

新动脉硬化指标CAVI概述

——从基础到临床应用

新しい動脈硬化指標CAVIのすべて

～基礎から臨床応用まで～

主 编 折茂 肇
齋藤 康

编 委 白井厚治
高田正信
檜垣實男
松崎益徳

主 译 王 宏 宇



北京大学医学出版社

新动脉硬化指标 CAVI 概述

——从基础到临床应用

新しい動脈硬化指標CAVIのすべて

～基礎から臨床応用まで～

主 編

折茂 肇

健康科学大学学長

齋藤 康

千葉大学学長

編 委

白井 厚治

東邦大学医療センター佐倉病院内科学講座教授

高田 正信

富山通信病院病院長

檜垣 實男

愛媛大学大学院医学系研究科病態情報内科学教授

松崎 益徳

山口大学大学院医学系研究科器官病態内科学教授

主 译

王宏宇

北京大学首钢医院血管医学中心 教授

贵阳市第三人民医院血管医学中心 主任

北京大学医学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

新动脉硬化指标 CAVI 概述: 从基础到临床应用/ (日) 折茂 肇, (日) 齋藤 康主编;
王宏宇主译. —北京: 北京大学医学出版社, 2011. 6

ISBN 978-7-81116-662-0

I. 新… II. ①折… ②齋… ③王… III. 动脉硬化—指标 IV. R543.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 176461 号

北京市版权局著作权合同登记号: 图字: 01-2009-3778

新しい动脉硬化指标 CAVI のよべて ～ 基础から临床应用まで ～

written by 折茂 肇 and 齋藤 康

Copyright © 2009 by 折茂 肇 and 齋藤 康. All rights reserved.

Originally published in Japan by Nikkei Medical Custom Publishing, Inc.

This Simplified Chinese edition is published by arrangement with Nikkei Medical Custom Publishing, Inc.

Simplified Chinese edition © 2011 by Peking University Medical Press. All rights reserved.

This book is in copyright. No reproduction of any part may take place without the written permission of Nikkei Medical Custom Publishing, Inc. or Peking University Medical Press.

新动脉硬化指标 CAVI 概述——从基础到临床应用

主 译: 王宏宇

出版发行: 北京大学医学出版社 (电话: 010-82802230)

地 址: (100191) 北京市海淀区学院路 38 号 北京大学医学部院内

网 址: <http://www.pumpress.com.cn>

E - mail: booksale@bjmu.edu.cn

印 刷: 北京画中画印刷有限公司

经 销: 新华书店

责任编辑: 张彩虹 责任校对: 金彤文 责任印制: 张京生

开 本: 889mm×1194mm 1/16 印张: 11 字数: 338 千字

版 次: 2011 年 6 月第 1 版 2011 年 6 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-81116-662-0

定 价: 60.00 元

版权所有, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

中文版序

动脉硬化及其相关的人体重要生命器官并发症如冠心病、血管性痴呆与卒中、缺血性肾病和肢体缺血等是导致全球人群致死和致残的首要疾病，不仅给世界各国政府带来了巨大的医疗负担，同时使患者本人及其家庭承受严重的精神负担。实际上，漫长的血管病变发生和发展是持续一生的，早期检出动脉血管病变并早期逆转是预防上述严重后果的核心措施。2004 年中国卫生部将血管病变早期检测技术作为十年百项计划之一向全国推广，迄今已在全国二十余个省的数百家医院进行了技术推广和应用，2005 年还制订出版了《中国血管病变早期检测技术应用指南》，将目前确定的超声波动脉粥样硬化评价、动脉僵硬度测定以及下肢动脉闭塞程度测定等技术联合应用，建立早期血管结构和功能异常的评价系统，从而使早期可靠测定动脉和血管异常成为可能。从 2005 年开始，来自日本的动脉功能领域研究专家与笔者共同启动关于新动脉硬化评价指标心-踝血管指数（cardio-ankle vascular index, CAVI）的临床研究和应用工作。2008 年岁末，在东京参加血管生物学大会期间，与东邦大学白井厚治教授商议并联合启动了中日人群血管功能系列研究，其间欣闻由东邦大学白井厚治教授等多名日本专家编著的第一部关于 CAVI 基础及临床应用方面的专著问世，遂受邀将其译为中文。本书的出版将会进一步推动血管早期病变检测和干预策略的广泛应用、新的血管病变检测指标 CAVI 的临床推广和应用。该书也将成为血管健康相关专业人员的有益参考书。

王宏宇

2009 年 10 月

出版序言

William Osler 的名言“人随着血管而衰老”。我国在迎来高龄社会之际，由于欧美饮食习惯的普及和运动不足，以及社会环境压力等的影响，超越实际年龄患动脉硬化的人数日益增加。缺血性心脏病和脑血管疾病等动脉硬化性疾病的可怕之处是突然袭击较为健康的人群，就算可能避免死亡，但是却因为严重的后遗症使患者苦不堪言，为人类带来巨大的社会的、经济的损失。

政府也从数年前开始，面对即将到来的高龄社会，以“增加健康长寿者，使医疗费用有效地使用为目标”，将“健康日本 21 世纪”、“健康开拓战略”以及“代谢综合征”的减少和预防作为焦点推进医疗改革。2008 年进行的普及生活方式疾病的健康筛查，目的是减少动脉硬化性疾病的发病率。目前日本全国每年人口的死亡原因中 30% 左右为动脉硬化性疾病，而且卧床老年人中有 40% 左右是由于动脉硬化性疾病引起的。这些就是老年人医疗费用增加的主要原因。但是，现在并没有较好的方法评估动脉硬化程度。此方面的欠缺成为确立有效动脉硬化预防方法的极大的障碍。

在本书中，首先介绍了操作简便并能准确测定动脉硬化程度的新指标心-踝血管指数（cardio-ankle vascular index, CAVI），其次讨论了 CAVI 指标测定的动脉硬化程度和糖尿病、高血压、高脂血症等动脉粥样硬化危险因素之间相关性的研究成果，阐述了动脉硬化性疾病的预防以及治疗效果判定等方面的 CAVI 的临床应用价值，并详细介绍了到目前为止取得的研究成果。

