

人体心血管功能状态

REN TI XIN XUE GUAN
GONG NENG ZHUANG TAI

——检查、分析、评价及应用

人民军医出版社

1988. 北京

内 容 提 要

本书系根据作者们十多年用无创伤方法对正常人心血管功能状态的研究成果编纂的专册。系统而扼要地介绍了心血管功能的检查方法,简明地阐述了方法、原理、分析、评价和标准。最早应用多种先进的数学和系统辨识方法处理医学生理学数据,介绍了其计算分析方法,及如何用以判断心血管功能状况和区分微小的生理差异。根据这些方法搜集了大量正常人的心血管生理数据,研究了正常人的健康状况,给出确切的评价,并分成不同等级。对有潜在性心血管疾病者得以检出,用实验证明了它的可靠性。全书共分4章33节,约26万字。除方法和应用外,还对心血管的某些调节机制作了研究,为实际应用提供可信性依据和解释。

本书适用于特殊作业者(航天、航空、航海、特种兵、体育、工矿企业)及其医护人员;临床医生、老年病学及心血管内科医护人员;医学科学研究者及医学院校师生。

人体心血管功能状态 ——检查、分析、评价及应用

主编 温宗妮 王德汉

编审 梁宝林

•

人民军医出版社
(北京市复兴路22号甲3号)
新华书店北京发行所发行
北京华新科技印刷厂印刷

•

开本: 787×1092毫米 1/32· 印张: 14.125· 字数: 316千字

1988年3月第1版 1988年3月第1次印刷

印数: 1~4,500 定价: 3.60元

ISBN7—80020—059—0/R·58

[科技新书目: 162—110⑦]

目 录

绪 论	(i)
第一章 心血管功能检查指标	(1)
第一节 心电图与向量心电图	(1)
第二节 心电图标测	(14)
第三节 心动时相测定	(16)
第四节 阻抗心动图测定	(26)
第五节 超声心动图测定	(42)
第六节 高频心电图测定	(52)
第二章 心血管功能应激检查方法	(55)
第一节 运动试验检查	(55)
第二节 立位倾斜应激检查	(70)
第三节 下体负压应激检查	(77)
第四节 精神紧张应激检查	(82)
第五节 低氧应激检查	(88)
第三章 心血管功能数学处理方法	(94)
第一节 应用数字计算机自动分析心电图	(95)
第二节 心跳间隔的时间序列模型	(105)
第三节 心血管系统的频谱分析	(119)
第四节 多变量分析方法在心血管系统研究 中的应用	(130)
第五节 模糊数学在医学中的应用	(154)
第六节 系统辨识技术在生物医学研究中的应 用	(167)

第七节	脑电图的时间序列模型	(180)
第四章	心血管功能状态评价与应用研究	(201)
第一节	人体心功能状态综合评价研究	(201)
第二节	人体功能状态差异与评价	(222)
第三节	两种应激条件下的心功能状态	(241)
第四节	运动负荷下人体心脏功能的综合评 价	(260)
第五节	下体负压作用下, 人体耐力与心血 管功能之间关系	(277)
第六节	乘务员心血管功能和飞行疲劳	(290)
第七节	潜在性高血压的排除及机能调节特点 研究	(298)
第八节	高血压患者对被动体位倾斜的反应特 点	(323)
第九节	I 期高血压病的综合评价及其早期发 现探讨	(333)
第十节	原发性轻型高血压的中枢特点	(347)
第十一节	飞行员的异常心电图与交感肾上 腺激素的关系	(362)
第十二节	各类心脏病、微波作业人员 和健康人高频心电图的初步观察 ...	(371)
第十三节	二阶梯运动心电图ST段标测 的初步应用	(379)
第十四节	正常人体力适应能力的差别 及判断方法的探讨	(390)
第十五节	脉搏波的参数分析及其生理意义 ...	(414)

第一章 心血管功能检查指标

近十余年来，无创性心血管功能检查方法，在医学研究与临床应用上有了很大的发展。它包括了常用的心电图与向量心电图，了解心脏电活动变化；采用心音图、颈动脉波图与心尖搏动图组成的心动时相，了解心室（肌）收缩力、运动协调性与顺应性；运用心阻抗图及其阻抗微分波，了解心脏泵血功能的特性与外周阻力的状态；特别是超声心动图的发展，大大提高了诊断的效果，这种具有对软组织分辨高、无创的和多次重覆检查特点，能使我们获得心脏和血管的动态活动与组织结构相结合的定量检验结果。因此，无创性心血管功能的检查方法，已成为心血管功能与疾病的研究与临床诊断不可缺少的工具。本章将介绍一般常用的某些心血管功能的无创检查指标的方法及其应用价值。

