

SAAHECG 对冠心病的诊断价值及与冠状动脉狭窄程度的关系探讨*

廖 芯,刘春燕,张 辰,包 庞,向 丽,钟杭美[△],赵晓辉[▲]

(陆军军医大学第二附属医院全军心血管病研究所 400038)

[摘要] **目的** 探讨尼沙赫心电图(SAAHECG)在冠心病诊断中的应用及其与不同冠状动脉狭窄程度的关系。**方法** 回顾性分析 2016 年 10 月至 2020 年 12 月有胸闷、胸痛的临床症状且在该院施行冠状动脉造影术(CAG)的患者 209 例,所有患者术前均同步行 SAAHECG 及常规心电图(ECG)检查。根据冠状动脉造影结果,分为非冠心病组即对照组(冠状动脉狭窄 $<50\%$),冠心病组(冠状动脉狭窄 $\geq 50\%$)。将冠心病组分为轻度狭窄组(冠状动脉狭窄 $50\%\sim 69\%$)、中度狭窄组(冠状动脉狭窄 $70\%\sim 89\%$)和重度狭窄组(冠状动脉狭窄 $\geq 90\%$)3 组。观察 SAAHECG 与 ECG 对冠心病诊断的灵敏度、特异性,以及 SAAHECG 与 ECG 在冠状动脉不同狭窄程度时的灵敏度。**结果** SAAHECG 与 ECG 诊断冠心病的灵敏度分别为 82.56% 、 49.42% ,差异有统计学意义($P<0.05$),特异性分别为 48.65% 、 43.24% ,差异无统计学意义($P>0.05$)。从轻度狭窄组到重度狭窄组 SAAHECG 与 ECG 的诊断灵敏度依次为: $63.16\%/26.32\%$ 、 $74.51\%/43.14\%$ 、 $90.20\%/56.86\%$,其中,SAAHECG 在重度狭窄组灵敏度最高,与轻度狭窄组、中度狭窄组比较,差异均有统计学意义($P<0.0167$)。ECG 在重度狭窄组的灵敏度显著高于轻度狭窄组($P<0.0167$),与中度狭窄组比较,差异无统计学意义($P>0.0167$)。**结论** SAAHECG S-T 间期新小波对心肌缺血导致的ST段活动有很高的敏感性,对冠心病的诊断特别是对严重冠状动脉病变的患者有重要的临床应用价值。

[关键词] 尼沙赫心电图;心电图;冠心病;诊断;灵敏度**[中图法分类号]** R541.4**[文献标识码]** A**[文章编号]** 1671-8348(2022)10-1719-07

Value of saah electrocardiography for diagnosing coronary heart disease and its relationship with coronary arterial stenosis degree

LIAO Xin,LIU Yanchun,ZHANG Chen,BAO Pang,XIANG Li,ZHONG Hangmei[△],ZHAO Xiaohui[▲]

(Cardiovascular Diseases Institute of PLA,Second Affiliated Hospital,Army

Military Medical University,Chongqing 400038,China)

[Abstract] **Objective** To investigate the application of saah electrocardiography (SAAHECG) in diagnosing coronary heart disease (CHD) and its relationship with the stenosis degrees of different coronary arteries. **Methods** A total of 209 patients with chest distress and chest pain conducting coronary angiography (CAG) in this hospital from October 2016 to December 2020 were retrospectively analyzed. The patients were divided into the non-CHD group (control group,coronary stenosis $<50\%$) and CHD group (coronary stenosis $\geq 50\%$) according to the CAG results. The CHD group was divided into the mild stenosis group (coronary arterial stenosis $50\%-69\%$),middle stenosis group (coronary arterial stenosis $70\%-89\%$) and severe stenosis group (coronary arterial stenosis $\geq 90\%$). The sensitivity and specificity of saahECG and ECG for diagnosing CHD were observed. The sensitivity of SAAHECG and ECG in different stenosis of coronarial arteries was observed. **Results** The sensitivities of SAAHECG was significantly higher than that of ECG,and the difference was statistically significant (82.56% vs. 49.42% , $P<0.05$). The specificity were 48.65% and 43.24% ,and the difference was statistically significant ($P>0.05$). The sensitivities of SAAHECG from the mild stenosis group to severe stenosis group were in turn $63.16\%/26.32\%$, $74.51\%/43.14\%$ and $90.20\%/56.86\%$ respectively,the sensitivity of ECG was the highest in the severe stenosis group,the difference was statistically significant compared with the mild stenosis group and moderate stenosis group ($P<0.0167$). The sensitivity of

* 基金项目:重庆市技术创新和应用发展专项面上项目(cstc2019jcsx-msxmX0128)。 作者简介:廖芯(1990—),主治医师,在读硕士研究生,主要从事冠心病防治研究。 [△] 通信作者,E-mail:hm1866@163.com。 [▲] 共同通信作者,E-mail:doctorzhaoxiaohui@yahoo.com。

ECG in the severe stenosis group was significantly higher than that in the mild stenosis group ($P<0.0167$), there was no statistically significant difference compared with the moderate stenosis group ($P>0.0167$).

Conclusion The new wavelet of S-T interval of SAAHECG has very high sensitivity to the electrical activity caused by myocardial ischemia, SAAHECG is superior to the conventional ECG in the diagnosis of CHD. Under the circumstance of without reducing its specificity, it can significantly improve the sensitivity, moreover its sensitivity is the highest when the degree of coronary artery stenosis exceeds 90%, and has the important clinical application value for the diagnosis of CHD, especially for the patients with severe coronary arterial lesion.

