、异亮氨酸、亮氨酸和赖氨酸对运动员身体形态的影响都相似, 即异亮氨酸、亮氨酸和赖氨酸的摄入会降低体脂百分数, 但是都会增加体脂含量和体重指数; 而组氨酸的摄入则会同时降低体脂百分数、体脂含量和体重指数。谷类及相关制品、高糖淀粉类、含糖饮料类和蔬菜类的摄入而增加体脂百分数、体脂含量和体重指数; 高糖淀粉类和水果类的摄入而增加体脂百分数、体脂含量, 并降低体重指数; 畜肉类、禽肉类和蛋类的摄入而减小体脂百分数、体脂含量, 并增加体重指数; 水产类、豆类和奶类的摄入会减小体脂百分数, 并体重指数。**结论** 优秀运动员具有自身相对稳定的饮食模式表现出个体差异性; 营养摄入模式不同表现出对运动员的身体机能指标有一定的关联, 通过模型识别技术表明营养摄入对运动员身体形态有重要的影响, 可通过食物营养与运动员营养生化指标和身体形态之间的对应关系加以控制。

关键词: 食物; 营养素; 运动员; 运动形态; 影响

Study on the influence of food nutrients on athletes' sports form

MA Bin*

(Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

ABSTRACT: Objective To establish the corresponding relationship between food nutrition, nutritional biochemical indexes and body shape of athletes, and explore the possible effects of dietary patterns on the physical functioning of athletes. **Methods** 166 nationally registered athletes were taking as research objects. The OPLS-DA model of athletes' diet mode was constructed by SIMCA-P13+, and the results were analyzed by SPSS17.0 statistical software. **Results** Total energy and fat, protein and carbohydrate intake were positively correlated with body fat percentage, body fat content and body mass index, respectively; the intake of trace elements would affect the body fat percentage, increase the body fat content and body mass index. Besides valine, threonine and methionine + cystine, the effects of histidine, isoleucine, leucine and lysine on the body shape of athletes were similar. It means that intake of isoleucine, leucine and lysine decreased body fat percentage but increased body fat content and body mass index,

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项(NR2018034)

Fund: Supported by the Central University's Basic Research Business Expenses (NR2018034)

*通讯作者: 马彬, 硕士, 讲师, 主要研究方向为体质与健康等方面研究。E-mail: mabin@nuaa.edu.cn

*Corresponding author: MA Bin, Master, Lecturer, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China. E-mail: mabin@nuaa.edu.cn

while histidine intake decreased body fat percentage, body fat content and body mass index at the same time. The intake of cereal and related products, high sugar starch, sugary drinks and vegetables increased the body fat percentage, body fat content and body mass index. The intake of high sugar starch and fruits increased the body fat percentage, body fat content and body mass index; the intake of livestock meat, poultry meat and eggs decreases the body fat percentage, body fat content and body mass index; aquatic products The intake of legumes, legumes and milk decreased the percentage of body fat and increased the body mass index. **Conclusion** Elite athletes with their own relatively stable diet patterns showed individual differences. Different nutrition intake patterns showed a certain correlation with athletes' body function indexes. The model recognition technology shows that nutrition intake has an important impact on athletes' body shape, which can be controlled by the corresponding relationship between food nutrition and athletes' nutrition biochemical indexes and body shape.

KEY WORDS: food; nutrients; athletes; sports form; influence

1 引言

随着国民经济的增长和人民生活水平的提高, 运动健身项目在全国范围内都受到越来越广泛的关注, 不同项目(足球、篮球、羽毛球、田径等)的注册运动员数量也在近年来得到了迅猛增加^[1]。不同项目的运动员的运动能力除受到遗传和后天锻炼等因素外, 食物营养摄入也是影响其运动成绩的重要因素, 这主要是因为食物营养摄入会影响运动员的身体形态以及免疫力等^[2,3]。如果没有合理的食物营养摄入, 运动员的运动成绩和训练质量势必会造成巨大影响^[4]。目前, 国内的关于运动员运动能力的研究项目较多, 但是涉及运动员营养摄入与运动员身体形态(体脂百分数、体脂含量和体重指数)之间的对应关系以及具体的影响规律的报道较少^[5,6]。因此, 本研究考察了运动员食物营养摄入与运动员身体形态等的对应关系, 以期为健康食物摄入与提高运动员运动能力提供参考和技术支撑。

