

运动对皮肤健康的影响研究进展

杨凯¹ 程党党¹ 综述, 王飞飞² 审校

(1.上海际研生物医药开发有限公司 上海 201702; 2.云南贝泰妮生物科技集团股份有限公司 云南 昆明 650106)

[摘要] 运动与皮肤健康之间的关联一直是皮肤科学界的研究焦点, 皮肤作为人体最大的器官组织, 会充分受到运动引发的各类代谢影响。通常运动对皮肤的影响被认为是积极的、正面的, 然而不少研究观察并记录了运动员特有的皮肤病或者皮肤异常现象, 说明运动对皮肤的影响更为复杂。近几年来运动对皮肤影响的研究已从皮肤表面表征深入至皮肤内源, 本文收集整理相关研究文献, 旨在归纳现阶段有关运动与皮肤健康的研究进展。

[关键词] 运动; 皮肤屏障; 经表皮水分散失值 (TEWL); 微生物; 氧自由基; 胶原蛋白

[中图分类号] R322.99 [文献标志码] A [文章编号] 1008-6455 (2025) 08-0194-05

Effects of Exercise on Skin Health

YANG Kai¹, CHENG Dangdang¹, WANG Feifei²

(1. Shanghai Jiyan Biomedical Development Co., Ltd, Shanghai 201702, China; 2. Yunnan Botanee Bio-technology Group Co., Ltd, Kunming 650106, Yunnan, China)

Abstract: The relationship between exercise and skin has always been the focus of research in the field of dermatology. Skin, as the largest organ and tissue of the body, will be fully affected by various metabolic effects caused by exercise. Generally, the effects of exercise on skin are described positively, but many researches have observed and recorded athletes' specific skin diseases or skin abnormalities, indicating that the impact of exercise on skin is more complex. In recent years, research on the impact of exercise on skin has deepened from surface characterization to endogenous factors. The relevant studies were collected aiming to summarize the current research progress on exercise and skin health.

Key words: exercise; skin barrier; trans epidermal water loss (TEWL); microorganism; reactive oxygen species; collagen

自古以来, 运动一直作为一种积极健康的生活习惯而被提倡, 2021年8月国务院印发《全民健身计划(2021-2025年)》, 就促进全民健身更高水平发展做出部署, 宣告“全民健身”时代的到来。各类研究表明, 良好的运动习惯能够有效地为身体带来积极正面的影响, 例如改善肥胖、高血脂等由过多脂肪堆积带来的身体肥胖^[1-2]、增强心肺功能^[3], 也能够塑造良好的心理健康状态^[4], 可以说, 运动于健康有益是全社会的共同认知。随着物质生活的发展, 人们对于健康的定义不再局限于身体病症, 拥有无瑕光洁、没有皮肤问题困扰的皮肤也是健康的象征。

目前, 社会关于运动对皮肤健康的影响评价主要以积极正面为主, 即运动有益于皮肤健康。然而自20世纪以来, 便有不少关于运动员皮肤健康的问题报告, 主要为运动员皮肤细菌感染导致的各类皮肤病以及大量出汗带来的皮肤屏障受损^[5], 逐渐揭示了运动对皮肤健康的潜在负面影响。

运动对皮肤健康的影响十分复杂, 时至今日, 运动对皮肤影响的研究已从皮肤表面表征深入至皮肤内源, 从而更好地阐明运动影响皮肤的机理。本综述通过收集整理

2010年至今的研究内容, 同时包含“运动”以及各类皮肤健康相关指标的相关文献, 对目前有关运动和皮肤健康的关联进行归类讨论。综述不仅涵盖运动对表皮理化参数的直接影响, 也纳入了与皮肤表观息息相关的内源因子在运动中的变化。根据研究的侧重点及表观、内源变化所导向的皮肤问题, 将所整理的研究按照运动对皮肤健康的影响分为皮肤屏障、细菌感染、氧化衰老三个方面进行讨论, 以此梳理目前该领域的研究进展。