[Key words] SAAHECG; ECG; coronary heart disease; diagnosis; sensitivity

中国人心血管疾病患病率处于持续上升阶段,心血管疾病患者约 3.3 亿,其中脑卒中 1 300 万,冠心病 1 139 万,冠心病排在第二位,无论是致死率、致残率都居高不下,且呈现病变严重、突发、年轻化等特殊趋势^[1-2]。心电图是临床上诊断冠心病的一种重要检测手段,但是很多患者心电图 ST-T 改变为非特异性,导致了常规心电图对冠心病临床诊断的局限性^[3]。尼沙赫心电图(SAAHECG)又称新心电图、精准心电图,其能够通过对离子层的检测,在不改变心电图原有基本波形的基础上,实时扫描记录到更多原始、有价值的心脏解剖部位小波,在 P 波及 ST 段时程内显示新小波^[4]。这些都是心脏自然解剖部位信号,可对这些小波波峰进行定量检测,弥补了常规心电图仅仅依靠形态学定性诊断的不足^[5],填补了传统心电图在心室部位定量方法的空白。近年来 SAAHECG 已经用于多种心律失常的诊断,但其在冠心病诊断中的研究较少。有学者在动物模型中,发现了心室标量参数改变早于常规心电图^[6],因此,本研究拟通过回顾性分析 209 例冠心病患者 SAAHECG 与常规心电图同步检查结果、冠状动脉造影结果,以探讨 SAAHECG 对冠心病的诊断价值及其与冠状动脉狭窄程度的关系。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析 2016 年 10 月至 2020 年 12 月在本院就诊的疑似冠心病患者,纳入标准:(1)有胸闷、胸痛临床症状;(2)已入院行冠状动脉造影术;(3)术前均同步行 SAAHECG 及常规心电图检查;(4)临床资料及相关检查完整。排除标准:(1)陈旧性心肌梗死;(2)心肌肥厚;(3)先天性心脏病;(4)房室阻滞;(5)严重电解质紊乱、肝肾功能异常未能纠正;(6)有恶性肿瘤病史。共筛选出 209 例患者,其中男 144 例,女 65 例,年龄 43~84 岁,平均(61.01±10.01)岁,合并高血压 116 例,合并糖尿病 54 例。

1.2 方法

1.2.1 SAAHECG 与常规心电图

应用美国菲士公司生产的 PHS-A10 检测仪,于 10~15 m² 的屏蔽房内,嘱患者平卧于检查床,安静休息,于常规 12 导联心电图采集信号部位,应用专用电

极片、导联线,同步记录 SAAHECG 与常规心电图。采集完成后将所有心电参数实时传输、存储,使用 SAAHECG 分析系统,计算机辅助人工数据分析,获得 SAAHECG 及同步常规心电图各项参数。

1.2.2 SAAHECG 标测方法与传统诊断标准

常规心电图标准值中,P-R 间期 120~200 ms,S-T 间期<380 ms,而 S-T 间期是由 ST 段+T 段组成,由于常规心电图在整个 S-T 间期中无测量点,所以不能测量。以往 SAAHECG 标测方法是 ST-T 段的新小波分成 A、B 两个区域,A 区:有新小波段(Ri);B 区:无新小波段(Rt),Ri 为心室复极起始端,Rt 为心室复极终末端,测量时程(mm),再将它乘以 40 变为 ms,再转换成 Hz(比值)^[7];但是随着研究的深入,现将 SAAHECG 中 ST 段(ST segment)和 T 段(T segment)时程以有新小波段(ST 时程段)和无新小波段(T 时程段)分为两段,并测量时程(mm),再将它乘以 40 变为 ms(图 1)。目前按照国际标准测量 ST 段+T 段=S-T 间期,S-T 间期<380 ms 为正常标准。健康成人 ST 段新小波数目为 3~5 个,ST<T(时程),ST 时限与 T 时限差距越大,提示心室收缩所需时程短,舒张时间长,心脏功能则越强,反之 ST>T(时限),提示心室收缩时程超过舒张时程,造成心室充盈受限,冠状动脉供血不足遂引起心肌缺血^[8-11]。依据传统电生理的诊断标准:ST 段时限正常值 60~80 ms,如果超过 1 倍为异常值。SAAHECG 图像则以连续两个相邻导联 ST>T(ms)为阳性诊断标准。

1.2.3 常规心电图 ST-T 诊断标准

正常范围:(1)ST 段无偏移;(2)ST 段在 V2~V3 导联抬高不超过 0.3 mV,V1、V4~V6 导联不超过 0.1 mV;(3)所有导联 ST 段压低不超过 0.05 mV;(4)T 波振幅不低于同导联 R 波的十分之一,也不高于同导联 R 波,肢体导联不超过 0.5 mV,胸前导联不超过 1.5 mV;(5)QT 间期 0.36~0.40 s,U 波宽度 0.16~0.25 s,高度低于 0.1 mV。不满足上述标准则为阳性。

