

# 心脏磁共振成像在高原性心脏病的结构和功能定量评价中的研究进展

张留斌<sup>1</sup>, 孟莉<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>青海大学研究生院, 青海 西宁

<sup>2</sup>青海大学附属医院影像中心, 青海 西宁

收稿日期: 2022年6月28日; 录用日期: 2022年7月27日; 发布日期: 2022年8月3日

## 摘要

高原性心脏病(high altitude heart disease, HAHD)是机体长期对高海拔低压缺氧环境下产生的一系列生理病理反应, 导致以循环系统障碍为代表的疾病。HAHD是慢性高原病的一种, 主要特征是肺动脉高压, 可同时伴右心室肥厚及右心功能不全。心脏磁共振成像(cardiac magnetic resonance, CMR)具有高分辨率、无创无电离辐射、多参数成像等特点, 能够对心脏结构、功能、灌注、代谢、心肌组织特征改变等做出“一站式”评价, 在心脏疾病的早期诊断、危险分层、预后评价中具有独特价值, 已经成为诊断心血管疾病的重要手段, 有着深远广阔的应用前景及重大临床意义, 因此本文对CMR在HAHD患者心脏结构和功能定量评价中的研究进展进行综述。

## 关键词

心脏磁共振, 高原性心脏病, mapping技术, 心脏磁共振心机应变, 心脏磁共振弥散张量成像, 心脏磁共振DWI

# Research Progress in Quantitative Evaluation of Structure and Function by Cardiac Magnetic Resonance Imaging in High Altitude Heart Disease

Liubin Zhang<sup>1</sup>, Li Meng<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Qinghai University, Xining Qinghai

<sup>2</sup>Imaging Center, Affiliated Hospital of Qinghai University, Xining Qinghai

\*通讯作者。

文章引用: 张留斌, 孟莉. 心脏磁共振成像在高原性心脏病的结构和功能定量评价中的研究进展[J]. 临床医学进展, 2022, 12(8): 7042-7046. DOI: 10.12677/acm.2022.1281013

## Abstract

High altitude heart disease (HAHD) is a series of physiological and pathological reactions caused by the body under the environment of high altitude, low pressure and hypoxia for a long time, leading to diseases represented by circulatory system disorders. HAHD is a type of chronic mountain sickness characterized by pulmonary hypertension, accompanied by right ventricular hypertrophy and right heart dysfunction. Cardiac magnetic resonance (CMR) with high resolution, non-invasive no ionizing radiation, multi-parameter imaging characteristics, such as the ability to cardiac structure, function, perfusion, metabolism, changes in myocardial tissue characteristics such as a "one-stop" assessment, in the early diagnosis and risk stratification of heart disease, has the unique value in the assessment of prognosis, has become an important means of diagnosis of cardiovascular disease. It has far-reaching and broad application prospects and significant clinical significance. Therefore, this paper reviews the research progress of CMR in the quantitative evaluation of cardiac structure and function in HAHD patients.

## Keywords

Cardiac Magnetic Resonance, High Altitude Heart Disease, Mapping Technology, Cardiac Magnetic Resonance Myocardial Strain, Cardiac Magnetic Resonance Diffusion Tensor Imaging, Cardiac Magnetic Resonance DWI

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 心脏结构

高原的低压、低氧环境使得肺动脉高压从而导致心脏负荷加大可使心肌肥厚, 而且对心肌及心脏传导系统造成直接长久的损害。长期高原低氧环境下的暴露会引起右心缺氧性心肌重塑, 临床及组织病理学特征表现概括起来即心肌肥大和心肌纤维化[1]; CMR 的电影序列能对心脏形态及右心室射血分数、心室心肌质量、应变等重要功能参数做出准确测量, 可以排除超声操作者个人因素的干扰, 且不用额外的多加入扫描序列, 节省了心脏磁共振扫描时间。HAHD 患者以右心受累为著, 主要表现为右心肥厚扩张, 严重者可出现全心改变, 孟莉[2]等对成人高心病患者的研究发现, 高原性心脏病主要表现为右室及室间隔增厚, 部分可有肺动脉高压, 部分严重者可累及左室; 右室射血分数在疾病早期则多数表现为射血分数增加, 但是左室厚度可在正常范围以内; 到疾病晚期则可出现右心室射血分数的减低及右心衰竭等一系列表现。据邹山敏[3]等人的另外一项床旁心脏彩超研究则提示 HAHD 患者的右心室流出道内径可增大, 同时伴随右房、右室增大, 在心脏代偿功能的影响下, 其室间隔与右室前壁厚度也有所增加。颜春龙[4]等人的研究也发现相对于平原地区健康人, 高原地区健康正常人在间隔厚增厚, 主肺动脉内径增宽, 右心房横径及右心室横径数值上较平原地区增大, 前室间隔厚度增大, 此项研究对高原性心脏病的研究及临床早期诊断具有很重要的提示意义, 即我们在对 HAHD 的早期诊断当中应着重关注对右心房及右心室横径, 前室间隔厚度的改变。因此, 对比不难发现 HAHD 在疾病早期及整个疾病过程中心脏结构都发生了不同程度的改变, 我们在影像的诊断中应该及早注意, 为临床早期诊断提供更好的影像学依据。