在临床工作中，通过测定 CAVI 将个体动脉硬化程度量化，进而显示出血管年龄。这些数据对受检者改善生活方式和树立治疗信心有很大帮助，对动脉硬化性疾病的预防做出了重大贡献。应该认识到 CAVI 检测的同时有利于推进人群的健康管理，提高高龄者生活质量（quality of life, QOL），使社会更具有活力，并使“社会性的投资”效益得到提高。通过预防动脉硬化性疾病，使健康长寿者增多，建立更加明朗、充满活力的社会。

折茂 肇

主 編



折茂 肇

健康科学大学学長



齋藤 康

千葉大学学長

編 委



白井厚治

東邦大学医療センター
佐倉病院内科学講座教授



高田正信

富山通信病院病院長



檜垣寛男

愛媛大学大学院医学系研究科
病態情報内科学教授



松崎益徳

山口大学大学院医学系研究科
器官病態内科学教授

执笔者一覧（按编写顺序）

第 1 篇

1. 高田正信 富山通信病院 内科
島倉淳泰 富山通信病院 内科
2. 白井厚治 東邦大学医療センター佐倉病院 内科学講座
3. 鈴木賢二 財団法人日本労働文化協会 恵比寿健診センター
石塚範雄 財団法人日本労働文化協会 恵比寿健診センター
森 誠 財団法人日本労働文化協会 恵比寿健診センター
榎谷直司 東邦大学医療センター大森病院 臨床生理機能検査部
安部信行 東邦大学医療センター大森病院 臨床生理機能検査部
荒井親雄 財団法人日本労働文化協会 恵比寿健診センター

第 2 篇

1. 白井厚治 東邦大学医療センター佐倉病院 内科学講座
2. 檜垣寛男 愛媛大学大学院医学系研究科 病態情報内科学
3. 大塚邦明 東京女子医科大学東医療センター 内科
Tsering Norboo Ladakh Institute of Prevention & Ladakh Heart Foundation

大塚敬子	東京女子医科大学東医療センター 内科
津越智子	東京女子医科大学東医療センター 内科
上田裕子	東京女子医科大学東医療センター 内科
林 航	東京女子医科大学東医療センター 内科
石川元直	東京女子医科大学東医療センター 内科
堀田展寛	東京女子医科大学東医療センター 内科
奥宮清人	総合地球環境学研究所

第3篇

1. 山家智之 東北大学加齢医学研究所
白石泰之 東北大学加齢医学研究所
丸山満也 東北大学加齢医学研究所
金野 敏 東北大学加齢医学研究所
山口 清 東北厚生年金病院 循環器センター
中島博行 東北厚生年金病院 循環器センター
片平美明 東北厚生年金病院 循環器センター
柴田宗一 宮城県立循環器・呼吸器病センター
渡辺 誠 宮城県立循環器・呼吸器病センター
三引義明 宮城県立循環器・呼吸器病センター
大沢 上 宮城県立循環器・呼吸器病センター
佐藤 尚 宮城県立循環器・呼吸器病センター
秋野能久 宮城社会保険病院 循環器科
2. 石塚範雄 財団法人日本労働文化協会 恵比寿健診センター
森山博美 財団法人日本労働文化協会 恵比寿健診センター
鈴木賢二 財団法人日本労働文化協会 恵比寿健診センター
荒井親雄 財団法人日本労働文化協会 恵比寿健診センター
3. 高木 昭 高木内科クリニック
松崎益徳 山口大学大学院医学系研究科 器官病態内科学

第4篇

1. 佐藤哲子 国立病院機構 京都医療センター 臨床研究センター 糖尿病研究部 臨床代謝栄養研究室
2. 大蔵隆文 愛媛大学大学院医学系研究科 病態情報内科学
3. 吉田晃浩 中津川市民病院 検査科
内藤通孝 眉山女学園大学大学院生活科学研究科
4. 堀中繁夫 獨協医科大学 循環器内科
5. 望月俊男 メディカルアーバンクリニック
6. 尾林 聡 東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科 生殖機能協同学
加藤清子 東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科 生殖機能協同学
秋吉美穂子 東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科 生殖機能協同学
松原健二 東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科 生殖機能協同学
久保田俊郎 東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科 生殖機能協同学
7. 内野順司 みはま病院 ME部
吉田豊彦 みはま病院 泌尿器科
8. 中村啓二郎 東邦大学医療センター佐倉病院 内科学講座
白井厚治 東邦大学医療センター佐倉病院 内科学講座
9. 野池博文 東邦大学医療センター佐倉病院 内科学講座
10. 葛西隆敏 虎の門病院 睡眠センター
11. 水口幸生 国立病院機構 東徳島病院 循環器内科
大木 崇 国立病院機構 東徳島病院 循環器内科

第5篇

1. 朽木 勤 財団法人明治安田厚生事業団 ウェルネス開発室
2. 宮下 洋 東邦大学医療センター佐倉病院 内科学講座

目 录

第 1 篇 总论

1. CAVI 的原理与血管功能 2
2. CAVI 开拓新的血管功能学 12
3. CAVI 的正常参考值确定与疾病特征 22

第 2 篇 动脉硬化危险因素和血管功能

1. 糖尿病与血管功能 32
2. 高血压与血管功能 38
3. 生活环境的差异与血管功能：高海拔地区居民的 CAVI 45

第 3 篇 CAVI 测定的基础性研究

1. CAVI 测量脉搏波起始点的相关研究 58
2. CAVI 和大动脉 PWV（长谷川法）的比较研究——血压依赖性和互换性
..... 65
3. 大动脉僵硬指数 β 与 CAVI 的比较 70

第 4 篇 新血管功能指标 CAVI 的临床应用

1. 糖尿病、代谢综合征与 CAVI 76
2. 高血压疾病与 CAVI 82
3. 脂质异常与 CAVI 87
4. 冠状动脉疾病与 CAVI 93
5. CAVI 在抗衰老医学方面的应用 97
6. 围绝经期疾病与 CAVI 104
7. 透析患者与 CAVI 109
8. IMT 与 CAVI 115
9. 吸烟与 CAVI 123
10. 睡眠呼吸暂停综合征（SAS）与 CAVI 131
11. 左心室功能与 CAVI 141