1.3 分组

一般认为有典型心绞痛症状且冠状动脉造影提示冠状动脉狭窄超过 50%时,可诊断为冠心病^[12],因此根据造影结果分为两组,冠状动脉狭窄<50%为非

冠心病组即对照组;至少有一支冠状动脉或主要分支狭窄 $\geq 50\%$ 为冠心病组。在冠心病组中根据冠状动脉狭窄程度分为 3 个亚组:冠脉狭窄 $50\% \sim 69\%$ 为轻度狭窄组,狭窄 $70\% \sim 89\%$ 为中度狭窄组,狭窄 $\geq 90\%$ 为重度狭窄组^[13-14]。

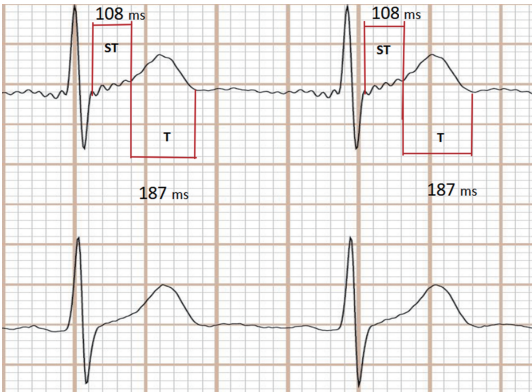


图 1 健康人 SAAHECG 的 S-T 间期新小波图形及标测参数(ms)

1.4 统计学处理

所有资料均采用 SPSS 23.0 统计软件进行分析,正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用 t 检验;计数资料以 $n(\%)$ 表示,采用 χ^2 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。3 组之间两两比较时用 Bonferroni 法校正检验水准,以 $P < 0.0167$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 SAAHECG 与常规心电图对冠心病的诊断价值比较

SAAHECG 与常规心电图对冠心病诊断的灵敏度分别为 82.56% 、 49.42% ,差异有统计学意义($P < 0.05$),特异性分别为 48.65% 、 43.24% ,差异无统计学意义($P > 0.05$)。本研究中共有 87 例患者常规心电图显示正常,而经冠状动脉造影明确诊断为冠心病。在这 87 例患者中,SAAHECG 阳性 59 例,SAAHECG 阴性 28 例,见表 1、2。

2.2 SAAHECG 及常规心电图诊断灵敏度与冠状动脉狭窄程度的关系

SAAHECG 及常规心电图从轻度狭窄组到重度狭窄组灵敏度依次为 $63.16\%/26.32\%$ 、 $74.51\%/43.14\%$ 、 $90.20\%/56.86\%$,每组中 SAAHECG 灵敏度均显著高于常规心电图($P = 0.016, 0.000, 0.000, P < 0.05$)。SAAHECG 灵敏度在 3 组间差异有统计学意义($\chi^2 = 10.869, P = 0.004, P < 0.05$),其中,在重度狭窄组灵敏度最高,与中度狭窄组、轻度狭窄组比较差异均有统计学意义($\chi^2 = 6.550, 7.587, P = 0.010, 0.006, P < 0.0167$),中度狭窄组与轻度狭窄组对比差异无统计学意义($\chi^2 = 0.874, P = 0.350, P > 0.0167$)。常规心电图灵敏度在 3 组间差异有统计学意义($\chi^2 = 7.123, P = 0.028, P < 0.05$),其中,重度狭窄组与轻度狭窄组比较差异有统计学意义($\chi^2 = 5.988, P = 0.014, P < 0.0167$),而重度狭窄组与中度狭窄组、轻度狭窄组与中度狭窄组比较差异均无统计学意义($\chi^2 = 2.567, 1.653, P = 0.109, 0.199, P > 0.0167$),见表 3。

表 1 SAAHECG 对冠心病的诊断结果

组别	SAAHECG(n)		合计	灵敏度	特异性
	阳性	阴性			
冠心病组	142	30	172	82.56%	48.65%
非冠心病组	19	18	37		
合计	159	50	209		

表 2 常规心电图对冠心病的诊断结果

组别	常规心电图(n)		合计	灵敏度	特异性
	阳性	阴性			
冠心病组	85	87	172	49.42%	43.24%
非冠心病组	21	16	37		
合计	106	103	209		

表 3 SAAHECG 与常规心电图对冠心病冠脉不同狭窄程度的判断比较

组别	SAAHECG				常规心电图				P
	结果(n)		合计	灵敏度	结果(n)		合计	灵敏度	
	阳性	阴性			阳性	阴性			
轻度狭窄组	12	7	19	63.16%	5	14	19	26.32%	0.016
中度狭窄组	38	13	51	74.51%	22	29	51	43.14%	0.000
重度狭窄组	92	10	102	90.20%	58	44	102	56.86%	0.000
合计	142	30	172	82.56%	85	87	172	49.42%	0.000

2.3 典型病例分析

病例 1,男,68 岁,因“发作性胸闷、胸痛 3 个月”入院,术前常规心电图为正常心电图,但 SAAHECG 可见多个导联(V3、V4、V5、V6)S-T 间期新小波明显增多致 ST 段时程延长,以图 2A 中 V5 导联为例,ST

(240 ms) $>$ T(99 ms)。患者冠脉造影示:左前降支近段狭窄 50% ,回旋支中段狭窄 90% ,回旋支置入 1 枚支架(图 3)。术后 1 个月复查,常规心电图未见明显变化,SAAHECG 见 S-T 间期新小波较术前减少,ST(160 ms) $>$ T(144 ms),时程比例较之前恢复接近正常