## 2. T1Mapping 及 T2Mapping 技术

HAHD 造成心肌损伤的主要原因是缺氧, 急性缺氧多引起心肌炎性及水肿性改变, 而慢性缺氧更易引起心肌重塑、心脏形态及功能的改变。有相关研究证实[5], 高原低压低氧环境引起的心肌损伤程度随着海拔高度的增高而加重, 是一种以右心为主的全心损伤。Mapping 技术[6]可以量化每个体素的弛豫时间, T1 和 T2 弛豫时间和与水肿的存在直接相关, T1 和 T2mapping 技术对水肿监测均较敏感, 且 T1mapping 定量评估水肿优于 T2WI 序列; NativeT1 定位水肿优于传统 T2WI 和 LGE。T1mapping 及 ECV 能够识别早期弥漫性纤维化, 可以无创地检测心肌病理学的早期细微变化。Mapping 技术及 ECV 用于研究 HAHD 的报道较少, 但是在一项肺动脉高压的相关研究[7]中则发现: 在 LGE 阴性节段, PAH 患者的 NativeT1 和 ECV 值均增高, 表明此处已经发生了早期的心肌纤维化, 同时 PAH 患者心肌纤维化程度与右心结构以及功能也存在显著相关性, 并且右室插入部的 NativeT1 值可以提示病情的严重程度[8]。之前的 Mapping 相关研究都重点关注在左室的改变, 但是在 HAHD 结构和功能发生可见的改变之前右心得 T1Mapping 及 T2Mapping 可能都已经发生了有重要临床意义的变化, 因此我们在研究中应该特别注意。

## 3. 心肌应变(CMR-FT)

心肌应变已经在左心室中有了很好地应用, 使用快速、半自动的方法量化 RV 纵向心肌功能对右心室性能的分析参数可以更好地了解右心室功能异常, 但是其分析尚未像对左心室性能的分析那样广泛应用, 一是因为与左心室相比, 右室的解剖结构更为复杂, 二则是右心室功能障碍是由肺动脉高压 (Pulmonary arterial hypertension, PAH) 等疾病引起的慢性压力超负荷功能与预后密切相关。心血管磁共振 (CMR) 是无创评估 RV 结构和功能的金标准, 它不但能够获得右室复杂的三维解剖结构, 无需几何假设; 而且 CMR 允许使用 CMR-FT 技术在 3D 中测量心肌形变, 通过 CMR-FT 对心肌变形进行量化可检测肺动脉高压引起的 RV 功能障碍, 并在调整其他风险因素(包括 RV 射血分数)后, 赋予独立的预后价值。遗憾的是至今技术未在 HAHD 中得到广泛开展。但一项关于 PAH 的研究[9]发现 PAH 患者的右心室纵向应变与右室射血分数(RVEF)具有很好的相关性, 并可作为患者预后的重要决定因素。另一项研究则发现 [10] PAH 患者的 RVEF 与左室心肌应变受损是同步的, 当 RVEF < 40% 时, 左室应变指标明显降低。右室出现细微的收缩功能障碍时, 超声心动图测量参数通常在正常范围内, 但是 RVGLS 已明显受损。值得注意的是, 不同供应商的不同 FT 分析算法加剧了测量可变性。但是国际上各个组织也在不懈致力于统一标准, 加之人工智能的广泛应用, 相信 CMR-FT 技术在对 HAHD 的诊断中应用前景的广泛而深远。

## 4. CMR 弥散张量成像(CMR-DTI)技术

心脏 DTI [11]不但能够无创地对心脏的三维微结构进行分型, 此外还可基于对分子水扩散的测量, 获取每个心动周期多个阶段扩散张量成像, 并利用边界存在与否的对比行为来推断组织结构。心脏 DTI 能够在几分钟内对 3D 微结构进行无创表型的数据分析并提供动态信息, 可提高对心肌层状结构及其与功能力学之间复杂相互作用的理解; 研究[12]发现, DTI 在诊断心肌间质纤维化时与平扫 T1-mapping 及 ECV 诊断效能相当。DTI 在涉及健康和疾病人群的研究中已被证明具有较高重复性。在健康志愿者中, DTI 参数的区域异质性上, 螺旋角(HA)和第二特征向量角(E2A)与左室质量和体表面积之间的直接关系已经得到证明, E2A 活动性与年龄和左室射血分数之间存在着负相关关系, 这些指标已用于健康和病变心肌的体外和体内研究。但是 DTI 技术并未在 HAHD 中应用, 由于存在心脏收缩运动及肺呼吸运动干扰, 活体 CMR-DTI 成像效果并不理想。但是随着人工智能新技术发展及心血管磁共振学会正在促进方法的标准化, 预计心脏 DTI 的临床应用也可以很快的高原性心脏病上得到应用实践, 届时 HAHD 的诊断也将变得更加容易而准确。