1 运动影响皮肤屏障功能

经表皮水分散失值 (TEWL) 和表皮水分含量 (SC) 是衡量皮肤保湿功能和屏障功能的重要指标, 其中SC值与皮肤保湿功能呈正比关系, TEWL值与皮肤屏障功能的受损程度呈正比关系^[6]。运动习惯能够改善皮肤保湿功能, 长期保持中高频率运动习惯人群的SC值显著高于低频率运动人群^[7]。研究表明, 单次45 min以上的有氧运动后角质层水分含量显著高于运动前, 皮肤水合程度提升50%以上^[8]。皮肤保湿功能和皮肤结构被认为与体内线粒体生物合成有

关, 研究证实有氧耐力运动能够诱导白细胞介素-15 (IL-15), 从而促进体内线粒体的生物合成, 促进皮肤中的细胞增殖和修复, 改善皮肤的屏障功能, 有助于防止水分的流失和外部有害物质的侵入^[9], 因此, 长期运动人群的皮肤湿润可能是由于线粒体生物合成改善了皮肤结构^[10]。这种皮肤保湿功能的改善是有限的, 比如更高运动强度的运动员人群, 其皮肤SC值显著低于非运动员人群^[11]。

高强度运动后皮肤角质层过度水合会给皮肤带来短期或者可积累的屏障受损^[8]。日常有高强度运动的运动员对比具有运动习惯的非运动员, 前者皮肤TEWL值显著高于后者^[11]。这与运动量、运动环境和皮肤护理行为息息相关, 高强度运动下汗液分泌量大, 使皮肤长期处于过度水合状态。同时大量汗液稀释皮肤表面脂质, 研究表明, 单次45 min以上有氧运动后皮肤皮脂含量下降近30%, 皮肤更难锁住水分, 户外运动环境(比如风、紫外线)加速了皮肤水分散失^[8]。游泳是这一观点的极端案例, 相较其他运动, 游泳长时间接触水以及含有氯和其他可能导致接触性皮炎的刺激性化学物质, 可能会给皮肤屏障带来更大的损害风险^[12]。研究表明, 相同心率、运动时间下, 游泳前后皮肤TEWL值上升更为显著, 意味着皮肤屏障功能的受损^[13], 干燥症也是游泳爱好者以及游泳运动员的常见皮肤病之一^[14]。

另一方面, 高强度运动带来的屏障功能受损可能源于皮肤表面脂质的稀释, 水分更容易从皮肤中散失, 研究表明即使运动后3 h, 皮肤表皮脂质仍低于运动前状态^[15]。使用具有赋脂能力的润肤剂则能够有效减少被涂覆区域皮肤水分的散失^[16], 长期使用润肤剂的运动员, 皮肤屏障功能也要优于没有润肤剂使用习惯的运动员, 表现为较高的皮肤SC值和较低的TEWL值^[11]。运动是全身系统器官协同参与的行为, 其对皮肤表征的影响极为复杂, 在适量运动强度下, IL-5促进体内线粒体合成, 改善皮肤结构从而提高皮肤水分含量; 更高的运动强度下, 脂质稀释、皮肤过度水合、运动环境等因素均会影响皮肤屏障功能从而导致皮肤水分大量流失。在高强度运动中皮肤屏障受损是常见情况, 但是如何避免这类情况的发生, 如何正确地使用润