第 5 篇 动脉硬化的治疗与 CAVI

1. 运动与 CAVI 148
2. 降压药、降脂药与 CAVI 155

词汇表	161
-----------	-----

第 1 篇

总 论

1. CAVI 的原理与血管功能

高田正信 島倉淳泰

关键词 血管弹性 肌性动脉 血压 脉压 反射波

福田电子有限公司在 2004 年开发了新的动脉硬化指标——心-踝血管指数 (cardio-ankle vascular index, CAVI)，并以 VaSera VS-1000 为商品名开始进行销售¹⁾。过去，肱-踝动脉脉搏波速度 (brachial ankle pulse wave velocity, baPWV) 曾风靡一时，那时被认为能够轻松测定脉搏波速度 (pulse wave velocity, PWV)。因 CAVI 与 baPWV 检查部位类似，故众多研究者误认为 CAVI 是 baPWV 的另一种形式。用几个设备进行 CAVI 和 baPWV 的比较分析，结果显示两者是完全不同的指标。CAVI 作为动脉硬化指标逐渐显现其出色的一面，遂被世人所关注²⁻⁴⁾。

CAVI 是一个全新的动脉硬化指标。其原理是从林紘三郎先生的僵硬指数理论⁵⁾和 Bramwell-Hill 的公式中推导得出的，是几乎不受即刻血压值影响的血管壁僵硬程度，即血管的硬度。CAVI 在我国所使用的 PWV 原法，即在校正血压的心脏-股动脉 PWV (hfPWV) 的基础上转换得出，更简单、实用。本章将在 CAVI 的原理、测定方法、与以往动脉硬化指标的异同点、所测定的血管功能的意义、测定过程中需注意的问题等方面进行阐述。

1.1 追求不依赖于即刻血压的血管固有硬度的指标

CAVI 出现之前就存在着多种非侵入性的

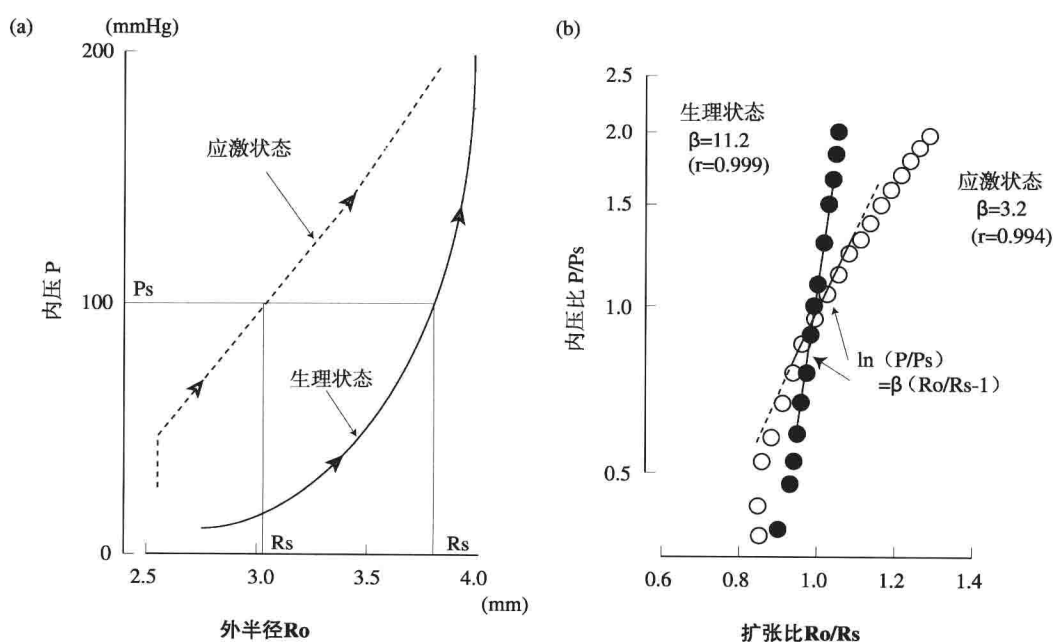
动脉功能检查方法⁶⁾ (表 1-1-1)。其中，PWV 是具有较长历史并且至今仍在被广泛使用的检查，即用血管长度和脉搏波在其中运行需要的时间差计算得出。在国外广泛使用的颈-股动脉 PWV (cfPWV) 或其校正法是在 1926 年由 Franklin 设计并提出的。此方法中，由于测定部位缺乏中心大动脉，1970 年吉村、长谷川通过同时记录心音开发出了 hfPWV⁷⁾。由于一般情况下 PWV 会受血压的影响，所以长谷川等通过用 80mmHg 舒张压校正的模式图，使个体间的比较成为可能。我国至今仍在应用这个称之为 PWV 原法 (在已校正血压的情况下，hfPWV 的单位是 m/s) 的指标，但 cfPWV 至今仍未进行血压校正。

PWV 测定的是节段性的动脉僵硬程度，而随着血管超声技术的开发和普及，一种通过观察动脉横截面内径随血压波动的变化来研究动脉僵硬度的方法在临床上得到了应用。但是后者存在受大动脉内压 (血压) 较大影响的缺点。为了弥补这个缺点，随之也尝试了几个血压校正的方法⁸⁾。其中，使用对数进行血压校正的僵硬指数 β ，除小动物以外，也可应用于狗、兔子以及人体上，后来川崎、八木等将其应用于临床⁸⁾。这是现存的测定方法中一个不受即刻血压影响的最合适的血管特性指标 (图 1-1-1)。实时线阵扫描 (real time linear array scanner) 使用回波跟踪技术，可精确测定对应腹部大动脉或