2 材料与方法

2.1 研究对象

本文的研究对象为 166 名国家注册运动员, 为了调查结果的可靠性和普遍性, 这些国家注册运动员分别来自不同的项目组, 包括足球运动运动员 33 人、篮球运动员 23 人、田径运动员 26 人, 击剑运动员 19 人, 跆拳道运动员 33 人, 羽毛球运动员 18 人, 举重运动员 14 人。

2.2 实验试剂

无水硫酸铜、酒石酸钾钠、氯化钠(分析纯, 国药集团化学试剂有限公司); 牛血清清蛋白(bovine serum albumin, BSA)(生化级, 美国 Sigma 公司); 溴甲酚绿(阿达玛斯试剂有限公司)。

2.3 实验仪器

DX-200 体成分仪(韩国杰文公司); SYSMEX 2100XE

全自动血液分析仪(日本东亚公司); AU2700 蛋白测定仪(日本 Olympus 公司); Olympus AU2700 血清白蛋白测定仪(奥林巴斯有限公司); 全自动免疫化学发光仪(美国 Beckmen 公司)。

2.3 实验方法

通过测量运动员 3 天的膳食数据, 在调查期间, 采用称重法即每天称量食物摄入量, 并按照进餐人数得出每份食物中各种不同食物营养的含量, 计算出食物对应的营养素(含量和每人)的摄入量。在进行调查前, 对 166 名国家运动员进行身体成分测定, 具体包括身高、体重、体脂含量等。其中营养生化指标的测量采用流式细胞术检测血常规(5 分类)、双缩脲法检测总蛋白、溴甲酚绿检测血清白蛋白、免疫化学发光法检测血清铁蛋白。将运动员的饮食模式与其身体形态和身体机能相关的营养生化指标建立影响, 以身体机能相关的营养生化指标为因变量, 饮食各指标为自变量, 采用 SIMCA-P13+ 构建主成分分析(principal component analysis, PCA)和(正交)偏最小二乘判别模型即运动员饮食模式的 OPLS-DA 模型^[7], 并采用 SPSS17.0 统计分析软件对调研结果进行分析, 获取重要的信息, 从而探讨饮食模式可能对运动员身体机能的影响。

3 结果与分析

3.1 偏最小二乘回归统计

根据 OPLS-DA 模型得出了不同项目运动员的食物营养摄入与运动员营养生化对应关系的偏最小二乘回归(partial least squares, PLS)方法的统计分析结果如表 1, 其中, Com[1]、Com[2]和 Com[3]表示 3 个不同项目, Q2 值表示交叉有效性(用以评价模型预测能力), R2X 和 R2Y 表示模型能够解释 X 和 Y 矩阵信息的百分比^[8]。对比分析可见, Com[1]、Com[2]和 Com[3]的 Q2 值分别为 0.145、0.057 和 0.060, 对应的 Q2(cum)分别为 0.145、0.193 和 0.241; Com[3]的 R2X(cum)达到 39.7%、R2Y(cum)达到 0.575。表示提取

出的营养成分中能够解释 57.5% 的被解释变量 Y 集合的变异。由此可见, 构建的 OPLS-DA 模型可以有效对不同项目运动员的食物营养摄入与运动员营养生化之间的关系进行有效预测, 这些有助于对优秀运动员的身体形态与其摄入营养素指标进行关联的分析, 特别是人体中重要的 3 大能源物质维生素、无机盐和氨基酸。我们可以对营养素的指标分析建立相关的指标群, 并反映出相关性的趋势。