肤剂, 研究并提供有助于在运动中规避皮肤健康风险的方法, 对于专业运动员、运动爱好者或是研究本身而言更有价值和意义。

2 运动对皮肤菌落、免疫功能的影响

汗腺作为皮肤的一种器官, 对于皮脂膜的形成和皮肤表面pH的调节不可或缺, 一般情况下人体小汗腺分泌的汗液是无色、透明和酸性的^[17], 但大量研究表明, 一定程度运动后, 皮肤表面pH会逐渐升高, 弱酸性环境改变, 这种现象一般发生在运动中^[8, 11, 15]。这种现象可能因为运动过程中身体内部产生大量的酸性代谢产物, 如乳酸等, 这些酸性代谢产物通过汗液的形式从皮肤排泄出来, 从而使皮肤的pH值升高, 研究表明即使是短时间运动的出汗也可能使皮肤表面的pH值增加持续数小时^[18]。高温环境诱导的大量出汗皮肤pH值则不会上升, 反而有所下降^[19]。皮肤表面有一层由皮脂腺脂质、角质细胞和汗液组成的微酸性膜(pH 4.0~6.5), 这种微酸性膜可以视为皮肤的化学屏障, 弱酸性的表皮环境能够防止有害细菌在皮肤表面繁殖从而保护人体皮肤健康, 尤其是一些葡萄球菌在pH值5.0时会被角质层的水溶性成分杀死, 但pH值7.0时则不会^[20]。运动前后pH值变化与运动强度、氧气在运动中参与的形式有关, 见表1。总体来看, 无氧运动中皮肤pH值变化更大, 可能因为无氧运动强度较大, 比有氧运动产生更多的乳酸产物有关。

目前, 学术界“运动员微生物组学”主要研究运动员身体各项菌落与其运动习惯、运动方式、强度以及时间节点等的关联, 这一部分的研究聚焦于肠道菌落, 但较少有研究探究运动前后皮肤菌落、菌群的变化^[21]。高强度运动可能会对免疫屏障带来损害从而影响表皮菌群, 研究表明1 h高强度有氧运动后, 皮肤表面金黄色葡萄球菌和凝固酶阴性葡萄球菌总数显著上升, 远高于运动前、淋浴后以及次日清晨, 揭示了运动后清洁皮肤以防潜在感染风险的重要性^[22-23]。这种皮肤微生态的变化原因可能来自于上文所述弱酸性表皮环境的破坏, 也有可能因为表皮分泌性免疫球蛋白SIgA的减少。SIgA通过灭活和凝集病原微生物并抑

表1 运动对面部pH值影响汇总

作者	样本信息	运动方式	面部pH值
Wang S, et al ^[15]	组1 (5~12岁), n=20; 组2 (13~17岁), n=20; 组3 (18~35岁), n=22; 组4 (36~50岁), n=20; 组5 (51~60岁), n=20	慢跑, 50~100 m/min	相较静息状态, 运动开始出汗时pH低于静息状态, 大量出汗后pH值高于静息状态
Luebberding S, et al ^[8]	具有运动习惯人群, n=60	有氧运动45 min, 心率130~140次/分钟	运动前pH=4.74; 运动后pH=5.29
Kim S, et al ^[19]	具有运动习惯人群, n=20	无运动, 暴露室外环境90 min	pH值下降0.34±0.34
顾超颖, 等 ^[11]	中长跑运动员, n=28; 健康非运动员, n=28	中长跑运动员正式训练后静息1 h; 健康非运动员静息	中长跑运动员, pH=6.05±0.48; 健康非运动员, pH=5.09±0.19
Rydzik L, et al ^[18]	跆拳道运动员, n=24	3轮跆拳道对抗, 每轮2 min	静息状态, pH=5.81±0.17; 一轮对抗后, pH=5.65±0.51; 二轮对抗后, pH=5.90±0.62; 三轮对抗后, pH=6.20±0.57

制其附着在黏膜表面, 存在于黏膜、皮肤表面甚至小汗腺分泌的汗液中, SIgA在皮肤免疫中发挥关键作用^[24], 而研究显示高强度有氧运动后表皮分泌型免疫球蛋白SIgA浓度显著降低, 从而导致皮肤的易感染^[23]。