(图 2B)。

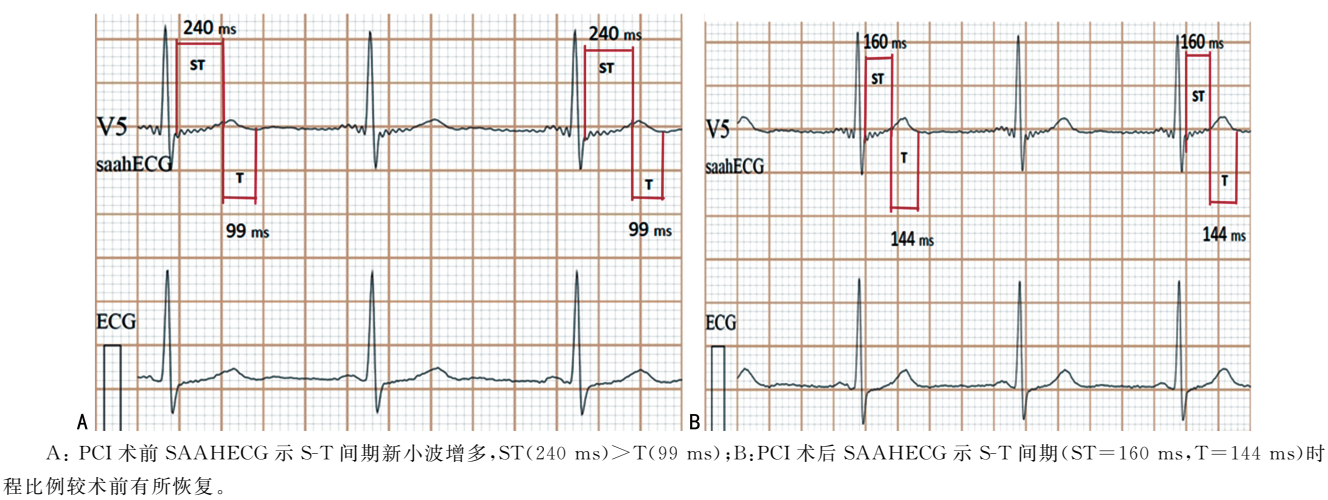


图 2 病例 1 SAAHECG

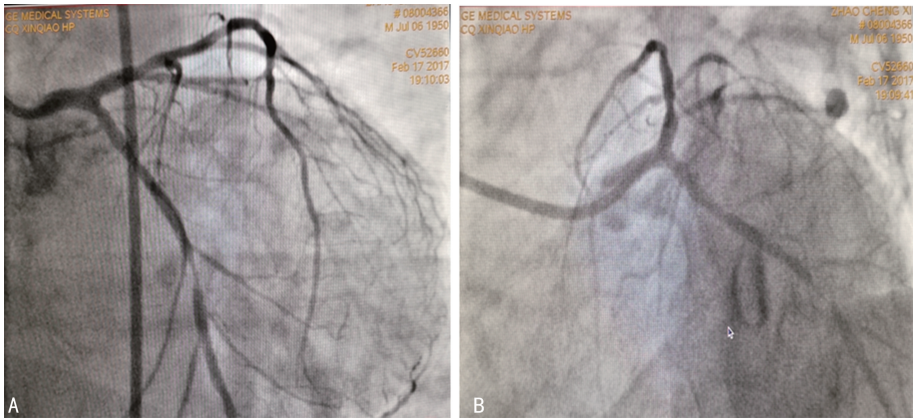


图 3 病例 1 冠状动脉造影

病例 2,男,66 岁,因“劳力性胸闷、胸痛 1 年,加重 2 个月”入院,术前常规心电图未见明显异常,SAAHECG 多个导联(V₄、V₅、V₆)见 S-T 间期新小波明显增多,ST $>$ T,以图 4A 中 V₅ 导联为例,ST(209 ms) $>$ T(133 ms)。该患者冠状动脉造影:前降支中段狭窄 50%~60%,第一对角支 60%~70%,回旋支 70%~80%(图 5)。回旋支置入一枚支架。术后 2 个月复查常规心电图未见明显变化,SAAHECG 见 S-T 间期新小波较术前减少,ST(174 ms) $<$ T(180 ms),时程比例较术前恢复(图 4B)。