第一节 心电图和心电向量图

一、心电图

（一）概述 心电图学不仅是临床医学，也是特殊环境医学中的一项常用技术。它既可对心脏疾患的诊断有重要作用，而且对于操作人员的心脏功能判断以及特因试验时的医务监督也具有十分重要的意义。

心脏活动的主要表现之一是产生电激动，它出现在心脏机械性收缩之前。在心脏激动过程中产生的微弱电流可经过身体组织传到体表，使体表的的不同部位产生不同的电位变化，这时将体表的任何两点与心电图机相连可绘成一组曲线，即为心电图。一组典型的心电图波形是由下列各波和波段组成的（图1）。

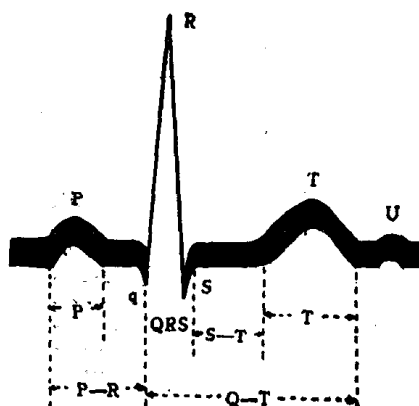


图1 心电图各波段示意图

P波 反映心房肌除极过程电位的变化。

P-R 间期 代表激动从窦房结到心室肌开始除极的时间。

QRS综合波 反映心室除极过程的电位变化。

T波 代表心室肌复极过程所引起的电位变化。

S-T段 从QRS综合波终点到达T波起点的一段水平线。

Q-T间期 从QRS综合波起点到T波终点的时间。

U波 代表动作电位的后电位。

(二) 导联 将两电极置于人体体表的不同两点，并用

导线与心电图机相连，即可描得心电图，这种连接方法和装置称为心电图的导联。

1. 常规的导联

有标准导联 I、II、III，加压单极肢体导联 aVR、aVL、aVF 和单极心前导联 $V_1 \sim V_6$ 共 12 个导联。

2. 不常用的导联

(1) $V_7 \sim V_9$ 、 $V_{8R} \sim V_{9R}$ 以及 $V_1 \sim V_5$ 上、下肋间导联。这在个别情况下，疑有右室肥大，心肌梗塞或想估算梗塞范围大小与定位时采用。

(2) 双极胸导联、将探查电极置于胸部，无干电极置于肢体，即为双极胸导联。无干电极可放在右上肢、左上肢或左下肢，分别称为 CR、CL 和 CF 导联。它们的波形与单极胸导相似，但波幅较小。在疑有右室梗塞时采用。

(3) V_E 导联。探查电极置于胸骨剑突处，无干电极与中心电极相连。在疑有心肌梗塞时采用。

(4) S_5 导联。探查电极置于胸骨右缘第五肋间，无干电极放在胸骨柄处。其心电图 P 波清晰，尤其利于心律失常的分析。

3. 胸剑导联和胸腋导联

为了适应在航空、航天、航海以及在特定的狭小环境中进行各种复杂工作的人员作适时的心电图检测，必须简化导联，解放被束缚电极的四肢并适于坐位时的心电图检查。从 1970 年开始我们对美、苏历次航天中采用的 MX 和 DS 导联进行了各种异常心电图的临床对比试验研究工作，发现该两导联各有其特点，也有其不足，最后我们保留了 MX 导联，放弃了 DS 导联，并重新在人体前胸表面的 147 对导联部位中筛选出胸腋导联（后来发现该导联与目前通用的 CM_5 导联相同），并把 MX 导联重新定名为胸剑导联，成为目前的胸剑导联和

胸液导联系统。

(1) 胸剑导联和胸腋导联的电极位置

胸剑导联的探查电极放在胸骨下端的剑突处，无干电极放在胸骨柄处；胸腋导联的探查电极放在 V_5 位置处，无干电极也放在胸骨柄处。由于两对导联的无干电极共同，再加上一个接地电极（可放在胸前区任何部位），该导联系统只需放置四个电极（图2）。

