

日本生理学会 编

生理学实习

人民卫生出版社

生理学实习

日本生理学会 编

王 佩	刘 凡	刘国隆	
吴国宝	郑长木	郑 谦	翻译
姚承禹	富维骏	滕国玺	
姚承禹	徐 科	魏保龄	审校

人 民 卫 生 出 版 社

生 理 学 实 习

王 佩 等 译

人 民 卫 生 出 版 社 出 版
(北京市崇文区天坛西里10号)

人 民 卫 生 出 版 社 印 刷 厂 印 刷
新 华 书 店 北 京 发 行 所 发 行

787×1092毫米16开本 23 $\frac{1}{2}$ 印张 4 插页 542千字

1980年3月第1版第1次印刷

印数：1—16,200

统一书号：14048·3724 定价：2.25元

執筆者

奈良県立医科大学
榎 泰義

神戸大学
塙 功

千葉大学
本田良行

名古屋市立大学
堀田 健

大阪医科大学
今井雄介

北海道大学
菅野富夫

久留米大学
額 額 教三

鹿児島大学
前野 巍

群馬大学
松崎 茂

札幌医科大学
永井寅男

東京都神経科学総合研究所
小川 尚

金沢医科大学
大山 浩

東海大学
沖野 遙

帝京大学
杉 晴夫

群馬大学
高木貞敬

和歌山県立医科大学
辻 繁勝

大阪医科大学
藤本 守

鹿児島大学
橋村三郎

筑波大学
本郷利憲

東北大学
星 猛

広島大学
入沢 宏

横浜市立大学
川上正澄

東京慈恵会医科大学
栗原 敏

順天堂大学
真島英信

旭川医科大学
森 茂美

杏林大学
長嶋長節

愛知医科大学
小川徳雄

九州大学
太田雅博

東京慈恵会医科大学
酒井敏夫

群馬大学
鈴木光雄

札幌医科大学
高氏 昌

札幌医科大学
藪 英世

神戸大学
船原芳範

埼玉医科大学
林 秀生

千葉大学
本間三郎

昭和大学
市河三太

名古屋大学
伊藤文雄

東京女子医科大学
菊地 鐸二

九州大学
栗山 熙

東京慈恵会医科大学
松原三郎

大阪医科大学
村上政隆

東海大学
中野昭一

名古屋市立大学
大原孝吉

鳥取大学
及川俊彦

熊本大学
佐々木 隆

東京女子医科大学
田中一郎

杏林大学
竹宮 隆

旭川医科大学
山村剛康

九州大学
後藤昌義

北海道大学
広重 力

熊本大学
堀 哲郎

東京慈恵会医科大学
井川幸雄

横浜市立大学
上山章光

名古屋市立大学
小坂光男

旭川医科大学
黒島晨汎

和歌山県立医科大学
松下 宏

山口大学
村上 恵

岡山大学
中山 沃

九州大学
大村 裕

神戸大学
岡本彰祐

東京都神経科学総合研究所
佐藤昌康

熊本大学
田中育郎

信州大学
竹内 亨

東海大学
吉岡利忠

(ABC順)

EV40/3703

《生理学实习》编辑前言

生理学实习在生理学教学中所占的比重很大。第50届(1973年)和第51届(1974年)日本生理学会大会,以生理学实习为议题安排了教学座谈会,给人留下颇为深刻的印象。这两次座谈会的内容大致可归纳为两个方面:其一是关于改善生理学实习设备问题,二是关于生理学实习在医学教育中的意义及其内容问题。

改善生理学实习设备,是个长期悬而未决的问题。先是藤森闻一教授和佐藤昌康教授,继而本间三郎教授,多次同有关领导部门交涉,正在促成此事。

关于生理学实习,教学座谈会认为,有必要重新估价它在医学教育完成生理学教学任务中所处地位问题。从另一角度看,还考虑到,对于培养生理学科人员来说,生理学实习课教学也是个重要的途径。有鉴于此,各大学都在研究改进学生实习的实施方案,增设新的实习内容,致力于彻底改革与充实现有的实习项目。作为改进的措施,有些已付诸实现,例如,将教育工程学方法引入了医学-生理学教学并实行了系统化,磁带录相也被利用。

通过教学座谈会的讨论,才可能对于教学现状有了上述认识。我们认为,无论对于明确生理学实习的目的与意义,或是对于充实仪器设备,进行这样的状况分析与情报交流,今后将会越来越显得重要。

