

的敏感指标^[15]。今后的研究应扩大调查人群, 纳入累积接振量, 深入探讨 HAVD 发病机制, 为有效预防振动作业职业危害提供依据。

参考文献

- [1] 张彪, 张志虎, 冯统新, 等. 职业性手臂振动病的研究进展 [J]. 中国工业医学杂志, 2018, 31 (6): 434-438.
- [2] 严茂胜, 晏华, 张丹英, 等. 手传振动对凿岩工指尖温度觉阈值的影响 [J]. 环境与职业医学, 2020, 37 (4): 363-367.
- [3] 刘杰, 杨晓秋. 定量温度觉检查用于神经病理性疼痛诊断的临床研究 [J]. 中国疼痛医学杂志, 2019, 25 (10): 770-777.
- [4] 毛思中, 董为伟. 定量感觉检查在糖尿病周围神经病变诊断中的应用 [J]. 中华内分泌代谢杂志, 2001, 17 (4): 235-238.
- [5] GBZ 188—2014, 职业健康监护技术规范 [S].
- [6] Lundström R, Dahlqvist H, Hagberg M, *et al.* Vibrotactile and thermal perception and its relation to finger skin thickness [J]. Clin Neurophysiol Pract, 2018 (3): 33-39.
- [7] Gerhardsson L, Gillström L, Hagberg M. Test-retest reliability of neurophysiological tests of hand-arm vibration syndrome in vibration exposed workers and unexposed referents [J]. J Occup Med Toxicol, 2014, 9 (1): 38.
- [8] Toibana N, Sakakibara H, Hirata M, *et al.* Thermal perception threshold testing for the evaluation of small sensory nerve fiber injury in patients with hand-arm vibration syndrome [J]. Ind Health, 2000, 38

(4): 366-371.

- [9] Sakakibara H, Maeda S, Yonekawa Y. Thermotactile threshold testing for the evaluation of sensory nerve function in vibration-exposed patients and workers [J]. Int Arch Occup Environ Health, 2002, 75 (1-2): 90-96.
- [10] Seah SA, Griffin MJ. Normal values for thermotactile and vibrotactile thresholds in males and females [J]. Int Arch Occup Environ Health, 2008, 81 (5): 535-543.
- [11] Lundström R, Noor Baloch A, Hagberg M, *et al.* Long-term effect of hand-arm vibration on thermotactile perception thresholds [J]. J Occup Med Toxicol, 2018 (13): 19.
- [12] Nilsson T, Burström L, Hagberg M, *et al.* Thermal perception thresholds among young adults exposed to hand-transmitted vibration [J]. Int Arch Occup Environ Health, 2008, 81 (5): 519-533.
- [13] Burström L, Björ B, Nilsson T, *et al.* Thermal perception thresholds among workers in a cold climate [J]. Int Arch Occup Environ Health, 2017, 90 (7): 645-652.
- [14] 张丹英, 钟祥彬, 刘嘉鑫, 等. 健康青年人群指尖温度觉阈值影响因素分析 [J]. 中国职业医学, 2021, 48 (3): 329-333.
- [15] Ye Y, Griffin MJ. Assessment of thermotactile and vibrotactile thresholds for detecting sensorineural components of the hand-arm vibration syndrome (HAVS) [J]. Int Arch Occup Environ Health, 2018, 91 (1): 35-45.

(收稿日期: 2022-07-01; 修回日期: 2022-12-27)

指尖收缩压在手臂振动病诊断中的检测效能

Detection efficiency of fingertip systolic blood pressure in diagnosis of hand-arm vibration disease

郑洽君^{1,2}, 严茂胜^{1,2}, 肖斌², 贾艳霞³, 潘思玉⁴, 蒋雍建², 林瀚生²

(1. 广州医科大学公共卫生学院, 广东 广州 510315; 2. 广东省职业病防治院/广东省职业病防治重点实验室; 3. 山西医科大学公共卫生学院; 4. 广东药科大学公共卫生学院)