3.2 PLS 回归交叉的有效性和精度

通过改变变量 Com[1] 的主数据, 影响 R2Y 值, 分析 PLS 回归交叉的有效性和精度, 如表 2 所示。

由表 2 可知, 根据交叉有效性 Q2 值, 不同项目运动员营养生化与摄入食物种类之间的关系回归提取个主成分合适有效的, Q2(cum) 值达 0.205。R2X(cum) 为 0.133, 表示该模型对 X 解释变量组的信息利用率为 13.3%。R2Y(cum) 为 0.712 表示提取出的一个主成分能够解释 71.2% 的被解释变量 Y 集合的变异。这表明所构建的不同运动员营养生化与摄入食物种类之间的关系预测模型是比较有效的。

3.3 食物营养摄入与运动员身体形态的对应关系

如表 3 所示, 食物营养摄入与运动员身体形态的对应关系, 表中分别列出了总能量、蛋白质、脂肪和碳水化合物对运动员体脂百分数、体脂含量和体重指数的影响。蛋白质、脂肪和碳水化合物 3 大营养素除了各自有其独特的生理功能之外, 还都是产生能量的营养素, 在能量代谢中

既互相配合又互相制约, 碳水化合物和脂肪在体内可以互相转化, 互相代替, 而蛋白质是不能由脂肪或碳水化合物代替的。但充裕的脂肪和碳水化合物供给可避免蛋白质被当作能量的来源。当能量摄入超过消耗, 不论这些多余的能量是来自脂肪还是来自蛋白质或碳水化合物, 都会转化成脂肪积存在体内, 从而导致肥胖。对比分析可知, 总能量的摄入会提高体脂百分数并增加体脂含量和体重指数, 蛋白质的摄入会同时提高体脂百分数、体脂含量和体重指数, 脂肪的摄入对体脂百分数、体脂含量和体重指数的影响与总能量相似, 而碳水化合物的摄入则与蛋白质的摄入对体脂百分数、体脂含量和体重指数的影响相同。这也就说明, 总能量和脂肪、蛋白质和碳水化合物分别对体脂百分数、体脂含量和体重指数的影响具有一致性

3.4 维生素摄入与运动员身体形态的对应关系

表 4 为维生素摄入与运动员身体形态的对应关系, 表中分别列出了视黄醇、硫胺素、核黄素、抗坏血酸、烟酰胺、维生素 B5 等维生素对运动员体脂百分数、体脂含量和体重指数的影响。维生素是维持机体正常生理功能及细胞内特异性代谢反应所必需的一类微量低分子有机化合物。运动员对维生素的需要量较多, 一方面是运动时机体能量消耗增加, 加速了代谢过程, 各种酶的活性增加, 使得维生素消耗量相应增多; 同时大量排汗, 使得水溶性的抗坏血酸丢失严重, 因此运动员需要及时补充维生素 C。

表 1 食物营养摄入与优秀运动员营养生化对应关系的 PLS 回归

主成分	R2X	R2X(cum)	R2Y	R2Y(cum)	Q2	Q2(cum)
Com[1]	0.248	0.2478	0.206	0.206	0.145	0.145
Com[2]	0.059	0.305	0.255	0.460	0.057	0.193
Com[3]	0.092	0.397	0.115	0.575	0.060	0.241

表 2 优秀运动员营养生化与摄入食物种类之间的关系 PLS 回归的交叉有效性检验与精度分析

主成分	R2X	R2X(cum)	R2Y	R2Y(cum)	Q2	Q2(cum)
Com[1]	0.133	0.133	0.712	0.712	0.205	0.205

表 3 食物营养摄入与运动员身体形态的对应关系

食物营养	体脂百分比/%	体脂含量/kg	体重指数/(kg/m)
总能量	0.080	0.106	0.168
蛋白质	0.26	0.285	0.166
脂肪	0.114	0.113	0.181
碳水化合物	0.172	0.377	0.198

注: 体脂百分比是指将脂肪含量用其占总体重的百分比的形式表示; 体脂含量是指每 kg 人体内 de 脂肪重量。

表 4 维生素摄入与运动员身体形态的对应关系

维生素	体脂百分比/%	体脂含量/kg	体重指数/(kg/m)
视黄醇	-0.033	0.256	0.063
硫胺素	-0.067	0.285	0.166
核黄素	-0.065	0.313	0.181
抗坏血酸	0.101	0.177	0.166
烟酰胺	-0.122	0.233	0.105
维生素 B5	-0.101	0.209	0.187