## 5. 心脏磁共振 DWI 技术(CMR-DWI)

DWI 是现在仅有的可无创性探测活体组织内水分子的运动情况的技术, 该技术可以区分病变与非病变不同的组织结构。其参数表观扩散系数(ADC)是反映细胞外水分子扩散幅度的量化指标。Lian-Ming Wu 等[13]研究表明, DWI 检测肥厚性心肌病心肌纤维化的受试者操作特征曲线下面积高达 0.93, 与平扫 T1mapping 及 ECV 诊断价值相当, 且可以定量检测 LGE 阳性甚至阴性病人心肌纤维化的程度。ADC 值与增加的 ECV 和平扫 T1 值呈正相关关系, 可以替代 ECV 用于评估和量化病人的心肌纤维化程度。由于 mapping 技术的准确性和对方案参数的潜在敏感性存在差异, 正常值在不同机构之间可能存在不同, 而且对弥漫性心肌改变不敏感, 因此随着今后研究的深入, DWI 有望取代 LGE 技术和 ECV 对 HAHD 进行有效评估。

## 6. 小结与展望

心脏磁共振(CMR)对高原性心脏病的诊断具有高度独特性及敏感性, 其 Mapping 技术、CMR-FT、DWI 及 DTI 技术在高原性心脏病的影像诊断中都有了长足的发展, 它们正跨越应用前研究和临床实践的边界, 也能更好地帮助我们理解疾病机制, 具有改进疾病早期诊断和风险分层的潜力。但是现实应用中也存在一些挑战, 主要是对其复杂采集方法缺乏标准化扫描方案且图像的采集耗时较长, 其次是对所需硬件的要求较高, 但是随着这些挑战被克服, 目前发展中的 CMR 技术很快应用于临床实践, 为高原性心脏病的影像诊断提供更高的精确度和敏感性。

## 参考文献

- [1] 董旭, 申广浩, 谢康宁, 景达, 刘娟, 翟明明, 罗二平. 高原低压低氧环境对心肺结构与功能的影响研究进展[J]. 环境与健康杂志, 2017, 34(6): 547-551.
- [2] 孟莉, 鲍海华. 慢性高原心脏病的临床与影像诊断价值[J]. 高原医学杂志, 2014, 24(2): 57-59.
- [3] 邹山敏, 钱稚萍. 床旁心脏彩超在高原性心脏病患者急救中的临床价值[J]. 检验医学与临床, 2017, 14(14): 2112-2113.
- [4] 颜春龙, 马金凤, 齐先龙, 唐桂波, 杨国财, 郑宁, 徐辉. 3.0 T MRI 对高原与平原地区健康正常人心脏结构及功能的对比研究[J]. 磁共振成像, 2020, 11(7): 526-530.
- [5] 王延玲. 急进高原环境对大鼠心肌损伤作用及药物保护机制研究[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 兰州大学, 2014.
- [6] Aherne, E., Chow, K. and Carr, J. (2020) Cardiac T Mapping: Techniques and Applications. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, **51**, 1336-1356. <https://doi.org/10.1002/jmri.26866>
- [7] Pereda, D., et al. (2016) Magnetic Resonance Characterization of Cardiac Adaptation and Myocardial Fibrosis in Pulmonary Hypertension Secondary to Systemic-To-Pulmonary Shunt. *Circulation: Cardiovascular Imaging*, **9**, No. 9. <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.116.004566>
- [8] EmphyCorp Inc. (2020) Clinical Features of Patients Infected with the 2019 Novel Coronavirus in Wuhan, China. EmphyCorp News: As Reported in The Lancet, Medical Letter on the CDC & FDA.
- [9] Lu, K.J., et al. (2015) Right Ventricular Global Longitudinal Strain Is an Independent Predictor of Right Ventricular Function: A Multimodality Study of Cardiac Magnetic Resonance Imaging, Real Time Three-Dimensional Echocardiography and Speckle Tracking Echocardiography. *Echocardiography*, **32**, 966-974. <https://doi.org/10.1111/echo.12783>
- [10] 宋晶, 陈友三, 孔祥闯, 刘佳, 李春高, 史河水. 肺动脉高压患者左室心肌应变的 MRI 研究[J]. 临床放射学杂志, 2020, 39(5): 913-918.
- [11] Chowdhary, A., et al. (2021) Cardiovascular Magnetic Resonance Imaging: Emerging Techniques and Applications. *Heart*, **107**, 697-704. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2019-315669>
- [12] Cocker, M.S., et al. (2012) Abstract 19661: Integrin Imaging for the Detection of Diffuse Myocardial Fibrosis in Patients with Hypertrophic Cardiomyopathy: Direct Comparison between Single-Photon Emission Computer Tomography and Cardiovascular Magnetic Resonance The SCAR Study. *Circulation*, **126**, 126-128.

- [13] Wu, L.-M., Chen, B.-H., Yao, Q.-Y., *et al.* (2016) Quantitative Diffusion-Weighted Magnetic Resonance Imaging in the Assessment of Myocardial Fibrosis in Hypertrophic Cardiomyopathy Compared with T1 Mapping. *The International Journal of Cardiovascular Imaging*, **32**, 1289-1297.