摘要: 选择 60 名健康成年男性作为对照组, 30 名接触手传振动 (HTV) 的男性工人作为接振组, 进行职业健康特征以及指尖收缩压 (FSBP) 采集, 计算健康人群的医学参考值范围; 比较 10℃ 以及 15℃ 下对照组 FSBP 指数 (%FSBP) 的差异, 并分别绘制两种温度下除大拇指外四指的受试者工作特征 (ROC) 曲线, 预测 FSBP 诊断手臂振动病 (HAVD) 的价值。结果显示, 食指至小指的 %FSBP 医学参考值上限 10℃ 时分别为 99.08%、102.46%、107.83%、105.49%, 15℃ 时分别为 130.71%、145.29%、137.34%、136.89%; 10℃ 时食指、中指、无名指的曲线下面积 (AUC) 分别为 0.825、0.880、

0.755 ($P < 0.05$), 10℃ 时小指以及 15℃ 时四指的 AUC 均 $P > 0.05$ 。提示 %FSBP 检测在 HAVD 及其他振动性血管损伤疾病早期诊断中的应用价值较高; 首选指标可以定为 10℃ 时的中指 %FSBP, 异常判定值可设为 79.88%。

关键词: 指尖收缩压 (FSBP); 手传振动 (HTV); 医学参考值; 手臂振动病 (HAVD)

中图分类号: R135.4 文献标识码: B

文章编号: 1002-221X(2023)02-0135-04

DOI: 10.13631/j.cnki.zggyyx.2023.02.009

基金项目: 广东省自然科学基金 (2018A030313955); 广州市科技计划项目 (201804010099); 广东省医学科研基金 (A2021485、A2022127); 广东省职业病防治重点实验室 (2017B030314152)

作者简介: 郑洽君 (1998—), 女, 硕士研究生, 研究方向: 职业卫生。

通信作者: 严茂胜, 主任医师, E-mail: yanmsh@126.com

指尖收缩压 (fingertip systolic blood pressure, FSBP) 检测是评价末端动脉血管损伤科学而灵敏的方法, 主要利用测量指动脉张力观察手指末端血管的闭合状况。FSBP 测量对受试者的冷刺激时间与范围

较小,受试者依从性较高^[1]。使用电动、气动以及手动振动工具作业的工人,因长时间暴露于手传振动(hand-transmitted vibration, HTV),常出现手指血液循环功能损伤,特别是低温环境中会引起手指骤然变白,称为“振动性白指”(vibration-induced white fingers, VWF),是手臂振动病(hand-arm vibration disease, HAVD)的特征性病变^[2]。FSBP 试验对于 VWF 的诊断有较高的灵敏度和特异度,与 VWF 的严重程度有良好的剂量-效应关系^[3-4],能在患者出现主观症状之前揭示手指动脉温度觉异常,具有经济、简单、方便、直观等优点,值得深入探究。本研究旨在探讨 FSBP 作为 HAVD 主要诊断指标在我国推广的合理性和潜在价值。

1 对象与方法

1.1 对象 选取某运动器材生产企业非接振岗位健康男性工人 60 人作为对照组,将其再分为 10℃ 和 15℃ 两组,每组 30 人;抽取另一运动器材生产企业接触振动作业的男性工人 30 人作为接振组,其中 10 人已经广东省职业病防治院确诊为 HAVD。

纳入标准:(1) 作业工龄≥6 个月;(2) 既往无高血压、糖尿病、心血管疾病、系统性红斑狼疮、原发性雷诺病、关节炎等基础性疾病;(3) FSBP 试验前 2 周未使用血管活性药物。本研究经广东省职业病防治院医学伦理委员会批准,且均获得研究对象的知情同意。

1.2 方法

1.2.1 职业健康调查 课题组根据工人作业特点设计职业卫生调查问卷,由接受统一培训的调查员进行问卷调查。内容包括:(1) 人口学资料,姓名、性别、民族、年龄、身高、体质量指数(BMI);(2) 职业史,工种、工龄、职业病危害因素;(3) 生活习惯,吸烟、饮酒史;(4) 一般健康情况,既往疾病史、用药史;(5) 上肢健康情况。