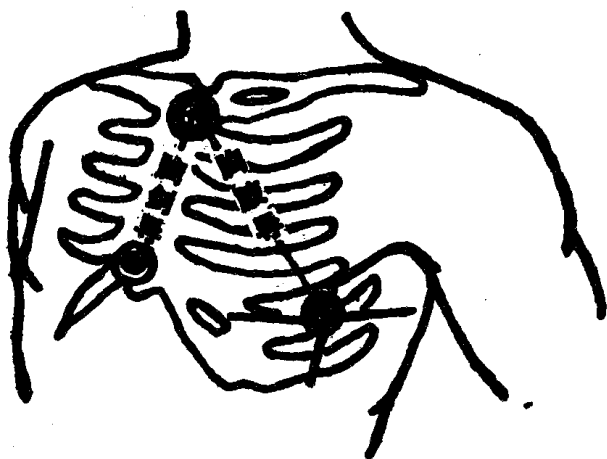


图2 胸剑导联、胸腋导联的电极位置

(2) 胸剑导联和胸腋导联对异常心电图的反应

对心律失常的反映 从表1可见该两导联对各种心律失常的心电图基本上都能反映，由于胸剑导联的P波明显，就更优于胸腋导联，如对心房纤颤、震颤时出现的f波和F波，以及预激症候群时出现的delta波就更明显。胸剑导联不足之处是对不完全性右束枝传导阻滞所特有的“M”样波不能全部反映。

对ST—T改变的反映 从表2可见胸腋导联对明确定为

缺血性ST-T改变几乎全能反映,只是对于单纯表现在肢体导联(Ⅰ、Ⅱ、avF)上的非特异性ST-T改变反映较差。显而易见,胸剑导联对所有的ST-T变化是不敏感的。

表1 胸剑导联和胸腋导联对心电图心律失常的反映

心律失常的种类	例数	反 映 例 数	
		胸剑导联	胸 腋 导 联
室性期前收缩	7	7	7
房性期前收缩	4	4	4
结性期前收缩	6	6	6
结性逸搏	1	1	1
第一度房室传导阻滞	12	12	12
第二度房室传导阻滞	3	3	3
第三度房室传导阻滞	2	2	2
心房纤颤	12	12	12(其中有4例f波不明显)
心房震颤	1	1	1
完全性右束支传导阻滞	4	4	4
不完全性右束支传导阻滞	5	1	0
预激症候群	2	2	1
总 计	59	55	53
百 分 数		93%	90%

(3) 胸剑导联和胸腋导联心电图的特点

①从图形上看,胸剑导联心电图与 V_{1-3} 图形相似,其P波明显可明确诊断各种类型的心律失常心电图;胸腋导联的心电图与 V_{4-6} 的图形相似,主波向上,T波全为直立,能很好地反映各种异常的ST-T改变。

表2 胸剑导联和胸腋导联对临床心电图ST-T变化的反映能力比较

异常心电图 的诊断名称	例数	胸腋导联				胸剑导联			
		反映		不反映		反映		不反映	
		例数	%	例数	%	例数	%	例数	%
慢性冠状A供血不足	10	10	100	0	0	3	30	7	70
左心室肥厚劳损	9	9	100	0	0	2	22	7	78
左心劳损	54	53	98	1	2	15	28	39	72
V ₆ 导联的ST-T改变	24	24	100	0	0	7	29	17	71
肢体导联的ST-T改变	25	15	60	10	40	5	20	20	80
合 计	122	111	91	11	9	32	26	90	74

②四个电极全部放在胸前，不用束缚四肢，可不影响人的肢体活动。

③该两导联三个电极中的2个放置在胸骨的上下端，该处皮下脂肪少，电极抗肌电干扰能力强，在运动条件下所记录的心电图波形也能保持较稳定的基线，便于图形分析。

④该两导联心电图基本上类同 V₁₋₆ 的图形，除电压值稍高外，心电图各波段的时间间期与临床现有的诊断标准一致。

表3 胸剑导联和胸腋导联各波段电压正常值标准 (mV)