在教学座谈会进行过程中曾做了各种调查,其中特别引人注意的是,全国多数大学纷纷对生理学教学委员会提出了迫切希望,要求编写生理学实习指导书。为满足这种强烈要求,教学委员会委托酒井和大村两位委员筹办编书事宜。此后,两位委员作为编辑干事,一直到本书出版,进行了不懈的努力。关于生理学实习指导一类的书籍,最初有博文馆出版的九州帝大石原诚先生撰写的《生理学实习》。其后,慈惠医大生沼曹六先生,浦本政三郎先生的生理学实习书,先后于大正7年和15年付印。将这几本书的内容同本书做个比较,不禁大有今昔之感。各大学的生理学教研室历来都是各自编印实习指导书,这项工作看来相当繁重,而且年年如是。有鉴于此,生理学教学委员会决定以前此教学座谈会的讨论为基础,组织编写一本符合于改善生理学实习设备既定方案要求的生理学实习指导书,作为实现该方案的一项工作来完成。

1975年4月以来,生理学教学委员会再次讨论了编写全新的生理学实习指导书问题,并将编写大纲汇报给生理学会常务理事。该会重新委托我们负责执行编写计划并完成编辑出版本书的任务。

首先,综览我国医学教育中大多数学校现行的生理学实习课项目,拟定了顾及下列各项问题的编写方针。

- 1) 全国各生理学教研室现行的学生实习项目之中,大多数学校都采用的项目;
- 2) 虽属迄今只在少数大学实行的实习项目,但符合于本书编写目的者;
- 3) 着眼于实习-实验这个角度,本书的编写要力求使实习学生能够自己着手实验,并能循序地进行下去;
- 4) 根据实习的目的,以既有的实验方法为基础,在方法学上加以改进的项目;

- 5) 增添认为适当的示教实验项目;
- 6) 同其他学科的实习重复的项目尽可能不写;
- 7) 适应医学的进展和我国教育制度的变化, 每隔几年, 由当时的日本生理学会教学委员会对本书进行修订。

事实上, 进入编写阶段以后, 无法遵循编写方针的情况也是有的, 在这方面, 编辑委员会遇到了不少煞费思索的问题。特别是要全部理解第53届日本生理学会大会 (1976年) 的教学座谈会所讨论的一些事项, 是难以做到的。另外, 我们也发现, 有些项目, 学生实习起来难度较大而且需要较长时间, 但考虑到这类项目现已在实行, 所以仍然编入了本书之中。这样做的另一个理由, 也是想指明, 这类实验项目是生理学学习内容中所不可缺少的。

本书编入了许多实习项目。现在医学系和口腔学系学生的生理学实习课, 时间有所限制, 要把本书全部实习项目都教授给学生是做不到的。各大学大概要各自从本书中选择必要的实习项目, 因而会组成种种不同方案来进行教学。本书编写的目的就在于此, 如果能满足这种需要, 它本来的目的也就达到了。

在编辑过程中, 承蒙铃木光雄博士 (群馬大学内分泌研究所) 以及大原孝吉教授 (名古屋市立大学) 拨冗参加工作, 给予我们大力支援。另外, 当编辑本书之际, 许多会员先生不顾工作繁忙, 按原定计划脱稿并送交我们, 编者对此非常感动, 并致以由衷的谢意。切望广大读者在使用的基础上对本书提出批评和宝贵意见, 以便把本书修改成更好的一本生理学学生实习指导书。

最后, 对于为了减轻我国医学学生负担而承担了廉价出版本书任务的南江堂, 对于为出版本书而不辞辛苦地多方斡旋的和泉隆之、植田诚两位先生以及酒井起彦先生, 我们表示深深的谢意。

1976年10月

日本生理学会・生理学教学委员会

桥村三郎 本田良行 本乡利宪 本间三郎
星 猛 市河三太 入泽 宏 入内岛十郎
菊地健二 松下 宏 宫川 清 望月政司
中山 沃 大村 裕 酒井敏夫 杉 晴夫

(°教学委员会委员长)

写给参加生理学实习的人们

生理学的一切概念，同自然科学的其他分科一样，都是根据实验或观察而获得的。因此，如果说，经过实习才会更好地理解教科书或教师讲授的科学内容，这是不过分的。

在学时期能够实习的项目是有限的。但是，通过本书所载某些项目的实习，可以学到：有关生物的一些规律是怎样认识到的，这些规律的适合范围，以及研究生物机体和使用实验仪器应该注意的事项。了解了生理学的研究对象、方法，从而就能理解其对象的特殊性质，这可以成为学习临床医学的一种有力手段。