1.2.2 FSBP 测试 本试验采用体积描记法,使用 HVLab 指端收缩压测量仪(英国南安普顿大学)进行检测,即通过冷刺激下手指末梢动脉返流时袖口灌注的压力测量 FSBP^[5]。测量室温约 21℃。研究对象在受试前避免振动暴露≥12 h,避免体力活动≥30 min。

研究对象均选取其利手,试验中将拇指作为对照组,食指、中指、无名指、小指作为测试指。检测之前,在拇指近节指骨固定一压力袖带,其余手指的中节指骨上固定冷却袖带,向拇指袖带灌注空气,再分别以 30℃、15℃ 或 10℃ 的水灌注其余手指的袖带。同时将压力传感器放置在各手指指甲的基部,使袖带

压力增加至 220 mmHg,手指末端缺血 5 min 后以 2 mmHg/s 的速率降低袖带压,分别测量受试者在 30℃、15℃、10℃ 时的 FSBP。测试仪器参数:采用 5 通道(测量 5 个手指),采样率 18 个/s,测量压力 150~260 mmHg,减压速度 0.5 mmHg/s。FSBP 指数(%FSBP)计算公式为

$$\%FSBP_{t^{\circ}C} = \frac{FSBP_{test,t^{\circ}C}}{FSBP_{test,30^{\circ}C} - (FSBP_{ref,30^{\circ}C} - FSBP_{ref,t^{\circ}C})} \times 100\%$$

式中:%FSBP_{t℃} 为 15℃ 或 10℃ 水温时测试指的 %FSBP; FSBP_{test,t℃} 为 15℃ 或 10℃ 水温时测试指的 FSBP; FSBP_{test,30℃} 为 30℃ 水温时测试指的 FSBP; FSBP_{ref,30℃} 为 30℃ 水温时拇指的 FSBP; FSBP_{ref,t℃} 为 15℃ 或 10℃ 水温时拇指的 FSBP。

国际标准化组织(ISO)规定,%FSBP<80.0% 可能存在手指末梢循环功能障碍,本研究将手指 %FSBP 异常判定值设定为 80.0%^[6]。

1.3 质量控制 本研究严格按照纳入标准筛选研究对象,按照标准控制室温、调准仪器、严格遵守实验操作规程。所有调查均由培训合格的研究人员完成,全过程督导。录入数据实时校验,并在录入完成后进行一致性检验。

1.4 统计分析 采用 EpiData 3.1 软件建立数据库,SPSS 22.0 软件进行数据分析。采用 Shapiro-Wilk 检验确定数据的正态性,符合正态分布的计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 描述,否则用中位数(M)、第 25、75 百分位数(P_{25} , P_{75}) 或第 0~100 百分位数表示($P_0 \sim P_{100}$)。两组间均数比较采用两独立样本 *t* 检验,两组间 *M* 比较采用 Mann-Whitney *U* 检验,多组间 *M* 比较采用 Kruskal-Wallis *H* 检验。样本率或计数资料间的比较使用 Pearson χ^2 检验或 Fisher 确切概率法。检测水准为 $\alpha=0.05$ (双侧),即 $P<0.05$ 。基于对照组中的健康工人 %FSBP 用百分位数法确定医学参考值范围,以第 95 分位(P_{95}) 作为上限,之后绘制受试者工作特征曲线(receiver operator characteristic curve, ROC),分别计算不同手指 %FSBP 的 ROC 曲线下面积(area under the ROC curve, AUC),评价 %FSBP 预测 HAVD 发生的效能。

2 结果

2.1 基本情况 接振组年龄(40.77±6.28)岁,接振工龄 8.50(4.75, 15.75)年, BMI(24.73±3.56) kg/m²; 吸烟率 43.33%(13/30), 饮酒率 50.00%(15/30)。对照组年龄 40.00(32.00, 44.00)岁,在岗工龄 5.1(2.70, 10.30)年, BMI