导 联	P	Q	R	S	T	ST段
胸剑导联	0.3	—	1.2	1.5	-0.25~2.0	-0.04~0.20
胸腋导联	0.3	$< \frac{1}{4}R$	3.0	0.8	$> \frac{1}{10}R$	< -0.05

R胸腋导+S胸剑导=4.5mv

R胸腋导+S胸腋导=2.0mv

(4) 胸剑导联和胸腋导联正常值的确定

该两导联各波段时间间期可直接沿用临床心电图现有的正常标准,不必另订。该两导联心电图各波电压值的正常标准是根据我们约400例正常和异常心电图的数值经数理统计分析处理得出的(见表3)。

二、心电向量图

(一) 概述 向量心电图技术不仅在临床医学而且在特殊环境医学研究中也具有许多优于心电图的特点。首先它可以描绘心室内激动的顺序和瞬间的空间部位和旋转方向;第二,它反映的是三个面构成的一个立体关系,同时它也是解释心电图图形的基础;第三,它对临床上某些心脏疾患有一定独特的诊断意义,与心电图检查互相结合可起相辅相成的作用。

1. 导联体系 1956年Frank报导了校正的导联体系,因其技术标准简单、个体差异较小、电极精简到最低限度,图形与心电图吻合,现已被国内外广为接受的导联体系。

Frank导联体系设心脏的水平是在胸骨旁第五肋间,所以在胸部的电极就以此水平为准来放置,其七个电极的具体位置是(见图3):

(1) E, 前中线。(2) M, 后正中线。(3) I, 右侧腋中线。(4) A, 左侧腋中线。(5) C, 前中线和左腋中线之间 45° 处。(6) F, 左足。(7) H, 颈后部正中线上。