3.5 微量元素摄入与运动员身体形态的对应关系

如表5所示,为微量元素摄入与运动员身体形态的对应关系,表中分别列出了Ca、Fe、Sn、Se、K、Na、Mg、Mn和Cu等元素以对运动员体脂百分数、体脂含量和体重指数的影响。对比分析可知,Ca、Fe、Sn、Se、K、Na、Mg、Mn和Cu等元素对运动员身体形态的影响都表现为相似的相关性,即微量元素的摄入会降低体脂百分数,但是都会增加体脂含量和体重指数。

表5 微量元素摄入与运动员身体形态的对应关系
Table 5 The corresponding relationship between the intake of trace elements and the body shape of athletes

盐	体脂百分比/%	体脂含量/kg	体重指数/(kg/m)
钙(mg)	-0.133	0.146	0.033
铁(mg)	0.101	0.165	0.165
锌(mg)	0.234	0.233	0.195
硒(μ g)	-0.101	0.122	0.045
钾(mg)	-0.034	0.033	0.095
钠(mg)	-0.209	0.142	0.117
镁(mg)	-0.101	0.115	0.104
锰(mg)	-0.138	0.017	0.065
铜(mg)	-0.156	0.011	0.098

锌是人体必需的微量元素之一,在人体生长发育、生殖遗传、免疫、内分泌等重要生理过程中起着极其重要的作用,被人们冠以“生命之花”、“智力之源”、“婚姻和谐素”的美称。运动训练可致自由基生成增加,而锌通过不同途径在抗自由基损伤中发挥作用。对缺锌引起的睾酮水平和运动能力下降,补锌是唯一有效的办法。因此运动员应该适当增加锌的元素的摄入量。此外,铁是体内合成血红蛋白的原料。当机体缺乏时,血红蛋白的合成减少,而血液中的血红蛋白含量的多少对运动员有氧运动能力有重要影响。对运动员进行铁营养的补充,可使血清铁蛋白浓度增高,机体可利用的储备铁增多,有利于血红蛋白的合成,可以防止由于氧气供应不足而导致的运动能力下降。对比分析可知,不同微量元素对运动员体脂百分数、体脂含量和体重指数的影响程度不同,其中,Zn、Fe的影响相对较大,而Cu、Mn的影响相对较小。

3.6 氨基酸摄入与运动员身体形态的对应关系

如表6所示,氨基酸摄入与运动员身体形态的对应关系,表中分别列出了组氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、蛋氨酸+胱氨酸、缬氨酸和苏氨酸对运动员体脂百分数、体脂含量和体重指数的影响。对比分析可知,除缬氨酸、苏氨酸、蛋氨酸+胱氨酸外,组氨酸、异亮氨酸、亮氨酸和赖氨酸对运动员身体形态的影响都相似,即异亮氨酸、亮

氨酸和赖氨酸的摄入会降低体脂百分数,但是都会增加体脂含量和体重指数;而组氨酸的摄入则会同时降低体脂百分数、体脂含量和体重指数,组氨酸的咪唑基能与 Fe^{2+} 或其他金属离子形成配位化合物,促进铁的吸收,因而可用于防治贫血。与维生素B3(烟酸)和维生素B6(吡哆醇)一起,组氨酸可以通过提高身体组胺水平增加性快感,这些功能可能有助于降低体脂百分数、体脂含量和体重指数。

表6 氨基酸摄入与运动员身体形态的对应关系
Table 6 Correspondence between amino acid intake and athletes' body shape

氨基酸	体脂百分比/%	体脂含量/kg	体重指数/(kg/m)
组氨酸	-0.153	-0.104	-0.053
色氨酸	-0.067	0.131	0.136
亮氨酸	-0.034	0.164	0.123
赖氨酸	-0.101	0.152	0.155
异亮氨酸	-0.134	0.223	0.173
蛋氨酸+胱氨酸	0.109	0.242	0.134
缬氨酸	0.135	0.145	0.148
苏氨酸	0.156	0.176	0.179