(22.00±3.60) kg/m²; 吸烟率 41.67% (25/60), 饮酒率 33.33% (20/60)。接振组与对照组的工龄差异有统计学意义 ($t=11.50$, $P<0.001$)。

2.2 FSBP 测试

2.2.1 不同温度条件下 %FSBP 对照组食指、中指、无名指、小指 10℃ 时 %FSBP 为 91.34 (87.90, 95.43)%、89.22 (84.52, 98.20)%、93.88 (87.09, 96.60)%、92.88 (87.18, 98.29)%、15℃ 时 %FSBP 为 99.78 (90.61, 104.07)%、92.43 (87.74, 102.70)%、94.25 (88.84, 101.38)%、94.96 (89.15, 102.31)%、15℃ 时四指 %FSBP 均高于 10℃ 时, 仅食指间差异有统计学意义 ($P=0.02$)。

接振组食指、中指、无名指、小指 10℃ 时 %FSBP 为 74.25 (70.48, 80.40)%、76.85 (71.80, 84.43)%、84.30 (73.44, 96.26)%、92.79 (77.05, 106.69)%、均低于对照组, 且食指、中指、无名指的差异有统计学意义 ($P<0.05$)。

2.2.2 健康工人 %FSBP 医学参考值 分别计算对照组 10℃、15℃、10℃+15℃ 时 %FSBP 医学参考值范围。经 Shapiro-Wilk H 检验, %FSBP 数据均不符合正态分布 ($P<0.05$), 所以选择 P_{95} 为医学参考值范围的上限。见表 1。

表 1 10℃ 和 15℃ 时健康工人不同手指 %FSBP 医学参考值范围上限 [%]

温度	食指	中指	无名指	小指
10℃	99.08	102.46	107.83	105.49
15℃	130.71	145.29	137.34	136.89
10℃+15℃	98.06	97.39	120.23	113.34

2.3 %FSBP 的 ROC 曲线 接振组 10℃ 时中指的 AUC 值最大 (0.880), 其次为食指、无名指和小指。15℃ 时各手指 %FSBP 的灵敏度与特异度较低, AUC 均 < 0.5, 因此不作分析。见图 1 和表 2。

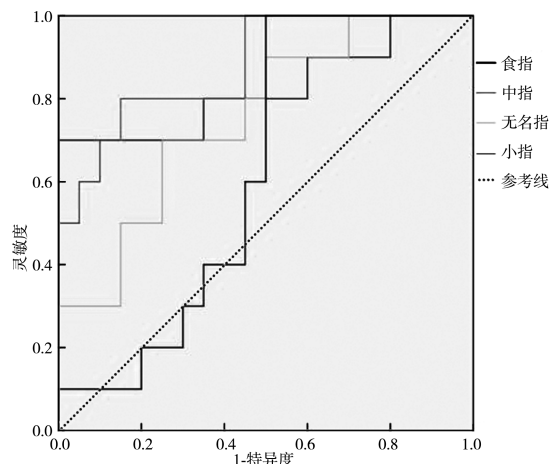


图 1 接振组 10℃ 时不同手指 %FSBP 的 ROC 曲线

表 2 10℃ 时不同手指 %FSBP 诊断 HAVS 的 ROC 曲线参数与判断界值

指标	食指	中指	无名指	小指
判断界值				
截断值 (%)	79.160	79.880	80.140	82.650
灵敏度	0.700	0.800	0.900	0.900
特异度	0.950	0.850	0.500	0.500
约登指数	0.650	0.650	0.400	0.400
AUC 参数				
标准误	0.095	0.066	0.092	0.102
AUC	0.825	0.880	0.755	0.625
95%置信区间	0.638~1.000	0.751~1.000	0.574~0.936	0.424~0.826
P	0.040	0.001	0.025	0.271