生理学实习的特点是动物实验多。任何小的生物都具有生命。虽说是做实验，也不允许滥用动物。当准备处死动物的时候，必须按照你的目的去做，避免给动物造成无谓的痛苦，最后让它无痛苦地死去。要心中有数，尽可能用一只动物多做一些实验；白白地牺牲掉许多动物的生命，这样的过失应该避免。医学的进展通常是建立在牺牲动物的基础之上的。为病弱者着想，是医学的前提，这也是立志学医的人们应当领会的事项之一。实习项目中还编有以人体为受试者的项目。在这类实习之中，有的项目是以医生给患者做临床检查的方式来进行的，这就不允许有丝毫的差错。重要的是，恪守注意事项，并确认安全无误之后，才能开始实习。切望大家通过生理学实习对此有所体会。

生理学实习中有时要使用复杂的仪器。不能只是去按仪器面板上的键钮，而应该理解测试仪器的原理。随着技术的进展，仪器的外观等可能不断改变，但原理本身是不变的。从这个意义上讲，有些实习项目中用的是看上去非常简单、但符合原理规定的实验装置。作这样的实习安排，我们有个目的，就是希望实验者自己去思考、去研究：怎样改进测定装置和方法才能够进行更为精确的实验测试。此外，无论是做动物实验，或是以人体为受试者进行实习，都应详细记载实验记录，些细现象也不能漏掉，要进行敏锐的观察。只有做了这样的记录，才有可能进行深入的分析，也才有可能提出问题，从而将会探讨出该项实习的生理学意义来。万一实习以失败而告结束，进行这样的探讨和研究也是必要的。

实习课的目的当然是学习教科书中通常不记载的一些内容。但是，如果处理生物检样的方法不够熟练，或是器材的使用还不得法，那末，要获得教科书上所记载的结论是有困难的。遇到这种情况，首先你自己要检查标本的制备是否精心并符合要求，仪器的操作是否正规，实验的条件有无差错，等等。但是，如果几经反复实验，依然获得同样的结果，仪器的工作也属正常，这样，即使它和教科书上的结论不一致，也不应该认定它是错误的。“研究自然界，而不是研究书本”（“Study nature, not books”），这是 Rinne 的话。归根结底，自然界是客观存在，切望大家铭记在心，自然界是我们的老师。

然而，假如你不做任何准备便参加实习，自然界是不会那样简单地显示出真实现象的，要想从自然界学习知识，就必须进行预习。希望大家充分了解各实习项目所列的文献和“提示与试问”，掌握一定的知识以后再进实验室。

阅读、理解能力和记忆力等的培训固然需要；但在医学中，分析和诊断疑难病症，即解决实际问题的能力的培养往往是更为重要的。不能把实验全部委之于实习小组中的

某个人，而是要小组的每个人都参加实习，这样认真对待实习的态度至为重要。

本书所叙述的实验方法，并不一定是达到每项实习标题所示目的的最好方法。当前，各方都尽量设法让学生实习课用上最普及的仪器装置。但是，肯定还会有更好的方法，在实验方法的改革上，学生们是大有用武之地的。希望大家注意及此，切记要在实习过程中做到深入细致地钻研。

本书叙述了130个实验项目。通过实习或示教实验把它们全部做完，这是不可能的。对于未能实习到而你又有兴趣的项目，可以找机会自己去做；我们相信，其中有些方法，在将来进行与临床医学有关的动物实验的时候能有机会得到充分的应用，或者在方法学上有所启示。从这个角度来看，我们希望本书能够得到较长时期的使用。

如果本实习书使你产生了不局限于研究生存机体的生理现象的兴趣，甚而引出了更高水平的实验设计构思与兴趣，那末，可以说它就达到目的了。

(入泽 宏)

目 录

I. 关于血液的实验

1. 血液的性状	(1)
1.1 全血及血浆比重的测定	(1)
〔附录〕 用折光法测定血清总蛋白的浓度	(5)
1.2 血清蛋白量和血红蛋白量的测定	(6)
1.2.1 用电泳法进行血清蛋白的分离定量	(6)
1.2.2 氰化正铁血红蛋白法测定血红蛋白量	(8)
〔附录〕 Wong 法	(9)
2. 血液凝固、纤维蛋白溶解实验	(10)
3. 血液气体测定	(14)
〔附录〕 Van Slyke 测压法	(17)
4. 血红蛋白的氧平衡曲线	(21)