3.7 食物种类摄入与运动员身体形态的对应关系

如表7所示,食物种类摄入与运动员身体形态的对应关系,表中分别列出了谷类及相关制品、薯类、高糖淀粉类、含糖饮料类、蔬菜类、水果类、畜肉类、禽肉类、蛋类、水产类、豆类和奶类对运动员体脂百分数、体脂含量和体重指数的影响。

谷物蛋白质一般在7.5%~15.0%,碳水化合物80%,各种微量元素和盐5%;畜类的肉含有10%~20%的蛋白质;蛋类中蛋白质含量13%~15%,脂肪含量10%,碳水化合物含量3%。因此,通过对比分析可知,不同食物种类对运动员体脂百分数、体脂含量和体重指数的影响存在一定差异;其中,谷类及相关制品、高糖淀粉类、含糖饮料类和蔬菜类对运动员体脂百分数、体脂含量和体重指数的影响相同,即都会随着这些食物的摄入而增加体脂百分数、体脂含量和体重指数;高糖淀粉类和水果类对运动员体脂百分数、体脂含量和体重指数的影响相同,即都会随着这些食物的摄入而增加体脂百分数、体脂含量,并降低体重指数;畜肉类、禽肉类和蛋类对运动员体脂百分数、体脂含量和体重指数的影响相同,即都会随着这些食物的摄入而减小体脂百分数、体脂含量,并增加体重指数;水产类、豆类和奶类对运动员体脂百分数、体脂含量和体重指数的影响基本相同,即都会随着这些食物的摄入而减小体脂百分数,并增加体脂含量和体重指数,其中,奶类对体重指数的影响可以忽略不计。

表 7 食物种类摄入与运动员形态指标之间的对应关系
Table 7 Corresponding relationship between food type intake and athletes' morphological indexes

食物种类	体脂百分比 /%	体脂含量 /kg	体重指数 /(kg/m)
谷类及相关制品	0.003	0.359	0.277
薯类	0.061	0.104	0.119
高糖淀粉类	0.054	0.026	-0.07
含糖饮料类	0.103	0.225	0.057
蔬菜类	0.11	0.24	0.035
水果类	0.177	0.276	-0.024
畜肉类	-0.255	-0.043	0.208
禽肉类	-0.093	-0.069	0.059
蛋类	-0.247	-0.069	0.059
水产类	-0.035	0.209	0.134
豆类	-0.024	0.03	0.222
奶类	-0.012	0.088	0

4 结 论

(1)根据 OPLS-DA 模型可以有效对不同项目运动员的食物营养摄入与运动员营养生化之间的关系进行有效预测。

(2)总能量和脂肪、蛋白质和碳水化合物分别对体脂百分数、体脂含量和体重指数的影响具成正相关趋势, 其实碳水化合物摄入对体重指数影响最大, 蛋白质摄入对体脂百分数影响大; 微量元素的摄入会降低体脂百分数、增加体脂含量和体重指数, 其中, Zn、Fe 的影响相对较大, 而 Cu、Mn 的影响相对较小。

(3)除缬氨酸、苏氨酸、蛋氨酸+胱氨酸外, 异亮氨酸、亮氨酸和赖氨酸的摄入会降低体脂百分数, 但是都会增加体脂含量和体重指数; 而组氨酸的摄入则会同时降低体脂百分数、体脂含量和体重指数。

(4)谷类及相关制品、高糖淀粉类、含糖饮料类和蔬菜类的摄入而增加体脂百分数、体脂含量和体重指数; 高糖淀粉类和水果类的摄入而增加体脂百分数、体脂含量, 并降低体重指数; 畜肉类、禽肉类和蛋类的摄入而减小体脂百分数、体脂含量, 并增加体重指数; 水产类、豆类和奶类的摄入而减小体脂百分数, 并增加体脂含量和体重指数。