皮肤同样和肠道一样是人体微生物菌群的主要寄驻地, 微生物菌群对皮肤健康和稳定有着密切的关系。目前研究进展表明, 高强度运动会短暂地破坏表皮弱酸性环境, 葡萄球菌总数增加以及皮肤免疫屏障功能下降, 这些均会增加皮肤感染的风险。由于实际运动场景的微生物群落更为复杂, 人们更容易接触到更多的外界真菌、细菌, 人们在运动过程中的感染风险要远高于理论值, 尤其是足球、橄榄球、游泳、摔跤、健身房等会和外界环境大量接触的运动项目^[25-26], 在该类环境下运动极易被感染并引发各类皮肤炎症或者皮肤疾病, 例如细菌性软组织感染、各种类型的癣(皮肤癣菌感染)、毛囊感染和疱疹^[27-29]。这一类的细菌感染在运动员中极为常见, 故高强度运动后进行必要的皮肤清洁是减少皮肤感染风险的关键。

3 运动对氧化应激和皮肤老化的影响

3.1 运动与皮肤老化: 运动于人体的益处不言而喻, 日常进行一系列体力活动被证实能够缓解一些慢性疾病, 例如糖尿病肾病、冠状动脉疾病、心血管疾病和阿尔茨海默等^[30-34]。运动亦能够保持人体健康, 缓解衰老进程并作为各类慢性病、亚健康症的治疗方案^[35-37]。运动对于皮肤老化的影响同样值得关注。

运动有助于提升皮肤弹性, 延缓皮肤衰老, 不少研究证明运动能够诱导皮肤胶原蛋白含量的增加, 即使是短期的运动(<1年)也能给皮肤弹性相关力学性能[皮肤最大变形高度(R0)和皮肤粘弹性(R6)]带来显著提升, 增加皮肤中胶原蛋白的含量和可溶性胶原蛋白的比例, 控制胶原蛋白分子间的交联, 并积极促进胶原蛋白代谢^[38]。运动诱导皮肤胶原蛋白密度增加与糖基化终产物(AGEs)有关, AGEs能够“修饰”体内长寿命蛋白质, 例如皮肤基质的蛋白质, 导致组织变硬、弹性降低^[39]。在一份针对长跑运动员和普通健康人的研究中发现, 长期的有氧耐力训练下, 运动员皮肤能够检测到的AGEs含量随着训练年限的增长而降低, 结果表明长期耐力训练能够在一定程度上对抗皮肤衰老^[40]。此外, 运动诱导的IL-15被认为是延缓皮肤衰老的原因之一, 运动通过骨骼肌激活蛋白酶(AMPK)激活IL-15的表达, 经由血管输送至皮肤成纤维细胞, 影响细胞内线粒体生物合成, 从而促进皮肤内胶原蛋白合成(见图1)^[10]。

研究显示, 具有运动习惯人群的皮肤和口腔中的mtDNA复制数要显著高于无运动习惯的人群, 而mtDNA的缺失被认为是模拟光老化的基因特征^[41]。即使无运动习惯人群进行数周有氧耐力训练后也能观察到皮肤胶原蛋白含量以及mtDNA含量的提升^[10]。运动后血浆中真皮ECM相关基因的表达增加, 如编码胶原(COL3A1、COL6A1和COL14A1)、透明

质酸合成酶2(HAS2)和蛋白多糖, 而胶原蛋白是真皮ECM的主要成分, 提供真皮组织强度和稳定性, 使皮肤有弹性和支撑力^[42], 这从根源上揭示了长期运动是如何改善皮肤真皮结构和皮肤弹性的。值得一提的是这一变化与运动类型无关, 即长期的有氧运动和长期无氧运动都能够改善皮肤弹性。另外, 无氧运动能够促进二甘聚糖(BGN)的表达, 从而增加真皮厚度, 这是无氧运动独有的特征^[42]。