II. 关于循环的实验

1. 心脏的功能	(25)
1.1 用窦房标本研究 Frank-Starling 机理	(25)
1.2 用窦房标本观察离子及药物的影响	(32)
2. 关于循环动态的实验	(37)
2.1 动脉血压测定	(37)
2.2 大动脉血流与血压	(41)
3. 人体实习	(52)
3.1 人心电图的测定及分析	(52)
3.2 血压的测定	(57)
3.3 深呼吸、寒冷、体位变换以及运动对于血压的影响	(60)

III. 关于呼吸的实验

1. 用 Benedict-Roth 型肺量计测试呼吸机能	(65)
1.1 Benedict-Roth型肺量计的构造和原理	(65)
1.2 肺通气量的测定	(66)
1.3 通气机能和通气力学的计算与测定	(69)
1.3.1 根据肺通气曲线图, 继续进行下列计算	(69)
1.3.2 根据时间肺活量曲线绘制流速-气量曲线	(70)
1.4 耗氧量测定	(71)
1.5 用重复呼吸限量气体的方法研究呼吸的化学性刺激	(75)

2. 家兔呼吸循环调节实验	(76)
3. 屏息实验	(80)
3.1 屏息时间的测定与肺泡气的分析	(80)
3.2 屏息时间- P_{ACO_2} 反应曲线及其分析	(82)
4. Scholander 气体分析器的 O_2 和 CO_2 分析及其应用	(84)
4.1 Scholander 气体分析器	(84)
4.2 余气量测定	(89)
4.3 关于无效腔容积变动的实验	(90)

IV. 关于肾机能及体液调节的实验

1. 人体实验	(94)
1.1 尿中主要排泄物的定量与各种清除率的测定	(94)
1.1.1 尿电导度 (电解质总浓度) 的测定	(94)
1.1.2 Na 、 K 浓度与 Na 、 K 清除率的测定	(94)
1.1.3 渗透浓度的测定与渗量清除率、自由水清除率的测定	(95)
1.1.4 尿素和 NH_4^+ 浓度的测定及尿素清除率	(97)
1.1.5 酸度滴定及尿 pH 测定	(98)
1.2 水与盐水的负荷试验	(98)
2. 动物实验: 用停流法观察肾机能	(99)
3. 抗利尿激素对水通透性作用的观察	(104)

V. 关于体温、代谢、发汗生理的实验

1. 代谢	(107)
1.1 概说	(107)
1.2 代谢测定方法	(107)
1.3 基础代谢测定实验	(107)
1.4 运动负荷时代谢的测定	(110)
2. 体温	(112)
2.1 温度测定法	(112)
2.2 关于体温调节的实验	(116)
2.2.1 人体的体热平衡	(117)
2.2.2 关于动物体温调节的实验	(120)
3. 发汗	(124)
3.1 发汗的观察与测定法	(125)
3.1.1 汗液着色法	(125)
3.1.2 汗滴(汗孔)印录法	(125)
3.1.3 全身总发汗量测定	(125)
3.1.4 局部发汗量测定	(125)
3.1.5 皮肤电阻变化记录法	(126)

3.2 发汗诱发方法	(126)
3.2.1 全身性发汗	(126)
3.2.2 局部发汗	(126)
3.3 关于温热性发汗的实验	(126)
3.4 精神性发汗	(128)
3.5 半侧发汗 (压皮肤-发汗反射)	(130)
3.6 轴突反射性发汗	(132)

Ⅶ. 关于消化液分泌与肠管吸收的实验

1. 关于消化液分泌的实验	(134)
1.1 唾液分泌	(134)
1.2 胃液分泌	(138)
2. 小肠吸收实验	(141)
2.1 糖的吸收	(141)
2.1.1 糖的膜消化与吸收实验 (采用化学测定法)	(142)
2.1.2 通过记录输运电位来观察糖输运系统的特性及膜消化过程	(143)
2.2 氨基酸的吸收	(146)