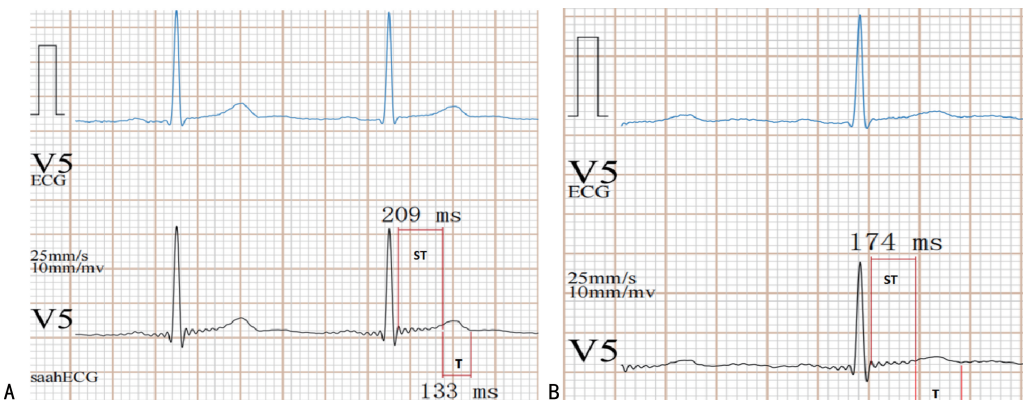
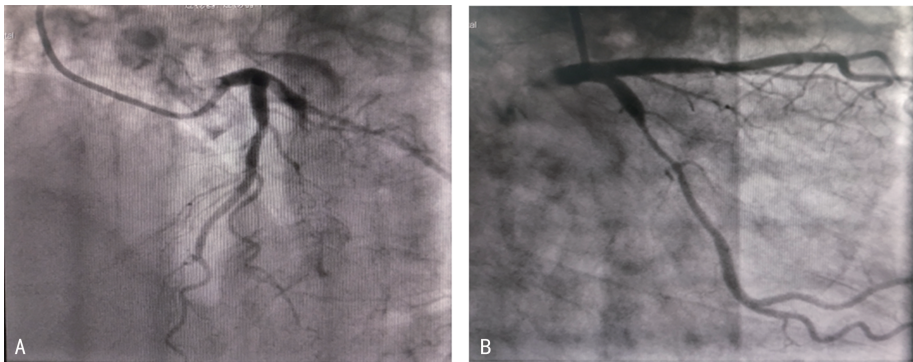


图 4 病例 2 SAAHECG

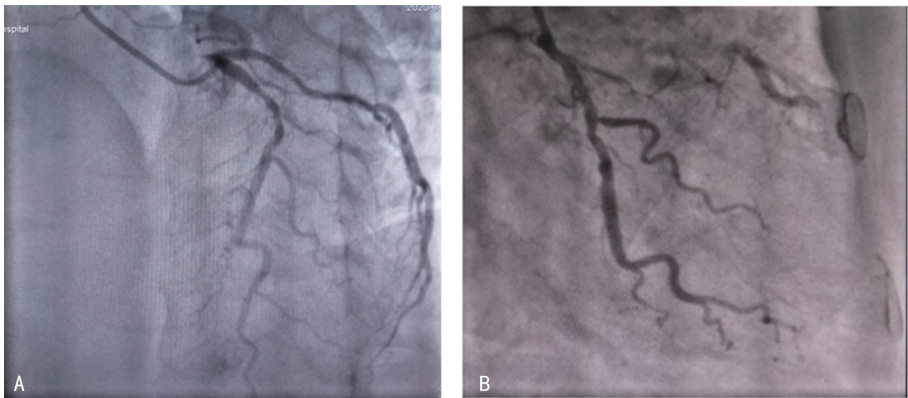
病例 3,女,68 岁,因“胸闷伴气促、乏力 3 余年,加重半年”入院,术前常规心电图未见明显异常,SAAHECG 多个导联(V3、V4、V5、V6)见 S-T 间期新小波明显增多,ST>T(图 7A)。患者冠状动脉造影术见前降支中段狭窄 80%,回旋支 40%~50%,钝

缘支 80%,左室后支开口处 80%(图 6)。前降支置入 1 枚支架。术后 1 个月复查,常规心电图未见明显变化,SAAHECG 见 S-T 间期新小波较术前减少,ST(176 ms)<T(201 ms),时程比例恢复接近正常(图 7B)。



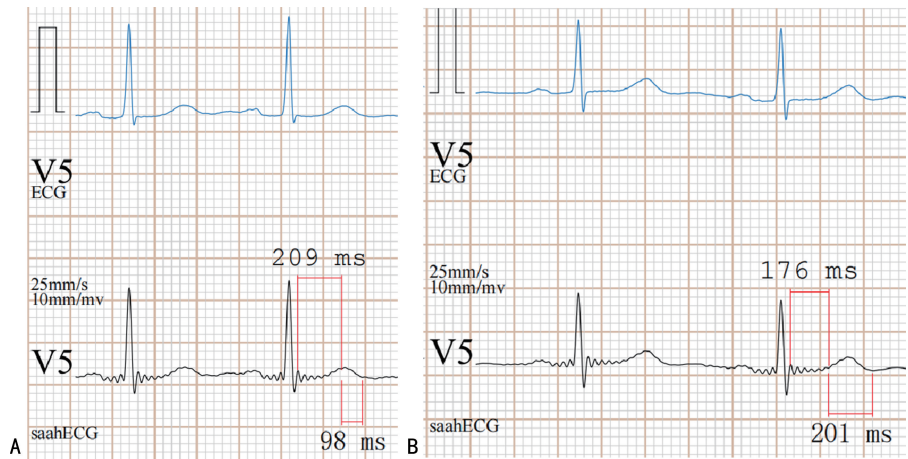
A:左冠状动脉前降支(LAD)中段狭窄 50%~60%;B:左冠状动脉回旋支(LCX)狭窄 70%~80%。

图 5 病例 2 冠状动脉造影



A:左冠状动脉前降支(LAD)中段狭窄 80%;B:左冠状动脉回旋支(LCX)狭窄 40%~50%。

图 6 病例 3 冠状动脉造影



A: PCI 术前 SAAHECG 示 S-T 间期新小波增多,ST(209 ms)>T(98 ms);B:PCI 术后 SAAHECG 示 S-T 间期(ST=176 ms,T=201 ms)时程比例较术前恢复。