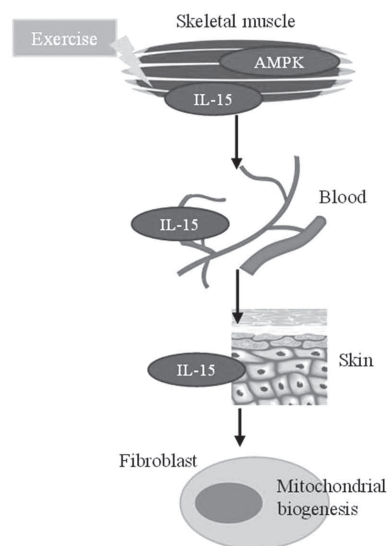


图1 运动诱导细胞内线粒体合成示意图

3.2 运动与氧化应激: 运动带来的另一个影响是氧化应激, 运动能够诱导引发氧化应激已是学术界的通识, 时至今日已有大量研究通过各种人体标志物证明, 运动能够诱导氧自由基(ROS)的增加从而引发氧化应激^[43-44]。ROS氧化脂质会破坏细胞结构, 导致细胞过早死亡。在低水平下, ROS诱导的氧化应激可以被预防, 然而, 当ROS过量时, 最终会导致炎症和细胞氧化损伤^[45]。另一方面, ROS被认为与人体衰老密切相关, 包括皮肤在内的许多组织的老化^[46]。

运动本身会降低身体内的抗氧化剂含量, 导致体内ROS增加, 同时在放射线、紫外线的照射下亦会增加ROS生成量, 从而进一步损伤细胞功能、加速皮肤和机体老化^[47]。研究表明, 单次高强度运动后皮肤中的抗氧化剂比如类胡萝卜素浓度显著降低, 且运动强度越大, 抗氧化剂浓度的下降趋势越显著^[48]。这意味着运动后会有短暂的时间人体处于抗氧化防御力薄弱的状态, 尤其是跑步、登山、骑行、游泳等户外会长时间暴露在太阳光下的运动。有报告表明, 长期从事户外运动项目的运动员更容易增加皮肤光损伤、黑素细胞痣以及皮肤癌的风险^[49], 这也与近三分之一的运动员从不使用任何防晒产品有关, 尤其是水上运动的防晒更是难以坚持^[50]。Li G等^[51]认为人们过分强调了ROS的有害作用, 从而忽视运动期间ROS在运动诱导适应性中的作用。由运动产生的ROS水平的不同亦可能导致完全相反的生理结果, 也有研究表明相较规律运动人群, 日常缺

乏运动的人更容易受到氧化应激损害^[52]。日常缺乏训练的人群在长时间持续运动或者运动强度过大时,身体会产生ROS/RNS的促炎介质,从而导致急性炎症。有规律的适度体力活动有益于细胞对氧化应激的适应,从而改善抗氧化防御系统,提高组织对ROS损伤的抵抗力^[53]。

综上所述,运动对皮肤衰老氧化的影响有着显著的两面性:一方面,运动能够促进皮肤胶原蛋白表达从而对抗皮肤老化,延缓衰老速度,增加皮肤弹性;另一方面,运动会导致体内氧自由基生成量的增加以及体内抗氧化剂的消耗,在一定程度上容易增加皮肤老化、晒伤等风险。虽然运动作为一种公认的健康行为,但运动过程会通过身体代谢和组织损伤带给人负面影响——运动导致的脱水、体内底物消耗、运动损伤、疲劳以及炎症,所以运动后身体的恢复至关重要^[43]。