表 1-1-1 动脉功能检查各项指标的定义和单位

指 标	定 义	单 位
动脉扩张性 (arterial distensibility)	伴随内压升高的相对内径 (或面积)的变化率	$\Delta D / (\Delta P \cdot D)$ [或 $\Delta V / (\Delta P \cdot V)$] mmHg^{-1}
动脉顺应性 (arterial compliance)	固定血管长度, 一定内压变化 的内径 (或面积) 绝对变化	$\Delta D / \Delta P$ (或 $\Delta V / \Delta P$) cm/mmHg
容积弹性模量 (volume elastic modulus)	理论上 100% 增加容积所需的 压力增加	$\Delta P / (\Delta V / V)$ mmHg
弹性模量 (elastic modulus)	扩张性的倒数, 固定血管长度 下, 静息内径 (理论上) 100% 扩张力的增加	$\Delta P \cdot D / \Delta D$ mmHg
杨氏模量 (Young's modulus)	单位面积的弹性模量, 静息 长度 (理论上) 100% 扩张每 平方厘米的内压的增加	$\Delta P \cdot D / (\Delta D / h)$ mmHg/cm
脉搏波速度 (pulse wave velocity)	一定脉搏部位下的脉搏波传 导速度	$L / \Delta t$ m/s
增强指数 (augmentation index)	针对左心室传出波的来自末 梢的反射波增大比率	%
固有阻抗	无反射波的血压变化和血流 速度之间的关系	$\Delta P / \Delta V$ $\text{mmHg} / (\text{cm} \cdot \text{s})$
僵硬度参数 β (僵硬指数)	收缩压/舒张压的对数和内径 相对变化的比	$\beta = \ln (P_s / P_d) / [(D_s - D_d) / D_d]$
大血管 & 小血管弹性指数 (large & small artery elasticity index)	在应用 Windkessel 模型骤然 衰减舒张压的成分时血管树内 压下降和容积减少的关系	$\Delta V / \Delta P$ $\text{cm}^3 / \text{mmHg}$

根据文献 6 改编



引自文献5

图 1-1-1 生理状态和应激状态的人类股动脉内压和外半径的关系 (a) 与内压比和扩张比的关系 (b)

颈总动脉内径与一次心搏血压变动的内径变化(单位是0.01mm)。同时测定肱动脉血压,带入下述公式求出 β 值:

$$\beta = \ln(P_s/P_d) / [(D_s - D_d) / D_d]$$

式中, P_s 为收缩压; P_d 为舒张压; D_s 为 P_s 时的血管内径; D_d 为 P_d 时的血管内径。

川崎等的方法中, 血管壁的内径变化可以精确到0.01mm。在这里大动脉的僵硬精度更高。

由于测量设备价格昂贵并且测量时需要一定的技术, 所以此方法未得到广泛的普及。CAVI 促成了我国探寻对非血压依赖性的动脉固有僵硬度的研究潮流, 其作为简单且不受血压影响的新动脉硬化指标被开发出来。

1.2 CAVI 的原理和测量方法

在同一个 Windkessel 模型中, 血管壁内径的变化和 PWV 可以相互转换。CAVI 是以僵硬指数 β 为基础应用 Bramwell-Hill 公式, 将动脉僵硬度定量化, 在 PWV 原法上转换的动脉

僵硬度指标(图1-1-2)。CAVI 和 baPWV 具有同等程度的简易性, 过去35年间积累了大约10万例PWV原法的数据。

CAVI 的原理是非血压依赖性的显示血管固有僵硬度的指标, 其以僵硬指数 β 理论:

$$\beta = \ln(P_s/P_d) / [(D_s - D_d) / D_d]$$

为基础, 根据以下的 Bramwell-Hill 公式

$$PWV^2 = (\Delta P / \rho) \times V / \Delta V$$

式中, ρ 为血液密度; V 为容积; ΔV 为容积变化; ΔP 为 $P_s - P_d$ 。

和容积转位、内径转位的关系式

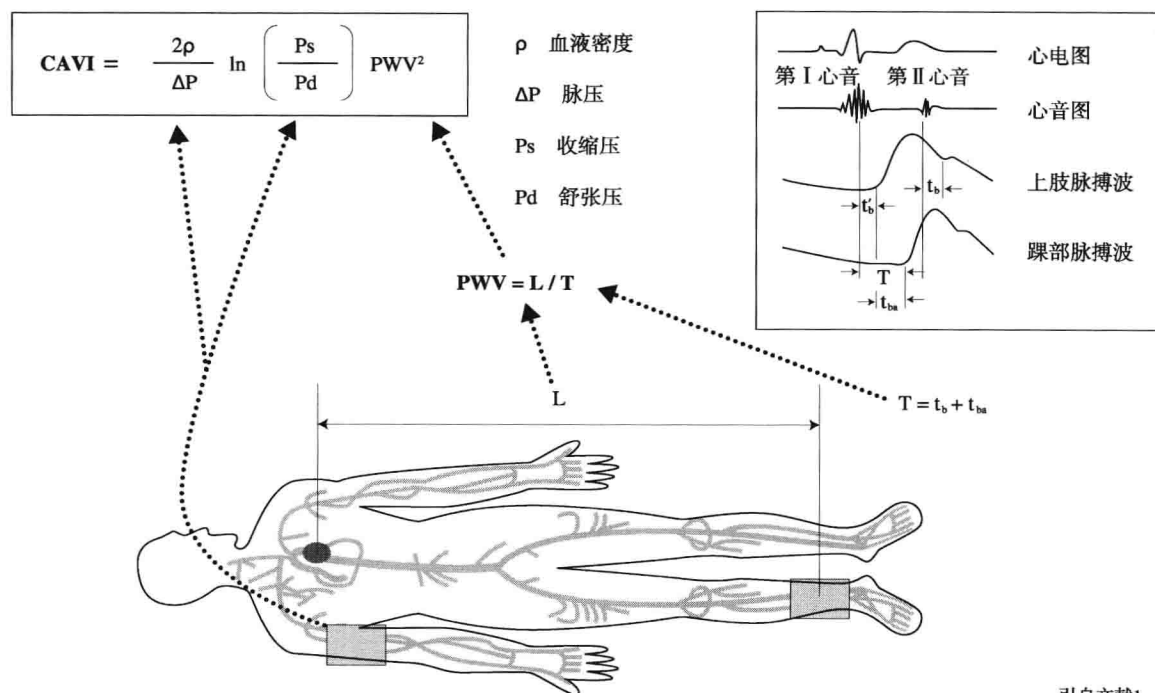
$$V / \Delta V \approx (D / \Delta D) / 2$$