3 讨论

研究发现, FSBP 通过血管收缩与冷刺激反应间接反映手指末端循环功能^[7]; 在给定冷刺激时, 血管收缩程度越大, FSBP 下降幅度越大^[8]; 在不同测试人员中可获得较高重复率^[9]。我国现行《职业健康监护技术规范》(GBZ 188—2014) 中 FSBP 不是必检项目, 其检测程序、标准均未有明确规定^[10]。本研究对我国南方地区工人 FSBP 水平进行测量与分析, 旨在为扩大 FSBP 在国内的应用提供理论依据。

本研究发现, 10℃ 时接振组与对照组食指、中指、无名指、小指 FSBP 水平均有明显差异, 说明长期接触 HTV 的工人手指末梢血管循环功能确有损伤, 其中食指、中指、无名指更易受损; 推测应与作业工具及岗位的特定姿势有关。FSBP 测试手指和身体冷却时, 交感神经系统的血管收缩作用是原发性雷诺现象和 VWF 患者局部血管收缩作用的 2~3 倍。提示交感神经系统可能是 VWF 引起 %FSBP 下降及微循环受损的重要靶部位, 使 VWF 致病机制更加明晰。

因时间所限, 本次接振组只测了 10℃ 时 FSBP, 以尽可能在轻度 HAVD 者中触发阳性结果。对照组食指、中指、无名指、小指 %FSBP 15℃ 时均高于 10℃, 食指差异有统计学意义。有研究发现, 10℃ 时 %FSBP 在有无 VWF 者间差异更显著, AUC 为 0.95, 相较 15℃ (0.93) 的特异度和灵敏度更高^[9]。叶开友等^[11]认为 10℃ 时 HAVD 患者更易出现 %FSBP 异常。按照国际公认的异常标准 (%FSBP < 80.0%), 本研究得出的 10℃ 时 %FSBP 水平更接近规定标准, 经合理推断, 认为 10℃ 是适合临床快速诊断的实验条件。

Wlesh 等^[12]调查显示, 10℃ 时 20~30 岁男性各手指 %FSBP 的中位数分别为 88.5%、85.5%、86.9%、92.2%, 55~65 岁男性各手指 %FSBP 的中位数分别

为 80.6%、87.0%、85.9%、91.0%，与本研究结果相近。提示以 %FSBP < 80.0% 作为异常标准得出的 ROC 曲线结果较为合理。本研究 10℃ 冷刺激时，两组人群食指、中指 %FSBP 的 AUC 值分别为 0.880、0.825；中指的灵敏度和特异度均在较高水平 (0.800, 0.850)，食指的特异度最高 (0.950)，小指与无名指的灵敏度均为 0.900。说明 10℃ 时中指 %FSBP 水平可作为 FSBP 异常以及早期诊断 VWF 的首选指标，%FSBP 截断值可以选为 79.88%。

FSBP 的评估缺乏相关国内行业标准，现行 FSBP 测量评价标准缺乏相应手指的正常参考值范围，也缺乏大规模的调查数据，因此本研究只能做出合理推论，尚需要进一步验证。因本研究条件所限，受试对象样本量不足且均为男性，结果存在一定局限性。FSBP 测试结果取决于冷激发程序，包括手指冷却、室温和其他因素^[13]；国外研究成果能否适用于我国，均尚待研究。