4 小结

运动对皮肤的影响可以归纳为:①长期保持适量运动有助于皮肤保湿,但是高强度或者极端环境下运动容易引起皮肤屏障受损,主要表现为皮肤过度水合和表皮脂质稀释带来的水分流失;②皮肤运动后感染风险,主要源于大量出汗后皮肤表面弱酸性环境失衡、微生物总数的增加以及免疫球蛋白等减少造成的免疫防御薄弱;③长期运动能够促进皮肤胶原蛋白表达,改善皮肤弹性和真皮上层结构来对抗皮肤衰老,延缓皮肤老化;④运动后体内抗氧化剂的消耗与氧自由基的增加带来皮肤老化、晒伤等风险。虽然不少研究揭示了运动对于皮肤的消极影响,但是相较于运动带给人生活、精神、身体包括皮肤上的积极影响,运动对皮肤的消极影响是易于规避的。所以我们依然提倡积极运动的生活方式,并建议做好运动前后的皮肤护理工作,例如清洁、保湿、修护以及防晒等以规避潜在的皮肤问题。

[参考文献]

[1]郭吟,陈佩杰,陈文鹤. 4周有氧运动对肥胖儿童青少年身体形态、血脂和血糖胰岛素的影响[J].中国运动医学杂志,2011,30(5):426-431.

[2]张鑫愉,牛燕媚,傅力. 运动与代谢性炎症反应——有氧运动改善机体代谢机制研究进展[J].中国运动医学杂志,2018,37(1):66-69,82.

[3]王智慧,彭春政. 有氧运动对女大学生身体形态、成分及心肺功能影响的研究[J].北京体育大学学报,2007,30(1):44-45,48.

[4]薛林峰,徐金尧. 不同体育锻炼对身体自尊的影响[J].北京体育大学学报,2006,(7):916-917,920.

[5]Shah N, Cain G, Naji O, et al. Skin infections in athletes: Treating the patient, protecting the team[J]. J Fam Pract, 2013,62(6):284-291.

[6]Voegeli R, Rawlings A V, Summers B. Facial skin pigmentation is not related to stratum corneum cohesion, basal transepidermal water loss, barrier integrity and barrier repair[J]. Int J Cosmet Sci, 2015,37(2):241-252.

[7]Oizumi R, Sugimoto Y, Aibara H. The association between activity

levels and skin moisturising function in adults[J]. Dermatol Rep, 2021,13(1):8811.

[8]Lueberding S, Kolbe L, Kerscher M. Influence of sportive activity on skin barrier function: a quantitative evaluation of 60 athletes[J]. Int J Dermatol, 2013,52(6):745-749.

[9]Luo Z, He Z, Qin H, et al. Exercise-induced IL-15 acted as a positive prognostic implication and tumor-suppressed role in pan-cancer[J]. Front Pharmacol, 2022,13:1053137.

[10]Crane J D, MacNeil L G, Lally J S, et al. Exercise-stimulated interleukin-15 is controlled by AMPK and regulates skin metabolism and aging[J]. Aging Cell, 2015,14(4):625-634.

[11]顾超颖,宋彪,朱容慧,等. 运动对皮肤屏障功能的影响[J].复旦学报(医学版),2020,47(4):578-583.

[12]O'Connor C, McCarthy S, Murphy M. Pooling the evidence: A review of swimming and atopic dermatitis[J]. Pediatr Dermatol, 2023,40(3):407-412.

[13]Paciencia I, Rodolfo A, Leao L, et al. Effects of exercise on the skin epithelial barrier of young elite athletes—swimming comparatively to non-water sports training session[J]. Int J Environ Res Public Health, 2021,18(2):653.

[14]Freiman A, Barankin B, Elpern D J. Sports dermatology part 2: swimming and other aquatic sports[J]. CMAJ, 2004,171(11):1339-1341.

[15]Wang S, Zhang G, Meng H, et al. Effect of Exercise-induced Sweating on facial sebum, stratum corneum hydration, and skin surface pH in normal population[J]. Skin Res Technol, 2013,19(1):e312-317.

[16]Sheehan K, Sheehan D, Margaret Noland M. Evaluating and reducing xerosis in competitive swimmers: an in vitro study and randomized controlled clinical trial[J]. J Dermatolog Treat, 2021,32(2):215-219.

