

高原环境对耐力性运动心肺功能影响的机制探讨

马丽华

青海师范大学 青海西宁 810000

摘要: 高原环境对耐力性运动员的心肺功能影响研究, 针对一系列复杂而多变的生理调节机制提供了新的视角。本文深入分析了高原环境的低氧、低气压和高紫外线辐射等特征对运动员的心肺系统及其运动表现产生复杂影响。研究分析了高原环境对心脏功能的具体影响, 包括心脏病风险增加与心脏适应性变化。探讨了肺功能的调整, 包括肺通气与低氧适应的机制及肺功能的受损与恢复。文章还讨论了高原训练的优势与风险, 并提出了相应的管理策略, 旨在为高原训练提供指导和改进建议。

关键词: 高原环境; 耐力性运动; 心肺功能; 适应机制; 训练风险

全球高原地区广泛分布, 众多运动员在这些环境中训练和比赛, 期望通过高原训练改善其海拔低地的运动表现。然而, 高原环境特有的低氧状况对心肺系统施加了额外的压力, 可能导致不同程度的生理适应。这种适应过程中的生理变化对运动员的健康和表现具有深远影响。对于设计高效且安全的高原训练方案, 需要对其心肺功能的影响有深入的了解。探讨高原环境如何详细影响运动员的心肺功能, 不仅能帮助运动员和教练更好地制定训练计划, 还能预防可能的健康风险。

一、高原环境的特点

高原环境因其特殊的地理气候条件而显著不同于平原。相对海平面, 高原地区的氧气浓度显著降低, 导致到达肺部的氧气量减少, 从而影响到血液中的氧合水平和全身的氧气供应。高原地区气压较低, 这一变化同样会影响气体的交换效率, 包括氧气的摄入和二氧化碳的排出。高原的紫外线辐射强度较高, 这一特性虽然在某种程度上有助于维生素D的合成, 但长时间暴露在高强度的紫外线下可能导致皮肤损伤和其他相关健康问题^[1]。低温也是高原地区的一大特点, 尤其是在夜间, 温度骤降会对体温调节造成额外负担。

二、耐力性运动的心肺功能要求

耐力性运动是指那些需要长时间持续进行、以有氧代谢为主的运动项目, 例如长跑、自行车骑行和游泳等。

进行这类运动时, 心肺功能强的体现是能够有效地进行氧气的摄入、输送和利用。心脏的泵血能力需要强大, 保证足够的氧气和营养物质利用血液被输送到全身的肌肉和其他组织。包括心脏的每次搏出量以及每分钟心脏搏动的次数, 这两者共同决定了心排血量, 是影响耐力性运动表现的关键因素。肺部的健康状态, 包括通气量和肺的换气效率, 直接影响到氧气的摄入量和二氧化碳的排出速度。在耐力运动中, 肺部需要快速高效地为血液提供氧气, 并清除代谢过程中产生的废气。

三、高原环境对心肺功能的影响

(一) 高原环境对心脏功能的影响

1. 高原心脏病的风险

高原心脏病是一种由高海拔引起的心脏疾病, 特征是心脏结构和功能的变化, 包括右心室扩大和心脏肥厚。长期在高原环境中生活或训练的人群, 其心脏不得不适应连续的低氧状态, 这种适应性变化可能转变为慢性负担, 最终导致心脏病变。长期的低氧环境影响心脏的泵血能力, 可能会导致心排血量的降低^[2]。心脏为了补偿这种降低, 可能会增加心室壁的厚度, 这是一种称为心肌肥厚的适应性反应。心肌肥厚如果过度发展, 可能会影响心室的填充能力, 从而导致舒张功能障碍。心率的增加也是高原环境对心脏的一种常见影响, 长时间的心率增加会加大心脏的能量消耗, 进一步增加心脏疾病的风险。

2. 心脏适应性变化

心脏对高原环境的适应是一个复杂的生理过程, 涉及多方面的变化, 保证在氧气稀薄的环境下维持足够的血液循环和氧气供应。初次进入高原环境时, 心脏增加

基金项目: 世居高原“大心脏”运动员科学选材、训练理论和方法研究(2023-SF-116)

作者简介: 马丽华(1991.08), 女, 撒拉族, 青海海东人, 青海师范大学体育教育训练学在读硕士。

心排血量补偿血液中氧气含量的减少。这主要是利用增加心率实现的，即心脏每分钟跳动的次数增加，尽快将氧气输送到全身的组织。随着时间的延续，心脏可能进一步利用增加心脏每次收缩时泵出的血液量适应低氧环境，这种现象称为心室容量的增加。