参考文献

- [1] 肖斌, 温薇, 陈青松, 等. 指端收缩压在振动性血管损伤诊断中的应用 [J]. 中国职业医学, 2021, 48 (4): 392-396.
- [2] Rahemtulla Z, Hughes-Riley T, Dias T. Vibration-sensing electronic yarns for the monitoring of hand transmitted vibrations [J]. Sensors (Basel), 2021, 21 (8): 2780.
- [3] Bovenzi M, D'Agostin F, Rui F, et al. A longitudinal study of finger systolic blood pressure and exposure to hand-transmitted vibration [J]. International Archives of Occupational and Environmental Health, 2008, 81 (5): 613-623.
- [4] 严茂胜, 刘倩, 王承敏, 等. 指端收缩压检测及其在手臂振动病诊断中的应用 [J]. 中国工业医学杂志, 2022, 35 (2): 139-143.
- [5] ISO 14835—2—2005, 机械振动和冲击. 末梢血管功能评定用冷刺激试验 第 2 部分: 手指收缩压的测量和评价 [S].
- [6] 孙贵范. 职业卫生与职业医学 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2012: 275-276.
- [7] Lindsell CJ. Test battery for assessing vascular disturbances of fingers [J]. Environ Health Prev Med, 2005, 10 (6): 341-350.
- [8] Omarjee L, Metairie A, Tueguem Moyo T, et al. Performance of finger systolic blood pressure measurement to detect digital occlusive arterial disease in systemic sclerosis [J]. Rheumatology (Oxford), 2022, 61 (3): 1115-1122.
- [9] Ye Y, Griffin MJ. Assessment of two alternative standardised tests for the vascular component of the hand-arm vibration syndrome (HAVS) [J]. Occupational and Environmental Medicine, 2016, 73 (10): 701-708.
- [10] 陈嘉斌, 陈青松, 王建新, 等. 《职业性手臂振动病的诊断》标准修订说明 [J]. 中国职业医学, 2015, 42 (2): 212-216.
- [11] 叶开友, 刘晓晓, 陆辰汝, 等. 8 例打磨作业工手臂振动病调查 [J]. 职业卫生与应急救援, 2019, 37 (6): 550-553, 558.
- [12] Welsh AJ, Griffin MJ. Normal values for finger systolic blood pressures in males and females [J]. Int Arch Occup Environ Health, 2008, 81 (5): 625-632.
- [13] Blaise S, Boulon C, Mangin M, et al. Finger systolic blood pressure index measurement: A useful tool for the evaluation of arterial disease in patients with systemic sclerosis [J]. Arthritis Care & Research, 2022, 74 (5): 828-832.

(收稿日期: 2022-08-11)

手持工件打磨作业工人指端振动觉阈值调查分析

Investigation and analysis on fingertip vibrotactile perception threshold of grinding workers working with workpiece in hand

贾艳霞^{1,2}, 吴桂冰^{2,3}, 严茂胜^{1,2}, 肖斌², 林瀚生², 郑洽君³, 潘思玉⁴, 杨斯茹³, 黄杏³, 唐帅⁵

(1. 山西医科大学公共卫生学院, 山西 太原 030607; 2. 广东省职业病防治院/广东省职业病防治重点实验室; 3. 广州医科大学公共卫生学院; 4. 广东药科大学公共卫生学院; 5. 川北医学院公共卫生学院)

摘要: 选取某运动器材厂 208 名工人进行健康问卷调查和职业健康体检, 并进行指端振动觉阈值 (VPT) 检测, 采用多因素线性回归分析指端 VPT 的影响因素。结果显示, 接振组 (92 人) 手指麻木、刺痛、白指的发生率均高于对照组

(116 人) ($P < 0.05$), 食指低频、高频 VPT 随接振工龄的增长呈递增趋势。接振工龄、手指麻木、手指刺痛对食指低频及小指低频、高频 VPT 具有正向预测作用 ($P < 0.05$), 接振工龄、手指刺痛对食指高频 VPT 具有正向预测作用 ($P < 0.05$)。

关键词: 振动觉阈值 (VPT); 手传振动; 手臂振动病

中图分类号: R135.4 **文献标识码:** B

文章编号: 1002-221X(2023)02-0138-04

DOI: 10.13631/j.cnki.zggyyx.2023.02.010

基金项目: 广东省自然科学基金 (2018A030313955); 广东省医学科研基金 (A2021485、A2022127); 广东省职业病防治重点实验室 (2017B030314152); 广州市科技计划项目 (201804010099)

作者简介: 贾艳霞 (1995—), 女, 硕士研究生, 研究方向: 职业卫生。

通信作者: 严茂胜, 主任医师, E-mail: yanmsh@126.com