[17]Schmid-Wendtner M H, Korting H C. The pH of the skin surface and its impact on the barrier function[J]. Skin Pharmacol Physiol, 2006,19(6):296-302.

[18]Kim S, Park J W, Yeon Y, et al. Influence of exposure to summer environments on skin properties[J]. J Eur Acad Dermatol Venereol, 2019,33(11):2192-2196.

[19]Rydzik L, Ambrozy T, Obminski Z, et al. Evaluation of the body composition and selected physiological variables of the skin surface depending on technical and tactical skills of kickboxing athletes in K1 style[J]. Int J Environ Res Public Health, 2021,18(21):11625.

[20]Parra J L, Paye M, Group E. EEMCO guidance for the in vivo assessment of skin surface pH[J]. Skin Pharmacol Appl Skin Physiol, 2003,16(3):188-202.

[21]Puce L, Hampton-Marcell J, Trabelsi K, et al. Swimming and the human microbiome at the intersection of sports, clinical, and environmental sciences: A scoping review of the literature[J]. Front Microbiol, 2022,13:984867.

[22]Eda N, Shimizu K, Suzuki S, et al. Altered secretory immunoglobulin a on skin surface after intensive exercise[J]. J Strength Cond Res, 2013,27(9):2581-2587.

- [23]Eda N, Shimizu K, Suzuki S, et al. Effects of High-Intensity Endurance Exercise on Epidermal Barriers against Microbial Invasion[J]. *J Sports Sci Med*, 2013,12(1):44-51.
- [24]Okada T, Konishi H, Ito M, et al. Identification of secretory immunoglobulin A in human sweat and sweat glands[J]. *J Invest Dermatol*, 1998,90(5):648-651.
- [25]Martykanova D S, Davletova N C, Zemlenuhin I A, et al. Skin microbiota in contact sports athletes and selection of antiseptics for professional hygiene[J]. *Biomed Res Int*, 2019,2019:9843781.
- [26]Mukherjee N, Dowd S E, Wise A, et al. Diversity of bacterial communities of fitness center surfaces in a U.S.metropolitan area[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2014,11(12):12544-12561.
- [27]Carr P C, Cropley T G. Sports dermatology:skin disease in athletes[J]. *Clin Sports Med*, 2019,38(4):597-618.
- [28]Mailler-Savage E A, Adams B B. Skin manifestations of running[J]. *J Am Acad Dermatol*, 2006,55(2):290-301.
- [29]Pecci M, Comeau D, Chawla V. Skin conditions in the athlete[J]. *Am J Sports Med*, 2009,37(2):406-418.
- [30]Carapeto P V, Aguayo-Mazzucato C. Effects of exercise on cellular and tissue aging[J]. *Aging (Albany NY)*, 2021,13(10):14522-14543.
- [31]Barlovic D P, Tikkanen-Dolenc H, Groop P H. Physical activity in the prevention of development and progression of kidney disease in type 1 diabetes[J]. *Curr Diab Rep*, 2019,19(7):41.
- [32]Winzer E B, Woitek F, Linke A. Physical activity in the prevention and treatment of coronary artery disease[J]. *J Am Heart Assoc*, 2018,7(4):e007725.
- [33]Altavilla G, D'Elia F, Raiola G. A brief review of the effects of physical activity in subjects with cardiovascular disease:an interpretative key[J]. *Sport Mont*, 2018,16(3):103-106.
- [34]Kou X, Chen D, Chen N. Physical activity alleviates cognitive dysfunction of alzheimer's disease through regulating the mTOR signaling pathway[J]. *Int J Mol Sci*, 2019,20(7):1591.
- [35]Lefferts W K, Davis M M, Valentine R J. Exercise as an aging mimetic:a new perspective on the mechanisms behind exercise as preventive medicine against age-related chronic disease[J]. *Front Physiol*, 2022,15(13):866792.