2. 电轴

X轴: 自右向左, 以左为正。由 $I^- - (C+A)^+$ 组成。

Y轴: 自上向下, 以下为正。由 $H^- - (M+F)^+$ 组成。

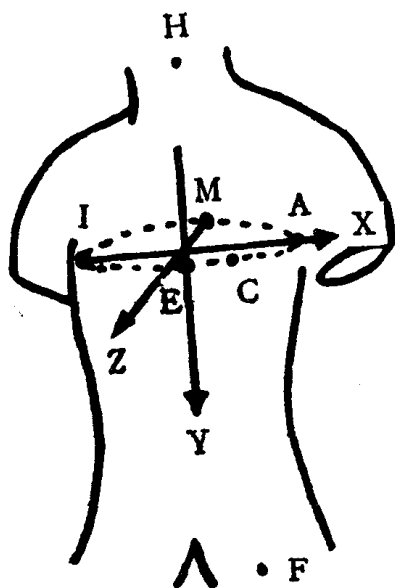


图3 Frank导联七个电极安放位置示意图

Z轴：由后向前，以后为正。由 $M^- - (I + E + C + A)^+$ 组成（已用倒向电路）。

3. 观察面

前额面：由X、Y轴组成。

侧面：由Z、Y轴组成。如由右向左看为右侧面(RS)，由左向右看为左侧面(LS)。

横面：由X、Z轴组成。

4. 象限和方位角

象限有I、II、III和IV，用真实方位表示法；方位角多应用Grishman氏表示法（见图4）。

（二）心电向量图原理 心脏在发生机械性收缩动作之前，先产生电激动。心脏激动在每一瞬间内产生的电动势变

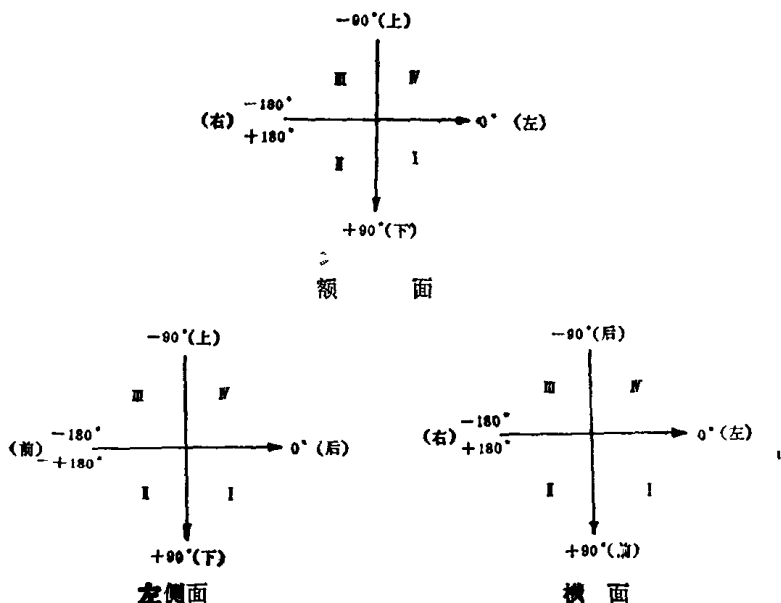


图 4：象限、方位角表示法

化都表现出一定的方向及大小，这种既有量又有方向的变化称为心电向量。如果将每一个心动周期内所连续产生的无数个瞬间向量按发生的顺序连接起来则形成环，称为空间心电向量环，我们所记录的心电向量图就是空间心电向量环在三个面的投影图。

(三) 常规分析指标和测量方法 心电向量图的常规分析的内容包括定性分析和定量分析两部份。

1. 定性分析的项目

(1) P、QRS、T环在三个面上运行的方向，有顺钟向、逆钟向和 8 字形三种。

(2) 各环的形状、大小、长短和宽窄情况。

(3) 向量各部的方位。

(4) ST 向量的有无及方向。

2. 定量分析的项目

- (1) P、QRS、T环的最大向量幅度。
- (2) 额面向上、向下、向左、向右的最大向量，右侧面向上、下、前、后的最大向量，横面向左、右、前、后的最大向量。
- (3) QRS环的长径、宽径及长/宽比。
- (4) 各瞬间向量的方位及幅度。
- (5) QRS-T夹角。
- (6) QRS环的总时限，以三个面中滴数最多者为准。
- (7) 若有蚀缺应测量其大小。
- (8) ST向量的幅度及方向。

