



LONGEVIS

朗 静 岛

LONGEVIS RESEARCH ARCHIVE

高血压成人全身降温时 交感神经功能改变

人体实验研究 · 正常血压组与高血压组对照 · 中文核心全文译编

原文题名

Sympathetic function during whole body cooling is altered in hypertensive adults

非官方中文译编 · V1.0

归档日期: 2026-08-11

资料说明

本文件依据 PubMed 页面及 PMC 开放全文制作，翻译论文摘要、研究设计、主要结果、关键数据表和结论，并增加面向冷疗安全管理的内部解读。

重要边界：本研究使用水循环服将平均皮肤温度由约34.0℃逐步降至30.5℃，属于中度全身降温实验，并非 -85℃至 -110℃ 冷疗舱的直接临床试验。因此，它提供的是心血管机制依据，不能用来直接推算冷疗舱的等效剂量或绝对风险。

作者	Jody L. Greaney, W. Larry Kenney, Lacy M. Alexander
期刊与年份	Journal of Applied Physiology, 2017;123(6):1617-1624
DOI	10.1152/jappphysiol.00613.2017
PMCID / PMID	PMC5814680 / 28912362
原始网页	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28912362/
全文网页	https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5814680/
证据类型	23名中年成人的受控人体生理实验

一、摘要全文中文翻译

在中度寒冷暴露期间，高血压成人的心血管相关发病率和死亡率会出现不成比例的升高，但这一关联背后的机制尚未得到清晰界定。研究者假设，与正常血压成人相比，全身冷应激会使高血压成人出现更显著的血压升高和肌肉交感神经活动增强，同时冷却过程中交感神经压力反射功能也会发生改变。

研究连续测量10名正常血压成人（6男/4女，53±3岁，静息血压125±3/79±1 mmHg）和13名高血压成人（7男/6女，58±2岁，静息血压146±5/88±2 mmHg）的肌肉交感神经活动（腓神经微神经电图）及逐搏血压（Finometer）。受试者穿着水循环服，使平均皮肤温度从34.0°C降至30.5°C。

冷却时，高血压组平均动脉压的增幅更大：正常血压组增加6±2 mmHg，高血压组增加11±1 mmHg（ $P=0.02$ ）。这一反应同时伴随高血压组更显著的肌肉交感神经活动增幅：正常血压组增加8±3次爆发/100次心搏，高血压组增加20±3次爆发/100次心搏（ $P<0.01$ ）。

在正常血压组，MSNA与舒张压关系的斜率在冷却前后没有改变；在高血压组，该斜率在冷却时增大。结果表明，高血压成人在降温时，血压和肌肉交感神经活动的升高更加明显。冷却期间，高血压组的交感神经压力反射敏感性增加，而正常血压组未出现这种变化；这可能有助于压力反射缓冲过度的冷诱发血压升高。总体而言，高血压状态下的全身降温会伴随交感神经功能改变。

研究的新发现

平均皮肤温度下降使高血压成人的血压与肌肉交感神经活动增幅大于正常血压成人；中度寒冷暴露时，交感神经压力反射敏感性只在高血压组增加。

二、研究设计与受试者

研究经宾夕法尼亚州立大学机构审查委员会批准，符合《赫尔辛基宣言》，所有受试者均自愿签署知情同意。

纳入与排除

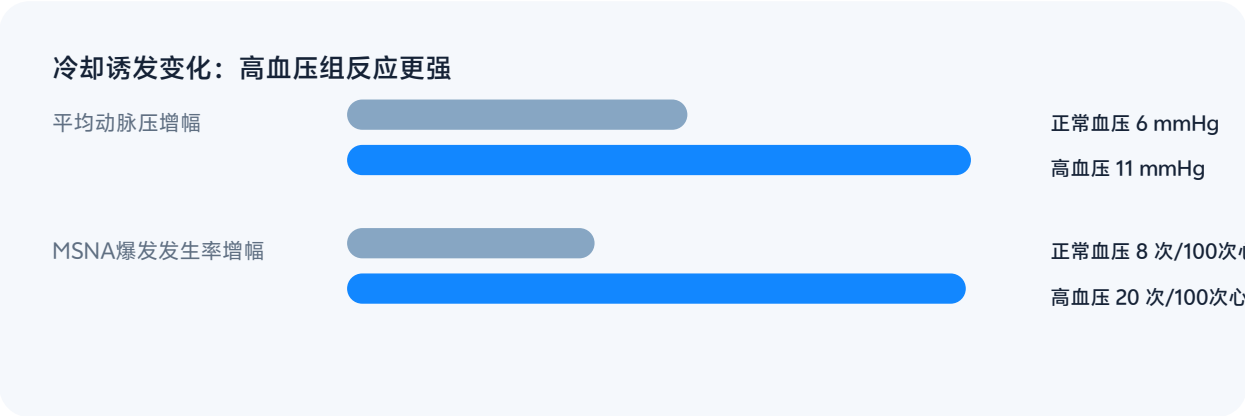
- 10名正常血压成人、13名原发性高血压成人。
- 均为非肥胖者（BMI<30 kg/m²）、不吸烟、平时有休闲运动习惯。
- 除高血压外，不存在明确心血管疾病，也无相关肾脏、肺部、神经或皮肤合并症。
- 正在或近期使用激素替代治疗的女性被排除。