图 7 病例 3 SAAHECG

3 讨 论

猝死占全球死亡率的 15%~20%,而冠心病是最常见的潜在病因^[15-16]。临床上尽早确诊及治疗,对冠心病患者预后具有重要的意义,是降低致残、病死率

的有效措施^[17-18]。冠心病致心肌缺血引起组织细胞缺氧,导致细胞内储存的 ATP 耗竭,随后心脏肌电活动分离,进而导致 ATP 依赖性的跨膜电位变化,在心电图中可以表现为 ST-T 变化^[19]。然而研究表明,只

有 50%~60% 的心肌梗死患者出现显著的 ST 段抬高或压低,限制了心电图的诊断灵敏度^[20]。SAAHECG 在 P 波时程及 ST 段时程内显示了新小波,这些小波为心房、心室收缩时产生的微小电信号,常规心电图在细胞层面检测不能捕捉到,而 SAAHECG 为离子层面检测,可以扫描并显示这些生理性小波。有研究发现健康人 SAAHECG 的 P-R 间期内小波的测量值与有创电生理的 P-A、A-H、H-V 间期数值一致,考虑与房室传导有关(房室结、希氏束、束支),可为传导阻滞、心律失常等提供无创的定位方法^[21-23]。通过对健康者行 SAAHECG 的研究发现,健康人 S-T 间期有 3~5 个小波,小波不超过 S-T 间期的 1/3 ~ 1/2,它们的形成可能与单核心肌细胞电位,离子泵转运等激动部位有关。根据位置分析,这些小波对应于心室动作电位的 2 期和 3 期复极,这可能进一步揭示心室复极在细胞层次的变化,有利于心肌缺血和离子电流改变的心电图研究^[7,24]。当心肌缺血局部心肌细胞受损时,起初是细胞传导遇到闰盘和缝隙连接传导受阻,时间延长,导致传导速度减慢,SAAHECG 的 S-T 间期就会显示 ST 时程延长,小波数量增加^[25]。心室肌从生理到病理过程首先是时程方向的改变,最初是 ST 小波个数增加,延长发展到 T 波顶峰,继而 T 波幅度降低、T 波接近水平、T 波消失、倒置。发生心肌梗死后,约 50% 的患者会出现 ST 段抬高或降低,引起 Y 轴上下方向改变,是由于正负离子改变,离子交换数量改变,为更严重的病理转归。这一病理生理过程,在既往研究中得到进一步验证,有动物实验以猪为研究对象,建立心肌梗死模型,发现在心电图 ST-T 降低或抬高前,SAAHECG 相应导联已经提前显示 S-T 间期小波增多、延长等变化^[6,26]。故这些小波均被证实是真实、有特定临床意义的。常规心电图以 ST-T 抬高或降低为定性诊断,而 SAAHECG 创新性地开启定量诊断,可以测量小波个数和时程长度、斜率、起点高度等,使诊断依据更加精准。

本研究以冠脉造影为金标准,分析 209 例患者的 SAAHECG 与常规心电图,探讨 SAAHECG 对冠心病诊断的灵敏度、特异性。结果提示 SAAHECG 灵敏度明显高于常规心电图(82.56% vs. 49.42%),差异有统计学意义,表明 SAAHECG 可在一定程度上弥补常规心电图灵敏度低的不足。本研究中常规心电图特异性为 43.24%,与于红玲^[27]的研究结果相近,SAAHECG 特异性为 48.65%,与常规心电图比较差异无统计学意义,表明 SAAHECG 虽然灵敏度较高,但特异性欠佳,临床诊断时应结合患者冠脉造影及相关检查,以免误诊。不过在研究 SAAHECG 与常规心电图对冠状动脉不同狭窄程度的诊断时还发现,随着冠状动脉狭窄程度的增加,SAAHECG 灵

敏度呈明显升高趋势,在狭窄超过 90% 时灵敏度最高,与狭窄 50%~69% 组、70%~89% 组比较差异均有统计学意义;且与常规心电图相比差异亦有统计学意义,表明 SAAHECG 对冠心病的诊断虽然特异性不高,但对冠状动脉严重狭窄的灵敏度高,可能有助于临床早期发现这类患者,并尽快进行介入手术治疗,对防止患者发生心血管事件,挽救患者的生命有着较高的应用价值。然而狭窄程度 50%~69% 组与 70%~89% 组之间 SAAHECG 的灵敏度差异无统计学意义,这可能是由于狭窄引起心肌缺血继而导致 SAAHECG 改变是一个从量变到质变的缓慢过程,狭窄越严重,SAAHECG 改变越明显,但在狭窄程度小于 90% 时尚未达到一个质变点^[13],故差异无统计学意义。也有可能是由于需入院行冠脉造影术的患者大部分冠状动脉狭窄程度较重,狭窄程度 50%~69% 组与 70%~89% 组样本量相对较少,在统计学上暂不能体现出两者之间差异性。本研究中常规心电图灵敏度随着冠状动脉狭窄程度的增加也有升高趋势, $\geq 90\%$ 组与 50%~69% 组有显著差异,但其与 70%~89% 组之间差异无统计学意义,表明狭窄程度超过 90% 时常规心电图灵敏度较狭窄程度 50%~69% 时高。