Ⅷ. 关于内分泌的实验

1. 关于脑垂体机能的实验	(150)
1.1 摘除脑垂体的效应——靶器官的重量变化	(150)
1.2 脑垂体机能的中枢性调节——脑中单胺与肾上腺皮质昼夜周期节律	(154)
2. 关于代谢调节的实验	(156)
2.1 甲状腺机能	(156)
2.1.1 甲状腺激素与基础代谢率	(157)
2.1.2 甲状腺激素与血浆胆固醇	(160)
2.1.3 甲状腺机能状态改变时, 甲状腺激素、TSH的变动	(161)
2.2 肾上腺皮质机能	(163)
2.2.1 肾上腺皮质与机体对有害刺激的耐受力变化	(163)
2.2.2 肝糖原储存作用	(164)
2.2.3 有害刺激反复负荷时, 机体诸反应的变迁	(167)
2.3 胰岛的机能	(169)
2.3.1 实验性糖尿病的血糖变化——血液、尿的分析与胰岛素的效应	(169)
2.3.2 胰岛素对离体肌肉的摄取葡萄糖能力的作用	(171)
2.3.3 胰岛素引起的低血糖痉挛	(172)
2.3.4 葡萄糖及糖原的分析方法	(172)
3. 关于生殖内分泌的实验	(175)
3.1 雄性大鼠的性行为与雄性激素	(175)
3.2 雌性大鼠的生殖行动——内分泌环境引起的举臀商的变动	(177)

3.3 小白鼠的攻击行动与雄性激素的影响·····	(179)
3.4 雌性大鼠的性周期与排卵机理——阴道涂片法及给予 戊巴比妥钠的效应·····	(180)
4. 激素的微量定量·····	(182)
4.1 生物学测定法·····	(182)
4.2 放射免疫分析法·····	(184)

Ⅶ. 关于兴奋的实验

1. 神经的兴奋·····	(189)
1.1 实验条件与动作电位·····	(192)
1.2 极刺激法则·····	(193)
1.3 传导速度, 动作电位峰的分离、不应期·····	(194)
1.4 由强度-时间曲线求膜的时间常数·····	(195)
1.5 离子、麻醉药等对神经兴奋性及传导性的影响·····	(196)
2. 骨骼肌的兴奋·····	(198)
2.1 骨骼肌纤维的膜电位和外液K ⁺ 离子浓度的关系·····	(198)
2.2 动作电位的记录——旦却连钠 (Dantrolene-Na) 的应用·····	(203)
2.3 终板电位和微终板电位的记录·····	(205)
3. 心肌的兴奋——用微电极测心肌细胞的动作电位·····	(207)
4. 平滑肌的兴奋·····	(211)
4.1 用细胞外电极记录电位·····	(211)
4.1.1 用输尿管进行的实验·····	(211)
4.1.2 记录消化管的慢波电变化·····	(214)
4.2 应用糖溶液间隙法记录结肠带电位·····	(219)

Ⅷ. 关于肌肉的实验

1. 骨骼肌的机械性反应·····	(224)
1.1 神经-肌肉标本和等张性收缩·····	(224)
1.2 等长性收缩·····	(229)
1.3 负荷和缩短速度的关系·····	(232)
〔附录1〕 蛙神经小腿标本和神经肌肉标本·····	(238)
〔附录2〕 蛙缝匠肌标本·····	(241)
1.4 人上臂屈肌的负荷与速度的关系·····	(243)
1.5 肌质网的钙释放与肌肉收缩·····	(245)
2. 模型肌的收缩与宽息·····	(248)
2.1 甘油处理肌 (肌动凝蛋白) 的收缩与宽息·····	(248)
2.2 肌凝蛋白B由ATP引致的超沉淀以及粘滞度的变化·····	(251)
3. 平滑肌的收缩·····	(256)
3.1 肠管的运动·····	(256)

3.2 用 Magnus 法描记肠管运动——乙酰胆碱、肾上腺素、烟碱、阿托品的效应·····	(259)
--	-------

X. 关于感觉的实验

1. 皮肤感觉·····	(262)
1.1 触-压点与痛点·····	(262)
1.2 两点辨别阈·····	(265)
1.3 痛点和痛觉·····	(266)
1.4 温、冷点及温度感觉·····	(268)
2. 重量感觉·····	(269)
3. 视觉——ERG 实验 (视网膜对光的电反应)·····	(271)
4. 嗅觉——嗅粘膜的 EOG 与嗅球的诱发脑电图·····	(275)
5. 听觉 (微音器效应)·····	(278)
6. 感受器的传入性冲动·····	(281)
6.1 舌传入冲动的发放·····	(281)
6.2 皮肤传入冲动的发放·····	(284)
6.3 肌梭传入冲动的发放·····	(286)