随着高原适应性训练的深入，心脏结构也可能发生变化，如心室壁的厚度增加，这是为了增强心脏的泵血能力。这种心肌的厚度增加有助于心脏在低氧环境下维持更强的泵血能力，但同时也可能带来负面影响，如心室舒张功能的下降。在一些情况下，这种心脏的适应性变化可能转变为病理性改变，如过度的心肌肥厚和心功能障碍。

（二）高原环境对肺功能的影响

1. 肺通气与低氧适应

在高原环境中，由于空气中氧分压降低，肺部通气功能的调整显得尤为重要。为了适应这种低氧环境，肺部的通气量会增加，这是利用加快呼吸频率和增大每次呼吸的深度实现的。这种现象称为高原低氧引起的肺部通气增加反应，目的在于最大限度地提高肺部对氧气的摄取和二氧化碳的排放效率。这种适应性反应有助于增加肺泡内的氧分压，从而促进氧气更有效地从肺泡进入血液^[3]。

长时间处于高原低氧环境中，肺部的血管可能会出现收缩反应，这是身体对低氧状态的一种自然反应，其目的是调整血流，优先供氧给重要器官如脑和心脏。肺血管的这种收缩反应虽然有其生理上的意义，但也会增加肺动脉压力，长期可能导致肺动脉高压，这对心脏功能产生额外负担。

2. 肺功能受损与恢复

在高原环境下，肺功能可能会遭受一定程度的损害。这主要是由于长时间暴露在低氧环境下，肺组织可能会发生一些结构和功能的变化。例如，肺泡的扩张和肺血管的反应性改变可能导致肺的通气和灌注比例失衡。这种失衡不仅减少了氧气的有效交换，也可能增加了某些肺部疾病的风险，如高原肺水肿。高原肺水肿是一种严重的高原病，由肺血管渗透性增加和毛细血管压力过高引起，导致液体泄漏到肺泡中。

对于肺功能的恢复，通常需要返回低海拔环境，让肺部逐渐适应正常的氧分压环境。在低海拔环境中，肺泡和肺血管逐步恢复到正常状态，氧气和二氧化碳的交换效率也会逐渐提高。肺部的自我修复能力可以恢复正常的血氧水平，肺泡的损伤可以逐渐修复，肺功能可以

恢复到接近原来的状态^[4]。然而，如果肺部已经出现了结构性的损伤，完全恢复可能需要更长时间，且效果可能有限。

（三）高原环境对运动能力的综合影响

1. 耐力下降的机制

高原环境对运动员的耐力具有显著影响，主要表现为耐力下降。这种现象的背后是多种生理机制的综合作用。由于高原环境中氧气含量较低，导致运动员在进行高强度或长时间运动时的氧供应不足。氧是能量代谢过程中必不可少的元素，特别是在进行有氧运动时，氧气的供应直接影响到肌肉细胞中ATP的生成速率。当氧气供应不足时，肌肉细胞将依赖更多的无氧代谢产生能量，这种代谢方式虽然能快速产生能量，但会产生乳酸作为副产品，乳酸的积累导致肌肉酸痛和疲劳感增强，从而影响运动持续时间和强度。

低氧环境还会影响心肺功能，这是因为心脏和肺部需要对低氧状态作出反应，增加心率和呼吸频率补偿氧气的不足。然而，这种补偿机制在长时间运动中可能不足以维持理想的氧气供应水平，进而导致整体心肺耐力的下降。血液中的氧携带能力在高原环境中也可能受到影响，红细胞数量虽然会增加，但这个过程需要时间，而且可能不足以完全补偿氧分压的降低。

2. 运动表现的变化

高原环境中的运动表现变化不仅限于耐力的下降。运动员在高原上的整体运动表现也会受到多方面的影响。低氧环境直接限制了运动时的最大摄氧量，这是评估运动表现的一个重要指标。最大摄氧量的减少意味着运动员在进行高强度运动时，其能量输出的峰值会降低，这直接影响到运动的速度、力量和持续时间。

高原环境还可能导致运动员的协调性和反应速度受损。由于大脑和其他关键器官可能会因低氧而受到影响，这会影响到神经系统的功能，进而影响运动技能和运动决策的质量。运动员可能会发现自己在高原上的动作不如平原时准确或反应迅速。同样，环境因素如更低的温度和变化的气压也可能对肌肉的功能和机体的热调节系统造成额外负担，这些都可能影响运动表现。运动员的心理状态也可能因为高原环境而受到影响。高原环境的生理压力可能导致焦虑、睡眠质量下降等心理反应，这些因素都能进一步影响到运动表现。