导出血管内径的变化率的倒数 $D / \Delta D$

$$D / \Delta D = (2\rho / \Delta P) \times PWV^2$$

将其带入 β 中并计算求出。

PWV 是在同一个 Windkessel 模型中, 虽然是根据距离和其对应的时间差来进行计算的, 但是通过在 haPWV 中被扩大解析, 其是从瓣口至踝动脉的距离除以上肢动脉至踝动脉的传导时间差与第二心音和上肢脉搏波脉迹的时间差的和($t_b + t_{ba}$)的值作为动脉僵硬度指标(图1-1-2)。



引自文献1

图 1-1-2 CAVI 测定

脉搏波的传导是从瓣口通过主动脉、股动脉传导到达脚踝, 另一个传导方向是向上肢传到前臂。从瓣口到上肢的时间 t'_b 是根据从第 II 心音至上肢脉搏波切迹的时间 t_b 计算求出的。随之, 从瓣口到脚踝之间的传导时间就成为 $t_b + t_{ba}$, 若将此之间的距离设为 L , 则公式就为 $haPWV = L / (t_b + t_{ba})$

在我国适用的 PWV 原法上转换后的结果，如以下公式：

$$CAVI = a [(2\rho/\Delta P) \times \ln (Ps/Pd) \times haPWV^2] + b$$

式中，haPWV 为从心脏瓣口部到脚踝的 PWV；常数 a，b 为与 PWV 原法（被校正血压的 hfPWV）进行匹配而转换的系数

关于 CAVI 的单位

$$CAVI = \ln (Ps/Pd) \times 2\rho \times PWV^2 / \Delta P$$

各参数的单位是

$$\rho: \text{kg/m}^3$$

$$PWV: \text{m/s}$$

$$\Delta P: \text{N/m}^2 = (\text{kg} \times \text{m/s}^2) / \text{m}^2$$

$$(\because \text{N} = \text{kg} \times \text{m/s}^2)$$

CAVI 的单位为

$$\text{kg/m}^3 \times (\text{m/s})^2 / (\text{kg} \times \text{m/s}^2) / \text{m}^2$$

$$= \text{kg} / (\text{m} \times \text{s}^2) / \text{kg} / (\text{s}^2 \times \text{m}) = 1/1$$

和 β 一样变成没有单位（比率），由于与 PWV 原法匹配而进行尺寸转换，所以 CAVI 值大部分近似于从心脏瓣口到股动脉的 PWV 原法的数值。

在 CAVI 中使用的 haPWV 测定的是心脏瓣口的主动脉、股动脉、小腿动脉的大部分部

位的平均 PWV。考虑到女性不愿暴露腹股沟，故股动脉从检测部位中去除。其结果显示用于 Windkessel 模型上的定理，在至下肢的大范围血管平滑肌上经过了扩大解析，因此引入几个方法防止来自血管神经调节引起的血管痉挛和过度紧张的发生。baPWV 中通过同时给四肢加压，测定下肢/上肢血压比（ankle brachial index, ABI），其后再次给四肢同时加压 60mmHg 进行脉搏波测定。但是，这样的操作会诱发下肢血管的反射性痉挛，所以 CAVI 中的脉搏波测定完成后，分别测定四肢的血压求出 ABI。在 CAVI 中为了不超出舒张压，初期阶段虽然加压 30mmHg，但是有时会出现无法捕捉到上肢脉搏波切迹的病例，所以最终定为 50 mmHg。

1.3 CAVI 的重复性和血压非依赖性

关于 CAVI 测定的重复性，以 22 位健康人为例（平均年龄 41 岁），各自进行 5 次测定，得出变异系数（CV）平均是 3.8%的稳定结果（表1-1-2）。

表 1-1-2 22 位健康人的 CAVI 重复性

健康人	年龄（岁）	标准差	CAVI（平均）	变异系数（%）
1	27	0.38	6.5	5.8
2	42	0.24	7.9	3.1
3	54	0.29	6.7	4.3
4	41	0.12	6.5	1.9
5	48	0.32	7.5	4.2
6	28	0.42	7.0	6.0
7	48	0.3	8.7	3.4
8	28	0.33	7.0	4.7
9	46	0.32	6.7	4.8
10	34	0.11	5.2	2.1
11	55	0.44	8.4	5.2
12	55	0.36	8.4	4.3
13	59	0.24	9.6	2.5
14	47	0.27	7.4	3.6
15	44	0.17	7.2	2.3
16	51	0.19	8.9	2.1
17	48	0.14	7.2	1.9
18	26	0.21	7.3	2.8
19	25	0.57	6.9	8.3
20	26	0.22	7.0	3.2
21	44	0.38	7.4	5.2
22	31	0.18	7.1	2.4
平均	41	0.28	7.39	3.8