Ⅺ. 关于中枢神经系统的实验

1. 脊髓反射——人的腱反射·····	(291)
2. 猫或兔去脑所引起的姿势反射的观察·····	(294)
3. 人的肌电图·····	(298)
3.1 随意收缩时的表面及深部肌电图·····	(298)
3.2 诱发肌电图 (H, M 波)·····	(300)
4. 人运动神经传导速度测定·····	(302)
5. 反应时的测定·····	(307)
6. 大脑皮层诱发电位的记录·····	(311)
6.1 感觉刺激和丘脑神经核刺激引起的大脑皮层诱发电位·····	(311)
6.2 人的感觉诱发电位和运动诱发电位·····	(318)
7. 人的脑电图·····	(323)

附 录

I. 生理学用电子仪器综述·····	(331)
Ⅰ. 运算放大器简介·····	(339)
Ⅱ. 电子管刺激装置及其操作要领·····	(347)
Ⅳ. 生理学用放大器·····	(350)
V. 电现象记录装置·····	(355)
Ⅵ. 代体液·····	(357)
索引·····	(359)
译后记·····	(365)

I. 关于血液的实验

1. 血液的性状

1.1 全血及血浆比重的测定

a. 实验目的

全血比重的大小，受血红蛋白浓度的影响很大；而血浆比重的大小，则为血浆蛋白的浓度所左右。因此，全血比重的测定，作为一种简单的筛选方法，可用来证实血液的变化（贫血，血液的浓缩或者脱水状态等）。

向各种比重的硫酸铜溶液中滴入一滴血清，它的表面便形成蛋白铜（copper proteinate），将血清滴包裹起来，故可在15~20秒钟内保持其比重不变。滴入硫酸铜溶液中的血清滴，数秒钟后失去落体惯性，于是或向上漂浮，或停止在原来位置上，或者继续下沉。

血清滴如果停止在原来位置，即表明此检品的比重和硫酸铜溶液的比重是相等的。可以配制比重从1.015直至1.035的硫酸铜溶液（相当于血清总蛋白浓度3.0~10.8 g/dl），比重间隔为0.001，共21管，用来测定血清检品的比重。用此种测比重方法，1滴检品的大小，不会影响测定值，硫酸铜溶液和血液两者的温度系数又基本相等，因此室温的变化也无影响。

b. 试剂

b.1 硫酸铜原液

1) 首先配制饱和硫酸铜溶液。将小粒结晶纯硫酸铜（ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ）约900g放入2 l烧瓶，加蒸馏水1,250ml，加塞，振荡5分钟，便制成饱和溶液。

2) 准确测定溶液的温度后，用脱脂棉或干燥滤纸过滤，立即配制成比重为1.100的原液。

3) 配制原液：随温度不同，应予稀释的饱和溶液的量亦不同。例如，在18℃温度条件下，如取饱和硫酸铜溶液504ml，用蒸馏水稀释到1,000ml，即可得到比重为1.100的原液。配制溶液时，温度的变动应始终控制在5℃以内。

b.2 配制标准比重液

由硫酸铜原液配制100ml各种标准比重液时，所需硫酸铜原液的量以ml表示之。50ml滴定管中，装满硫酸铜原液，按各种比重所需的原液量，分别注入到100ml量瓶内，加蒸馏水至量瓶刻线，便得到所需的各种标准比重液。

通常，标准原液的调制要求严格，准确性必须达到小数点以下四位。

另外，配制各种比重液时，稀释也要准确。这就需要时间和熟练的技术，不可简单草率。各种硫酸铜比重液亦可购置商品。

表 I-1 硫酸铜标准原液 (比重1.100) 的配制方法

此表指示不同温度时应予稀释的饱和硫酸铜的量(ml)。取各该一定量的饱和液注于 1 l 量筒中, 加蒸馏水使成 1,000ml。

温 度	饱 和 液	温 度	饱 和 液	温 度	饱 和 液
(°C)	(ml)	(°C)	(ml)	(°C)	(ml)
10.0	578	20.5	484	30.5	423
10.5	573	21.0	480	31.0	420
11.0	568	21.5	477	31.5	417
11.5	563	22.0	473	32.0	414
12.0	558	22.5	469	32.5	412
12.5	553	23.0	466	33.0	409
13.0	548	23.5	463	33.5	406
13.5	543	24.0	460	34.0	403
14.0	539	24.5	456	34.5	401
14.5	534	25.0	453	35.0	398
15.0	529	25.5	450	35.5	395
15.5	525	26.0	447	36.0	392
16.0	521	26.5	445	36.5	390
16.5	516	27.0	442	37.0	387
17.0	512	27.5	439	37.5	384
17.5	508	28.0	436	38.0	381
18.0	504	28.5	434	38.5	379
18.5	500	29.0	431	39.0	376
19.0	496	29.5	428	39.5	373
19.5	492	30.0	425	40.0	370
20.0	488				