基线特征	正常血压组 NTN	高血压组 HTN
样本量（男/女）	10（6/4）	13（7/6）
年龄	53±3岁	58±2岁
BMI	26.9±1.1 kg/m ²	27.1±0.8 kg/m ²
实验日收缩压	125±3 mmHg	146±5 mmHg
实验日舒张压	79±1 mmHg	88±2 mmHg
24小时收缩压	110±3 mmHg	129±3 mmHg
24小时舒张压	72±2 mmHg	83±2 mmHg

实验方案

受试者穿着水循环服，平均皮肤温度从热中性基线约34.0℃逐步下降至30.5℃。该目标温度对多数成人仍高于寒战阈值，能使皮肤温度逐步降低而不明显改变核心体温。研究者连续记录心率、逐搏血压和腓神经肌肉交感神经活动，并在每下降0.5℃时分析数据。

三、关键结果



指标	NTN 34.0°C	NTN 30.5°C	HTN 34.0°C	HTN 30.5°C
收缩压 mmHg	121±3	130±5	130±3	149±4
舒张压 mmHg	76±2	80±3	81±2	88±2
平均动脉压 mmHg	91±2	97±3	97±2	108±2
心率 次/分	57±2	57±2	61±2	59±2
MSNA爆发频率 次/分	29±3	34±3	28±4	40±3
MSNA爆发发生率 次/100心搏	51±5	59±4	47±5	66±5
MSNA总量 AU	32.3±3.4	39.1±3.8	29.2±3.4	45.0±4.0
总活动 AU/分	1823±176	2244±213	1784±249	2707±289

结果解读

- 两组平均皮肤温度下降速度相同，说明组间差异不是由降温速度不同造成。
- 两组冷却时血压均升高，但高血压组升压反应更强。
- 高血压组的MSNA爆发频率、发生率、总MSNA和总活动增幅均更大。
- 心率在组间及冷却前后没有显著差异。
- 高血压组在冷却过程中出现压力反射控制的重置与敏感性增强。

四、讨论与生理机制

寒冷暴露会引起外周血管收缩，增加血管阻力并提高血压，同时激活交感神经系统。研究显示，即使受试者没有其他明显心血管合并症，原发性高血压本身也会放大这种血压和交感神经反应。

压力反射的变化

正常情况下，血压升高会通过动脉压力反射抑制交感神经活动，以缓冲升压。但在本研究的高血压组中，冷却使MSNA与舒张压关系向更高血压和更高交感神经活动方向重置，同时斜率变得更陡。作者认为，这可能是在高血压背景下对过度冷诱发升压的一种补偿性调节，但也表明高血压人群的交感神经控制与正常血压人群不同。

研究能说明什么

- 高血压成人对中度全身降温的升压与交感神经反应可能更强。
- 冷疗前测量血压并识别未控制高血压具有生理学依据。
- 使用降压药并不必然消除冷应激下的增强反应。

研究不能说明什么

- 不能直接证明某个冷疗舱温度、时长对所有高血压患者一定不安全。
- 不能把水循环服降温实验等同于-85°C至-110°C干冷空气暴露。
- 样本量只有23人，且排除了多种合并症，不能覆盖真实门店所有人群。
- 不能据此自行停用降压药或替代医生的治疗建议。

五、对冷疗安全筛查的意义

与2025年WBC禁忌证专家立场文件结合阅读

本研究提供了‘为什么要关注血压’的机制与人体数据；2025年专家共识则提供了更直接的筛查阈值，将 $\geq 160/100$ mmHg列为临时禁忌证，并将未控制高血压列为永久禁忌证类别。两者共同支持冷疗前的标准化血压测量、症状询问和风险分层。

内部流程建议（非医疗指南）

步骤	建议动作	目的
1. 测量	静坐后测量血压；异常时隔数分钟复测	减少偶然波动和测量误差
2. 询问	确认高血压病史、用药、胸闷心悸头晕及近期变化	识别未控制或有症状风险
3. 阈值	达到或超过160/100 mmHg时不进入疗程	落实专家共识的临时禁忌证
4. 转介	反复异常、有症状或病情不明确时建议医疗评估	避免门店自行作临床判断
5. 留痕	记录测量值、复测值、处置与客户确认	形成可追溯安全记录

提示：对已经诊断高血压但血压控制稳定者，是否适合冷疗仍应结合完整病史、靶器官损害、用药及专业医疗意见，不应仅凭一次读数判断。

六、引用与原文链接

建议引用格式

Greaney JL, Kenney WL, Alexander LM. Sympathetic function during whole body cooling is altered in hypertensive adults. J Appl Physiol (1985). 2017;123(6):1617-1624. doi:10.1152/jappphysiol.00613.2017.

网页

PubMed	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28912362/
PMC全文	https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5814680/
DOI	https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00613.2017

译编说明：本文件仅供 LONGEVIS 产品安全、培训与研究资料积累。中文译文与内部解读不构成诊断、治疗或个体医疗建议；如有歧义，以英文原文为准。