引自文献 1

图1-1-3显示几个与baPWV进行对比测定CAVI的血压依赖性试验的结果。该研究是以482位血液透析患者为对象,观察同一位患者的baPWV和CAVI。如图所示,baPWV无论是与收缩压还是与舒张压都有较强的正相关关系。另一方面,CAVI与收缩压存在较小的正相关关系,但是与舒张压无相关性。CAVI受血压的影响非常小,作为大血管的硬化程度指标,完全可以在临床上应用。

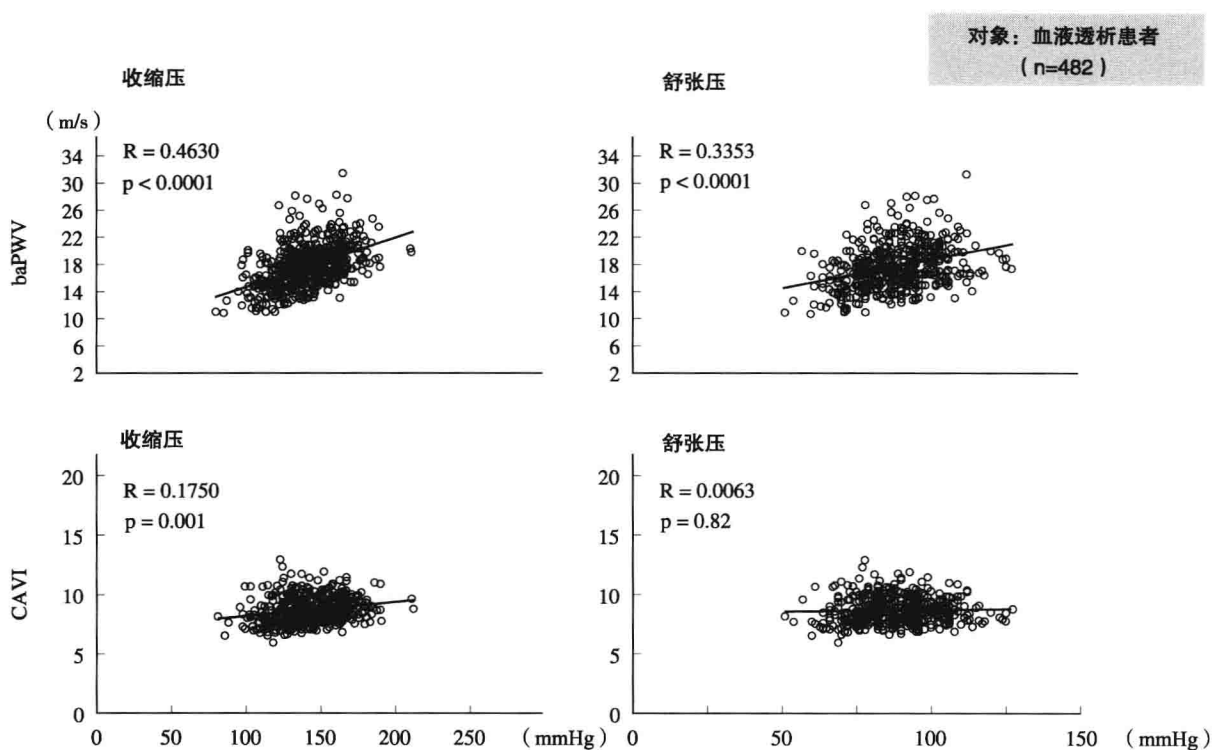
有研究指出,经静脉注射硝普钠,即使血压下降, β 值也只是维持在一定的水平⁹⁾。白井等应用血管 β 受体阻断剂美托洛尔进行研究,受检者口服80mg美托洛尔后,每隔1h测定一次CAVI和血压。结果显示虽然服药后2~3h内血压下降了,但是CAVI基本稳定(图1-1-4)。若严格来讲,CAVI值有些许上升的倾向。 β 受体阻断剂可以降低心率。另一方面,可以推断出是干预了血管收缩,但是CAVI并

未因血压下降而减小。

从性别来看,CAVI值男性相对于女性较高(图1-2-3)。随着年龄增长,CAVI无论男女都呈直线上升趋势,大致可以求出其预测的CAVI值。

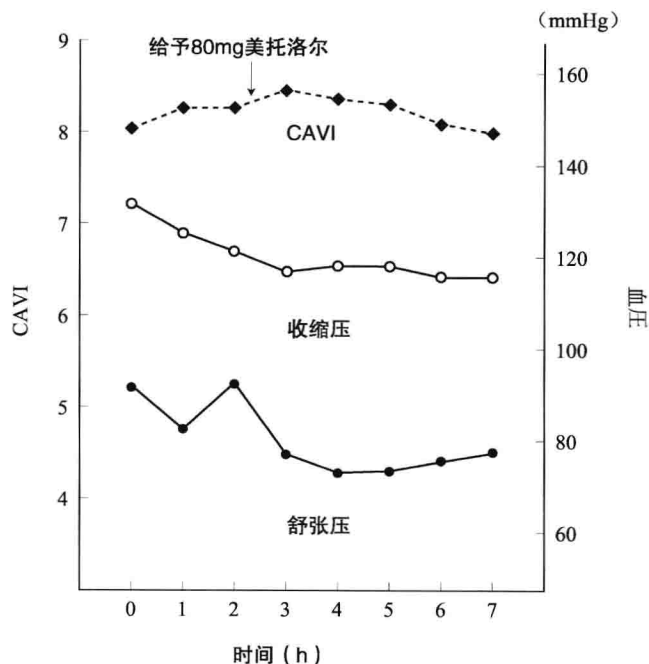
1.4 动脉僵硬度指标 baPWV 的局限性

baPWV和ABI可以在3~4min内同时测定出来,其简易度颇受好评,在我国是通用的¹⁰⁾。此种情况下,距离是以多数日本人的身高为基础推算得出的公式求出的。测定baPWV时,将测定cfPWV时的脉搏波检测部位延长为颈动脉到肱动脉,从股动脉到踝动脉,在3~4min内就可以轻松测定,在操作技术上并不需要特别的培训。