表 I-2 配制各种硫酸铜标准比重液用表

此表指示配制 100ml 各种比重液 (1.011~1.075) 所需硫酸铜原液 (比重 1.100) 的 ml 数。

比重	ml	比重	ml	比重	ml	比重	ml	比重	ml	比重	ml
1.011	10.30	1.022	21.19	1.033	32.00	1.044	43.00	1.055	54.00	1.066	65.00
1.012	11.29	1.023	22.17	1.034	33.00	1.045	44.00	1.056	55.00	1.067	66.00
1.013	12.28	1.024	23.15	1.035	34.00	1.046	45.00	1.057	56.00	1.068	67.00
1.014	13.27	1.025	24.14	1.036	35.00	1.047	46.00	1.058	57.00	1.069	68.10
1.015	14.26	1.026	25.12	1.037	36.00	1.048	47.00	1.059	58.00	1.070	69.10
1.016	15.25	1.027	26.10	1.038	37.00	1.049	48.00	1.060	59.00	1.071	70.20
1.017	16.24	1.028	27.08	1.039	38.00	1.050	49.00	1.061	60.00	1.072	71.20
1.018	17.23	1.029	28.06	1.040	39.00	1.051	50.00	1.062	61.00	1.073	72.20
1.019	18.22	1.030	29.04	1.041	40.00	1.052	51.00	1.063	62.00	1.074	73.30
1.020	19.21	1.031	30.00	1.042	41.00	1.053	52.00	1.064	63.00	1.075	74.30
1.021	20.20	1.032	31.00	1.043	42.00	1.054	53.00	1.065	64.00		

(Phillips等)

c. 实验

c·1 测定全血比重时，需要准备的标准比重液范围是1.040~1.061。但通常男子用1.048~1.062，女子用1.043~1.060范围的比重液就够了。测定血浆比重（原书误为血液比重——译注）时需准备1.022~1.032的标准比重液。

c·2 采血 由静脉采血，要注意避免在淤血情况下采血。一俟将血液注入有抗凝剂的小试管内，接着就用毛细滴管取血样并向比重液中滴入，或者用注射器取样，由针头将血液滴下亦可。

c·3 比重测定 由距离硫酸铜比重液的液面1 cm 高处，滴下小的血滴。血滴呈烧饼状或中间带孔呈炸面圈状 (doughnut)，在硫酸铜液中下沉数厘米。血滴较比重液轻时，则向上漂浮，重则下沉。不显示沉浮，保持静止状态时之溶液比重，即为该血液的比重。