- [36]An S, Hwan S Y. Effect of instrumental pilates exercise on body composition and health fitness of middle-aged women[J]. *J Conv Sport Exer Sci*, 2021,19(1):65-70.
- [37]Kwak S E, Lee J H, Zhang D D, et al. Angiogenesis:focusing on the effects of exercise in aging and cancer[J]. *J Exerc Nutrition Biochem*, 2018,22(3):21-26.
- [38]Nakagawa N, Shimizu N, Sugawara T, et al. The relationship between habitual physical activity and skin mechanical properties[J]. *Skin Res Technol*, 2021,27(3):353-357.
- [39]Farrar M D. Advanced glycation end products in skin ageing and photoageing:what are the implications for epidermal function[J]. *Exp Dermatol*, 2016,25(12):947-948.
- [40]Hjerrild J N, Wobbe A, Stausholm M B, et al. Effects of long-term physical activity and diet on skin glycation and achilles tendon structure[J]. *Nutrients*, 2019,11(6):1409.
- [41]Schroeder P, Gremmel T, Berneburg M, et al. Partial depletion of mitochondrial DNA from human skin fibroblasts induces a gene expression profile reminiscent of photoaged skin[J]. *J Invest Dermatol*, 2008,128(9):2297-2303.
- [42]Nishikori S, Yasuda J, Murata K, et al. Resistance training rejuvenates aging skin by reducing circulating inflammatory factors and enhancing dermal extracellular matrices[J]. *Sci Rep*, 2023,13(1):10214.
- [43]McAnulty S R, McAnulty L, Pascoe D D, et al. Hyperthermia increases exercise-induced oxidative stress[J]. *Int J Sports Med*, 2005,26(3):188-192.
- [44]Kawamura T, Muraoka I. Exercise-induced oxidative stress and the effects of antioxidant intake from a physiological viewpoint[J]. *Antioxidants (Basel)*, 2018,7(9):119.
- [45]Kandola K, Bowman A, Birch-Machin M A. Oxidative stress--a key emerging impact factor in health,ageing,lifestyle and aesthetics[J]. *Int J Cosmet Sci*, 2015,37 Suppl 2:1-8.
- [46]Birch-Machin M A, Bowman A. Oxidative stress and ageing[J]. *Br J Dermatol*, 2016,175 Suppl 2:26-29.
- [47]白鹏, 邓列华. 户外运动与皮肤癌相关性研究进展[J]. *实用皮肤病学杂志*, 2009,2(3):155-157.
- [48]Vierck H B, Darvin M E, Lademann J, et al. The influence of endurance exercise on the antioxidative status of human skin[J]. *Eur J Appl Physiol*, 2012,112(9):3361-3367.
- [49]Gilaberte Y, Trullas C, Granger C, et al. Photoprotection in outdoor sports:a review of the literature and recommendations to reduce risk among athletes[J]. *Dermatol Ther (Heidelb)*, 2022,12(2):329-343.
- [50]Bennett H G, Dahl L A, Furness J, et al. Skin cancer and sun protective behaviours in water-based sports:A scoping review[J]. *Photodermatol Photoimmunol Photomed*, 2022,38(3):197-214.
- [51]Li G. The positive and negative aspects of reactive oxygen species in sports performance[C]. Hamlin M. *Current Issues in Sports and Exercise Medicine*.UK:InTech, 2015:6.
- [52]Celik H, Kilic T, Kaplan D S, et al. The effect of newly initiated exercise training on dynamic thiol / disulphide homeostasis in sedentary obese adults[J]. *An Acad Bras Cienc*, 2019,91(4):e20180930.
- [53]Kruk J, Duchnik E. Oxidative stress and skin diseases:possible role of physical activity[J]. *Asian Pac J Cancer Prev*, 2014,15(2):561-568.

[收稿日期]2023-11-18

本文引用格式: 杨凯, 程党党, 王飞飞. 运动对皮肤健康的影响研究进展[J]. *中国美容医学*, 2025,34(8):194-198.