引自文献1

图1-1-3 CAVI和baPWV的血压依赖性比较

图 1-1-4 服用 β 受体阻断剂后的 CAVI 值

但是，由于检测部位向肢体远端移动，baPWV 测定的血管部位相对于 cfPWV 来说，变成从远端中心大动脉的“不特定一点”到脚踝（图 1-1-5D）。尽管 cfPWV 测定时缺少距心脏较近的粗大动脉，时间差和距离也不能准确地对应，但是因为测定的是相同血管壁成分的血管而更易于理解接受。另外，baPWV 测定的部位欠缺大部分弹性动脉，大致可以说是下肢的肌性动脉¹¹⁾。还包括上肢肌性动脉。由于不能确定脚踝和上肢的时间差对应的距离，所以很难根据 baPWV 对主动动脉硬化程度进行定量评估。血压和年龄对 baPWV 的影响较大，从根本上很难进行血压校正。而且，将主要目标放在 ABI 测定上，在同时测定四肢的血压后，因为要在四肢同时加压 60mmHg 会引起下肢血管的反射性痉挛，同生理性的脉搏波速度相比容易出现异常高值。从这些方面来看，即使 baPWV 反映了某部分的血管硬化程度，但

是不可以直接称之为反映血管硬化程度的指标。

1.5 用于计算 CAVI 的 haPWV

弹性动脉的 PWV 主要是根据动脉硬化程度的而确定的，但是血压、交感神经兴奋性对上、下肢动脉等肌性动脉的 PWV 具有较大影响。哺乳动物中，脉搏从心脏瓣口处大动脉传导至外周血管，由弹性动脉血管逐渐转变为肌性动脉血管，而脉搏波速度则逐渐变快（图 1-1-6）。

用于计算 CAVI 的 haPWV（图 1-1-5A）测定的是起自于心脏瓣口的大动脉以及下肢动脉的大范围部位的平均 PWV。和 cfPWV、baPWV 一样，haPWV 的测定部位包括了最能反映动脉硬化程度的中心大动脉（主动脉）；另一方面，和 cfPWV、baPWV 不同的是，haPWV 的测定部位包括了从大腿到脚踝的肌性动脉（图 1-1-5）。