c·4 正常值

全血比重

男子 1.055~1.060

女子 1.050~1.056

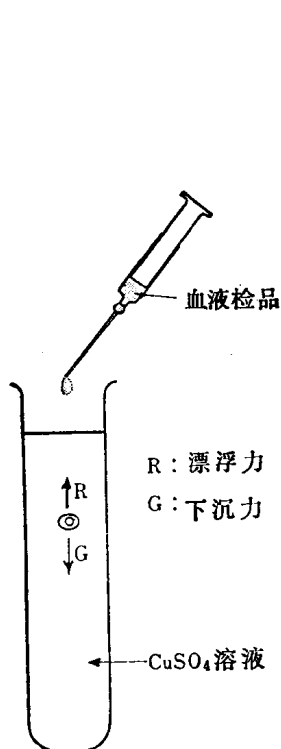


图 I—1 实验方法

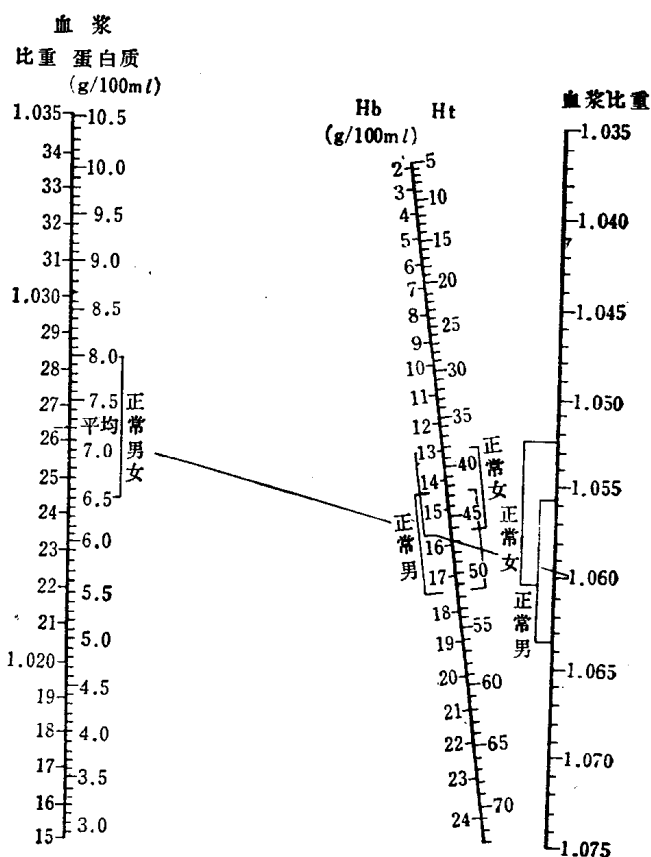


图 I—2 根据全血比重和血浆比重推算血红蛋白浓度和红细胞比积用的列线图（自 Van Slyke等）。

血浆比重 1.025~1.029

血清比重 1.024~1.028

c.5 测定的注意事项

1) 抗凝剂对血液比重的影响: 1ml 血液中加入0.2mg 肝素, 血液的比重并不发生变化。若1 ml血液中加入 1mg 草酸盐, 则比重增加0.0004。

2) 滴下的血滴中如混有气泡, 则血滴立即浮上来, 而下沉显著受到抑制, 因此, 要特别注意防止混入气泡。

3) 用棉棍等除去浮在比重液面上的血液残渣, 使液面洁净, 然后再滴下血液。

4) 100ml 比重液中, 如已滴入50滴血液, 则其比重约降低 0.001, 故需更换新的标准比重液。

5) 比重液不用时, 为防止由于水分蒸发而发生的变化, 要将玻璃管塞严。在使用时, 也要尽量缩短不盖管塞的时间。

6) 测定之前要注意使比重液的温度与室温完全相等。如果日光、冷暖气装置的辐射因素使溶液中对流, 测定就会受到影响。另外, 拿玻璃管时应持其上部, 要避免持体部, 否则, 体温会使硫酸铜溶液的温度上升。在实际测定时, 要特别注意保持比重液温度的均衡。

7) 关于根据比重来推算血清(或血浆)的总蛋白浓度, 曾提出了各种换算式。而为了绘制标准曲线, 需要采用 Kjeldahl 法对于作为标准的蛋白进行定量。因此, 关于 Kjeldahl 法中所存在的问题也牵连到这里来了。换算法原法为 $P = 343 (G - 1.007)$, 此外尚有 $P = 366 (G - 1.007)$ 等等变法 (P 为蛋白质, G 为比重)。即或是比重一定的同一血清检品, 由于采用的换算式不同, 所求出的蛋白浓度亦随之而异, 因而这里还存在着较大的问题。

d. 提示与试问

1. 据认为, 用比重法测定血清蛋白, 当血中尿素或葡萄糖的数值很高时, 测定值便会有误差。试向血中添加葡萄糖、尿素等以制成高血糖血、高氮血, 并求出它们与原血清之间的差异。

2. 试求出血红蛋白浓度(实测值)与全血比重之间的相关关系。

3. 据认为血清中的脂质对血清的比重也有影响。请比较饭后数小时内的高脂血(肉眼可见血清呈悬浊状)和空腹时血液的比重。

4. 反复测定血清、全血的比重(5次以上), 观察其变动(测定的同时重复性)。还可在不同时间、不同日期进行测定, 以观察血液比重的日内变动和日间变动。

5. 由于体位(立位或卧位)不同, 全血、血清的比重也会产生差异。请验证这个事实, 并探讨其生理学的意义。

文 献

1) 三轮史朗(编): 血液检查, 临床检查技术全书3, 医学书院, 东京, p.121, 1972。

2) 吉川春寿: 硫酸铜法, 东京出版, 东京, 1948。

3) Van Slyke, D. D. et al.: Calculation of hemoglobin from blood specific gravities. *J. Biol. Chem.* 183:349~360, 1950。