在典型病例分析中,3 例患者冠脉造影均提示冠状动脉重度狭窄,但术前常规心电图均未见明显异常,而 SAAHECG 相应导联 S-T 间期新小波明显增多,可判断为异常。在本研究中,类似冠心病患者常规心电图完全正常而 SAAHECG 可见异常病例不在少数。本研究中共有 87 例冠心病患者常规心电图显示正常,其中 59 例 SAAHECG 显示阳性,在统计学体现为 SAAHECG 灵敏度明显高于常规心电图。在临床中,因冠状动脉狭窄程度较轻、存在交通支、多支血管病变等原因,部分冠心病患者心电图常常不能显示异常^[28],甚至在冠状动脉狭窄程度较严重时,常规心电图 ST 段仍未能见明显改变。若患者临床症状不典型时,往往不会进一步检查,容易造成此类患者的漏诊或误诊,进而影响患者的及时诊断和治疗。SAAHECG 极大地提高了对此类冠心病的诊断灵敏度,有重要的临床意义及优势。3 例典型病例术后常规心电图亦无明显变化,SAAHECG 的 S-T 间期新小波较术前明显减少,时程比例恢复接近正常范围,电话追踪患者胸闷、胸痛症状均较术前明显好转,提示 SAAHECG 对临床疗效的评判有一定的应用价值。

总之,SAAHECG 显示的小波更加丰富、细腻,提供了一种全新的记录心脏电活动的无创方法^[29],与常规心电图相比,它对冠心病心肌缺血的诊断有独特优势,特别是对冠状动脉狭窄程度较重者灵敏度更高,

可为临床诊疗提供重要信息。目前 SAAHECG 的临床应用尚未普及,其初步研究及应用已经让大家看到了心电学技术发展的新方向。本研究为回顾性研究,存在样本量小等局限性,有待大样本、多中心、前瞻性的研究探索。

参考文献

- [1] 中国心血管健康与疾病报告 2020 编写组. 中国心血管健康与疾病报告 2020[J]. 中国心血管杂志, 2021, 26(3): 209-218.
- [2] 王娇, 俎德玲, 杨庆业, 等. 青年与中老年男性患者冠心病临床及冠状动脉特点分析[J]. 心电与循环, 2019, 38(6): 488-490.
- [3] DORI G, GERSHINSKY M, BEN-HAIM S, et al. Changes in the initial slope of the QRS in ischemic patients and normal subjects undergoing scintigraphy with dipyridamole[J]. Comput Biol Med, 2010, 40(11/12): 869-875.
- [4] JAYARAMAN S. Saah electrocardiography: an insight toward microwaveform of atrioventricular node and his bundle potentials[J]. Anatol J Cardiol, 2017, 18(2): 115.
- [5] 钟杭美. 全信息 SAAHECG 的检测方法与临床应用展望[J]. 中国心脏起搏与心电生理杂志, 2016, 30(2): 95-101.
- [6] ZHAO W, LU G, LIU L, et al. Detection of acute myocardial infarction in a pig model using the SAN-Atrial-AVN-His (SAAH) electrocardiogram (ECG), model PHS-A10, an automated and integrated signals recognition system[J]. Med Sci Monit, 2018, 24: 1303-1309.
- [7] 刘力, 赵文姣, 曾建平, 等. 404 例健康者精准新心电图 ST-T 段新波分析[J]. 实用心电学杂志, 2016, 25(2): 101-105.
- [8] 钟杭美, 张辰. 中国心律学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2017: 163-174.
- [9] 王薇娜, 尹岚. SAAHECG 的检测参数及其测量方法[J]. 医学新知杂志, 2019, 29(5): 543-544.
- [10] 刘力, 赵文姣. 尼沙赫 SAAHECG 与心电图同步分析冠心病改变的临床研究[J]. 实用心电学杂志, 2018, 27(1): 38-42.
- [11] 李枚娟, 张艳平, 王焱, 等. 精准新心电图 ST-T 新波与冠心病临界病变的关系分析[J]. 实用心电学杂志, 2017, 26(6): 413-415, 419.
- [12] 中华医学会心血管病学分会介入心脏病学组. 稳定性冠心病诊断与治疗指南[J]. 中华心血管病杂志, 2018, 46(9): 680-694.
- [13] 刘儒. 心电图对冠心病患者病变血管位置和狭窄程度的诊断价值[J]. 慢性病学杂志, 2019, 20(1): 153-156.
- [14] 吴黎明. 心电图 ST 段改变与冠心病患者冠脉造影病变特点的相关研究[J]. 中外医疗, 2019, 38(32): 187-189.
- [15] CHATTERJEE N A, TIKKANEN J T, PANICKER G K, et al. Simple electrocardiographic measures improve sudden arrhythmic death prediction in coronary disease[J]. Eur Heart J, 2020, 41(21): 1988-1999.
- [16] MYERBURG R J, JUNTILA M J. Sudden cardiac death caused by coronary heart disease[J]. Circulation, 2012, 125(8): 1043-1052.
- [17] 赵佳, 霍勇, 李春洁. 我国急性 ST 段抬高型心肌梗死药物溶栓后行经皮冠状动脉介入治疗的策略探讨[J]. 中国介入心脏病杂志, 2020, 28(2): 110-112.
- [18] MANSOURNIA M A, HOLAKOUIE-NAIENI K, FAHIMFA R, et al. Risk of coronary heart events based on rose angina questionnaire and ecg besides diabetes and other metabolic risk factors: results of a 10-year follow-up[J]. Int J Endocrinol Metab, 2017, 15(2): e42713.
- [19] 赵文姣, 刘力, 曾建平, 等. 精准新心电图对冠心病诊断价值的初步探讨[J]. 临床心电学杂志, 2016, 25(2): 105-107.
- [20] KONTOS M C, KURDZIEL K A, ORNATO J P, et al. A nonischemic electrocardiogram does not always predict a small myocardial infarction: results with acute myocardial perfusion imaging[J]. Am Heart J, 2001, 141(3): 360-366.
- [21] 刘力, 曾建平, 赵文姣, 等. 应用无创 SAAHECG 对 397 例健康人体检测 P-R 段各小波的间期值[J]. 中国心脏起搏与心电生理杂志, 2016, 30(4): 351-353.
- [22] CHANG Q, LIU R, CHEN J. Surface electrocardiogram: could atrioventricular nodal and his bundle potentials be recorded beat by beat on "Saah electrocardiogram"[J]? Anatol J Cardiol, 2017, 18(2): 110-114.
- [23] LIU R, CHANG Q. An attempt of "new wavelet" analysis on electrocardiogram in locating the site of atrioventricular block[J]. Int J Cardiol, 2015, 189: 228-230. (下转第 1730 页)