四、高原适应训练的机制

（一）低氧训练的生理机制

低氧训练是一种模拟高原环境的条件，促进运动员

体内适应低氧水平的一种训练方法。在这种训练环境下，体内氧分压的降低迫使身体提高其对氧气的利用效率和运输能力。身体会增加红细胞的数量提高血液的氧运输能力，这一过程主要是利用促进肾脏分泌红细胞生成素（EPO）实现的。红细胞生成素的水平上升，随之红细胞数量增多，从而增加了血液的氧携带能力。

低氧训练还会促进肌肉组织中线粒体的密度和效率增加。线粒体是细胞中负责能量产生的器官，其功能的提高直接影响到肌肉的耐力和持久力。长期的低氧暴露还可改善肌肉对氧气的提取能力，使肌肉在相同的氧供应下能生成更多的能量，从而提高运动效率。这些生理变化共同作用，使得身体能更好地适应低氧环境，提高在高原等极端条件下的运动性能。

（二）高原训练的方法

高原训练是指在自然或人工模拟的高海拔环境中进行的训练，旨在提高运动员的耐力和整体运动表现。有效的高原训练方法包括“住高训低”和“住低训高”两种模式。在“住高训低”的模式中，运动员居住在高原地区，适应高原的低氧环境，但在低海拔地区进行高强度训练。这种方法的优点在于，运动员可以在具有良好氧供应的环境中维持训练的质量，同时利用高海拔的住宿环境促进生理适应。

另一方面，“住低训高”的训练模式是运动员居住在低海拔地区，但在高海拔或模拟高海拔的环境中进行训练。这种方式使运动员能够在日常生活中避免高原环境的潜在不利影响，仅在训练时暴露于低氧条件，促进生理适应。还可以利用间歇性低氧训练设备，如低氧帐篷或低氧房，这使得运动员无需前往高海拔地区，就能在控制的环境中进行低氧训练，这种方法为高原训练提供了更大的灵活性和可控性。

五、高原训练的风险与管理

（一）高原反应与预防

高原反应是指人体在快速进入高海拔地区后，因未能及时适应低氧环境而产生的一系列症状，如头痛、恶心、疲劳、失眠等。这些症状主要是由于低氧环境对心肺功能及血液系统的影响造成的。预防高原反应的有效措施是至关重要的，首先应采用逐渐增高的方式前往高海拔地区，使身体有足够时间逐步适应低氧环境。高海拔地区可能会因加速的水分蒸发和呼吸频率的增加而加

剧脱水状况，因此增加水的摄入量，确保充足的水分补给，是预防高原反应的重要步骤。还应保证充足的营养摄入，特别是碳水化合物，因为碳水化合物能够帮助增加身体的能量储备，有助于更好地应对低氧压力。适当的体力活动也可以帮助身体更好地适应高海拔环境，但应避免在初到高海拔时进行剧烈运动。

（二）高原训练的安全管理

高原训练的安全管理第一步需要对参训者进行全面的健康评估，包括心肺功能测试和可能的血液检测，促使参训者适合在低氧环境下训练。监控训练中的生理反应，如心率、氧饱和度和疲劳度。根据参训者的适应情况灵活调整训练计划，适应每个人的具体反应。例如，如果发现某个运动员在训练中出现高原病的征兆，如持续头痛、剧烈恶心等症状，应立即减轻其训练强度或安排其下山休息^[5]。高原训练中还应注重心理健康的管理。

结语

综上所述，高原的低氧条件不仅对心脏和肺部的功能提出了更高的要求，也促使身体必须进行一系列适应性变化以应对这种极端环境。这些适应包括心肺系统的结构和功能改变、血液的氧携带能力增强以及代谢途径的调整。适当的高原适应训练可以显著提高运动员在低氧环境下的表现，但也需要注意高原环境潜在的风险和对运动员健康的影响。未来的研究还需要更多地探索高原环境下的生理机制、适应策略以及优化训练方法，更好地服务于在这一特殊环境下进行训练和比赛的运动员。

参考文献

- [1] 李冲.高原低氧环境下不同运动强度对藏汉大学生执行功能的影响[J].当代体育科技, 2023, 13(33): 13-16.
- [2] 李超.高原环境下足球运动员的体能训练与营养补充浅析[J].文体用品与科技, 2022, (05): 11-13.
- [3] 邢国全.高原低氧环境复合健身运动对人体高原适应能力的影响[J].智库时代, 2019, (49): 245-246.
- [4] 杜霞, 杨丽珠, 马福海.低氧及运动对人体心脏功能的影响研究综述[J].青海科技, 2019, 26(05): 25-28.
- [5] 王玺, 高炳宏.低氧环境、运动训练对红细胞免疫功能影响的研究进展[J].体育科研, 2019, 40(03): 93-98.