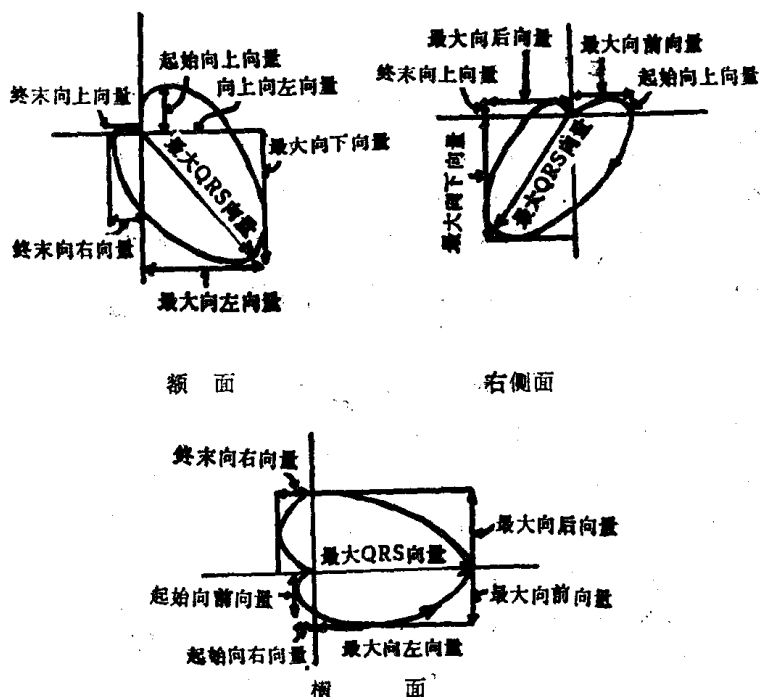


图5 各面QRS环诸向量的测量方法

表4 正常成人向量心电图的一些数值

	横 面		右 侧 面		额 面	
	颜和吕等	Kennedy	颜和吕	Kennedy	颜和吕	Kennedy
QRS 环	最大QRS向量	$356^{\circ} \pm 20^{\circ}$	$345^{\circ} \pm 30^{\circ}$	$94^{\circ} \pm 35^{\circ}$	$125^{\circ} \pm 25^{\circ}$	$40^{\circ} \pm 10^{\circ}$
	最大电压(mv)	0.91 ± 0.32	1.3 ± 0.5	0.86 ± 0.34	1.2 ± 0.3	1.17 ± 0.4
	顺 钟 向	—	—	95%	95%	57%
	逆 钟 向	99%	99%	—	—	19%
	8 字 形	1%	1%	5%	5%	24%
T 环	角 度	$19^{\circ} \pm 19^{\circ}$	$35^{\circ} \pm 25^{\circ}$	$67^{\circ} \pm 19^{\circ}$	$55^{\circ} \pm 25^{\circ}$	$44^{\circ} \pm 18^{\circ}$
	旋 转 方 向	—	逆 钟 向	—	顺 钟 向	—
P 环	QRS-T夹角	$25^{\circ} \pm 22^{\circ}$	$0^{\circ} - 110^{\circ}$	$27^{\circ} \pm 19^{\circ}$	$0^{\circ} - 130^{\circ}$	$12^{\circ} \pm 10^{\circ}$
	角 度	—	$356^{\circ} \pm 20^{\circ}$	—	$80^{\circ} \pm 10^{\circ}$	—
	电 压 (mv)	—	0.1	—	0.2	—
	旋 转 方 向	—	顺 钟 向 或 8 字 形	—	顺 钟 向	—

(四) 正常心电向量及其应用

1. 正常值 心脏在每一心动周期内, 先后出现 P 环、QRS 环和 T 环。每个环的图形、方位、运行方向、传导速度、振幅及时限等, 均有其一定的正常范围。由于心电向量图受年龄、性别、体型和呼吸等因素的影响, 再加上使用的历史不长, 积累的资料不多, 还不能像心电图那样得到一个标准的正常值。现录用以下正常值标准供参考 (见表 4)

2. 心电向量图的应用

(1) 用心电向量的观点和理论能更完整、更科学地解释心电图波型产生的机理, 使心电图学的理论有了迅速的发展。

(2) 心电向量图对心室肥厚、心房肥厚、双侧心室肥厚、心肌梗塞的诊断有较高的阳性率和正确率。

(3) 对早期冠心病和早期肺心病的诊断敏感性较强。

(4) 在特殊医学上的应用。

由于向量图也是显示心电活动的一种无损伤性检查方法, 它能全面显示心动周期中每一瞬间心电活动的位相关系, 具有空间方位概念明确, 图形较直观, 对空间和时间均较细致等优点, 目前在国内也广泛用于航空、航天医学, 如飞行员、航天员的选拔、离心机重力加速度实验、下体负压实验以及航天员在航天过程中都采用心电向量图指标来衡量和判断他们心血管的功能状态。

三、动态心电图

(一) 概述 动态心电图亦称活动心电图。长时间动态心电图或活动心电图监测是美国理学博士 Holter N.J 首创, 并于 1961 年用于临床, 故又称 Holter 心电图。

通常它是将心电图信号记录在磁带上，它可以连续记录24小时或更长的时间，事后将记录磁带通过计算机处理系统快速分析的一种心电图检查方法。它不仅可以检测各种类型的心律失常，也可以检测心电图ST-T的改变。

Holter心电图最大的特点是记录24小时可获得10万余次的心动周期，这大量的信息还可以结合日常生活、工作和劳动的时间，重要情感的变化等进行分析，可以推断心电图变化和它们之间的关系，以利早期发现无症状性心肌缺血的人。

(二) 检查方法及注意事项

(1)导联系统，一般采用心前双极导联系统。本文介绍的胸剑导联和胸腋导联是适用的。

(2)电极放置前应以酒精棉球擦拭皮肤以降低皮肤电阻，并用电极膏使电极与皮肤密切接触，以减少伪差或基线漂移。

(3)检测期间，受试者要详细而准确地填写好“生活日志”，内容是在什么时间做了什么工作，有什么症状等，以便事后结合生活日记进行心电图的分析。

(三) 动态心电图的应用价值

(1)确诊各种心律失常，提高检出率，尤其是阵发性夜间发作者。

(2)能提高早期冠心病的诊断率。

(3)对原因不明的阵发性晕厥、心动过缓的患者能及时作出诊断。

(4)可评价心血管药物的疗效并指导其临床应用。

(5)在航天员、载荷专家及其它特殊环境操作人员的选拔中，用Holter监测检查，可发现临床上所谓健康人群中无症状性的早期冠心病患者及高危险性的心律失常者，从而提高选拔质量及其可靠性。

(赵元淮)