- et al. Impending paradoxical embolism from atrial thrombus; correct diagnosis by transesophageal echocardiography and prevention by surgery[J]. *J Am Coll Cardiol*, 1985, 5(4): 1002-1004.
- [9] TEMBL J, LAGO A, SERILA T, et al. Migraine, patent foramen ovale and migraine triggers[J]. *J Headache Pain*, 2014, 15(1): 7-12.
- [10] DOMITRZ I, MIESZKOWSKI J, KWIECINSKI H. The prevalence of patent foramen ovale in patients with migraine [J]. *Neurol Neurochir Pol*, 2014, 18(5): 89.
- [11] SCHWERZMANN M, NEDLTCHER K, LAGGER F, et al. Prevalence and size of directly detected patent foramen ovale in migraine with aura[J]. *Neurology*, 2015, 75(3): 1415.
- [12] TRABATTONI D, FABBIOCCHI F, MONTORSI P, et al. Sustained long-term benefit of patent foramen ovale closure on migraine[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2011, 77(4): 570-574.
- [13] MESA D, RUIZ M, DELGADO M, et al. Prevalence of patent foramen ovale determined by transesophageal echocardiography in patients with cryptogenic stroke aged 55 years or older. Same as younger patients[J]. *Rev Esp Cardiol*, 2010, 63(3): 315-322.
- [14] MARRIOTT K, MANINS V, FORSHAW A, et al. Detection of right-to-left atrial communication using agitated saline contrast imaging: experience with 1 162 patients and recommendations for echocardiography [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2013, 26(1): 96-102.
- [15] WAHL A, JUNI P, MONO M L, et al. Long-term propensity score-matched comparison of percutaneous closure of patent foramen ovale with medical treatment after paradoxical embolism[J]. *Circulation*, 2012, 125(6): 803-812.
- [16] FRANKE J, BOEHM P. Leaving no hole unclosed; left atrial appendage occlusion in patients having closure of patent foramen ovale or atrial septal defect [J]. *J Interv Cardiol*, 2014, 27(4): 414-422.
- [17] AGARWAL S, BAJAJ N S, KUMBHANI D J, et al. Meta-analysis of transcatheter closure versus medical therapy for patent foramen ovale in prevention of recurrent neurological events after presumed paradoxical embolism[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2012, 5: 777-789.
- [18] LEE P H, SONG J K, KIM J S, et al. Cryptogenic stroke and high-risk patent foramen ovale; the DEFENSE-PFO trial [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2018, 71(20): 2335-2342.
- [19] MARTÍN M, SECADES S, CAMPOS A G, et al. Patent foramen ovale and stroke: rethinking the need for systematic transesophageal echocardiography[J]. *Minerva Med*, 2012, 103: 413-414.
- (收稿日期: 2021-09-22 修回日期: 2022-02-16)
-
- (上接第 1725 页)
- [24] LIU R G, CHANG Q H, CHEN J. New micro waveforms firstly recorded on electrocardiogram in human[J]. *Med Hypotheses*, 2015, 85(4): 475-479.
- [25] CHEN G, YAO L, ZHAO R, et al. Electro-physiocardiogram; for the first time EPCG has been recorded on human body surface[J]. *Int J Cardiol*, 2016, 222: 499-503.
- [26] 刘力, 赵文姣, 曾建平, 等. 尼沙赫心电图对早期心肌缺血的预先诊断价值探讨[J]. *实用心电学杂志*, 2016, 25(1): 17-23.
- [27] 于红玲. 常规心电图诊断隐匿型冠心病的准确率探讨[J]. *中国医疗器械信息*, 2020, 26(15): 67-68.
- [28] 李建群, 沙露露, 胡燕. 冠心病静息状态心电图与冠状动脉造影的相关性分析及其对康复的指导意义[J]. *双足与保健*, 2019, 28(1): 69-70.
- [29] 刘仁光, 常清华. 体表心电图的新小波[J]. *临床心电学杂志*, 2015, 24(3): 167-169.
- (收稿日期: 2021-09-18 修回日期: 2022-03-08)