参考文献

- [1] 孙小敏, 徐明, 廖远朋, 等. 四川省竞技体育运动员膳食营养调查与分析[J]. 四川体育科学, 2007, (3): 35-38.
 Sun XM, Xu M, Liao YP, *et al.* Investigation and analysis of dietary nutrition of competitive athletes in sichuan province [J]. Sichuan Sports Sci, 2007, (3): 35-38.
- [2] 龚波, 刘建, 刘印凡. 中国职业足球运动员的膳食与营养状况调查[J]. 武汉体育学院学报, 2005, (2): 43-46.
 Gong B, Liu J, Liu YF. Investigation on the dietary and nutritional status of Chinese professional football players [J]. J Wuhan Sports Univ, 2005,

- (2): 43-46.
- [3] 石晓晨. 浅析不同专项运动训练营养的特点[J]. 运动, 2011, (5): 50-51.
 Shi XC. Analysis of nutrition characteristics of different special sports training [J]. Sports, 2011, (5): 50-51.
- [4] 陈吉棣, 杨则宜, 李可基, 等. 推荐的中国运动员膳食营养素和食物适宜摄入量[J]. 中国运动医学杂志, 2001, (4): 340-347.
 Chen JD, Yang ZY, Li KJ, *et al.* Recommended dietary nutrients and food intake for Chinese athletes [J]. Chin J Sports Med, 2001, (4): 340-347.
- [5] 徐学慧. 男性青少年运动员膳食调查及膳食营养干预的研究[J]. 北京体育大学学报, 2009, 32(7): 63-65.
 Xu XH. Investigation on diet of male adolescent athletes and dietary nutrition [J]. Int J Beijing Sport Univ, 2009, 32(7): 63-65.
- [6] 蒋慧宇, 庞俊梅, 张伟. 跳跃运动员的合理营养与膳食设计—以山西师范大学校田径代表队跳跃组运动员为例[J]. 体育科技文献通报, 2017, 25(1): 103-106.
 Jiang HY, Pang JM, Zhang W. Reasonable nutrition and diet design of jumping athletes — a case study of athletes from the jumping team of Shanxi normal university [J]. Sports Sci Technol Literature Bull, 2017, 25(1): 103-106.
- [7] Freudenberg N, Mcdonough J, Tsui E. Can a food justice movement improve nutrition and health a case study of the emerging food movement in new York city [J]. J Urban Health, 2011, 88(4): 623-636.
- [8] Thow AM, Downs S, Jan S. A systematic review of the effectiveness of food taxes and subsidies to improve diets: Understanding the recent evidence [J]. Nutr Rev, 2014, 72(9): 551-565.
- [9] Shi Q, Zuo J, Zillante G. Exploring the management of sustainable construction at the programme level: A Chinese case study [J]. Construction Manage Economics, 2012, 30(6): 425-440.
- [10] Kazana V, Kazaklis A. Exploring quality of life concerns in the context of sustainable rural development at the local level: a Greek case study [J]. Regional Environ Change, 2009, 9(3): 209-219.
- [11] Stratigea A, Katsoni V. A strategic policy scenario analysis framework for the sustainable tourist development of peripheral small island areas — the case of Lefkada-Greece Island [J]. European J Futures Res, 2015, 3(1): 5-9.
- [12] Cashman A, Cumberbatch J, Moore W. The effects of climate change on tourism in small states: evidence from the Barbados case [J]. Tourism Rev, 2012, 67(3): 17-29.
- [13] Thielman SSB. The effects of tourism developments on the built environment in small island developing states, scenarios, frameworks: The case study of Curacao [J]. Int J Eng Technol, 2013, 5(6): 974-9.
- [14] Barnow BS. Exploring the relationship between performance management and program impact: a case study of the job training partnership act [J]. J Policy Anal Manage, 2000, 19(1): 118-141.
- [15] Salvati L, Carlucci M. A composite index of sustainable development at the local scale: Italy as a case study [J]. Ecological Ind, 2014, 43: 162-171.

(责任编辑: 王 欣)

作者简介

马 彬, 硕士, 讲师, 主要研究方向为
 体质与健康等方面研究。
 E-mail: mabin@nuaa.edu.cn