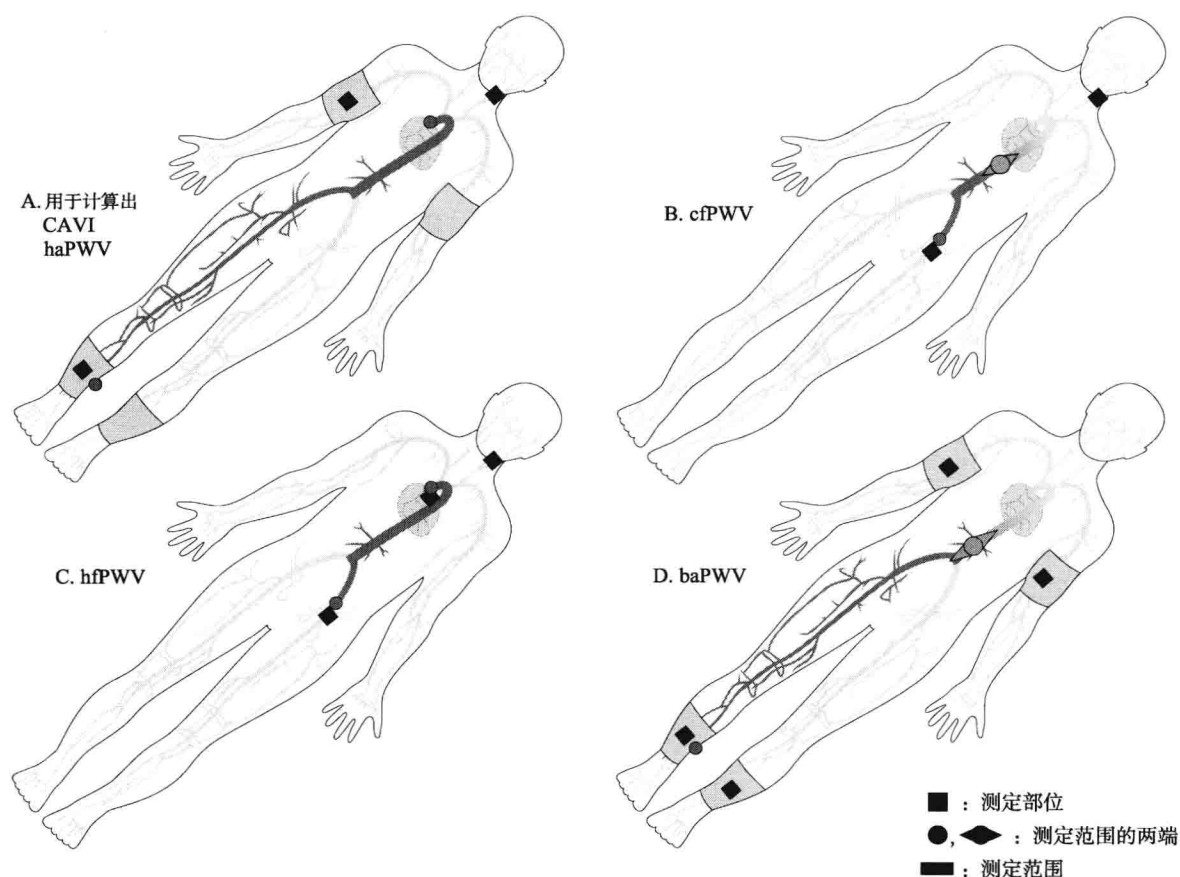


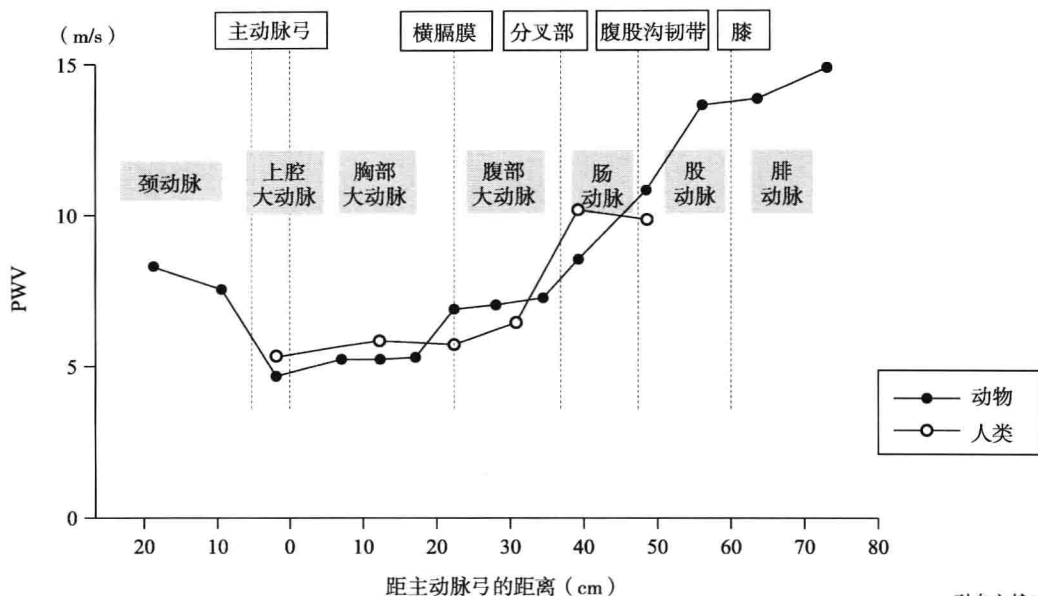
图 1-1-5 4 种 PWV 的测定动脉

在 PWV 之中，cfPWV（图 1-1-5B）被认为是国际性的金标准（绝对基准）¹²⁾。在 cfPWV 的测定过程中通过同时记录颈动脉脉搏波、股动脉脉搏波求出时间差。其距离则是各自求出从胸骨上缘到脐的测定部位（A）、脐到股动脉的测定部位（B）、胸骨上缘到颈动脉的测定部位（C）的距离后，用 $A+B-C$ 计算出来。换句话说，cfPWV 测定的是从中心大动脉的“不特定一点”（到达颈动脉测定部位时和下肢动脉的脉搏波到达部位）到股动脉脉搏波测定部位之间的 PWV。这种在欧美国家被认为是金标准的 cfPWV 绝对不是完美的 PWV 测定方法，同 hfPWV 相比，是颇为粗略的 PWV 测定方法，其误差主要源于其测定部位缺乏主动脉弓段，且其测定的距离不能准确地对应脉搏

波传导的时间差。

hfPWV（图 1-1-5C）测定的是颈动脉脉搏波加上股动脉脉搏波。同时记录心搏，求出 t_t 、 t_c ，距离是从胸骨右缘第 2 肋肋间到对侧股动脉的直线距离 D 乘以解剖学常数，以公式 $D \times 1.3 / (t + t_c)$ 求出的¹³⁾。也就是说，hfPWV 测定了在 cfPWV 测定时缺少的从大动脉瓣口到包含主动脉“不特定一点”的重要弹性动脉的大动脉脉搏波。也有报告指出在我国虽然多数使用的 hfPWV 是将舒张压校正（PWV 原法、长谷川法）到 80mmHg，但是也有部分像 cfPWV 一样没有进行血压校正¹⁴⁾。

另外，baPWV（图 1-1-5D）是通过从主动脉的远位开始在踝动脉间进行测定，观察大动脉的一部分、股动脉、腓动脉的 PWV。



引自文献5

图 1-1-6 从心脏到末梢血管的 PWV 逐步升高

1.6 CAVI 测定的临床意义

至今已有几个报告指出 cfPWV 或 hfPWV 等指标代表的动脉僵硬度升高与脑卒中、心绞痛、心肌梗死等心脑血管疾病的发病相关。例如，较早的研究显示，对于高血压患者，cfPWV 是独立于已知的动脉粥样硬化危险因素以外的心脑血管疾病发病的促发因子；透析患者中 cfPWV 较高者合并心脑血管疾病的危险进一步增加；在接受透析的高血压病患者中，经过降压治疗后，与 cfPWV 有所改善者相比，cfPWV 没有改善者的预后更差。在蛋白尿、心电图显示异常的同时，PWV 原法（长谷川法）测定的脉搏波速度也可以作为心血管疾病独立的预测指标。虽然至今尚无关于 CAVI 和长期预后的报告，但是目前有几个研究正在进行中。

就动脉僵硬度成为预测心血管疾病发病的重要指标来说，其增加不仅仅和年龄增大、血压、高血脂症、高血糖等多个危险因素密切相关，也和交感神经兴奋性等病理生理学上的异常相关。将这些因素综合分析后可认为动脉僵

硬度是预测心血管疾病发病的重要指标。而且，动脉硬化本身通过反射波引起了中心主动脉脉压的增大，也就是说引起了中心主动脉收缩压的升高和舒张压的下降，促使血管内皮功能进一步恶化^[6]（图 1-1-7）。

1.7 CAVI 测定过程中需注意的问题

对 ABI 小于 0.9 的动脉粥样硬化性疾病患者，其 CAVI 测定值明显低于正常，在这部分人群 CAVI 检查结果失去可信性。而且若心脏功能极端低下的话，CAVI 和 PWV 一样也会显示出低值。不仅是 CAVI 的测定受上述因素的影响，有报告指出，要准确测定脉搏波速度有几个必需条件，已有文献提出了 cfPWV 测定时的标准化方案。为了得到稳定的 CAVI 值，有必要考虑检查前的安静时间、饮食、吸烟、环境温度、心律不齐、血压稳定性等因素（表 1-1-3）。