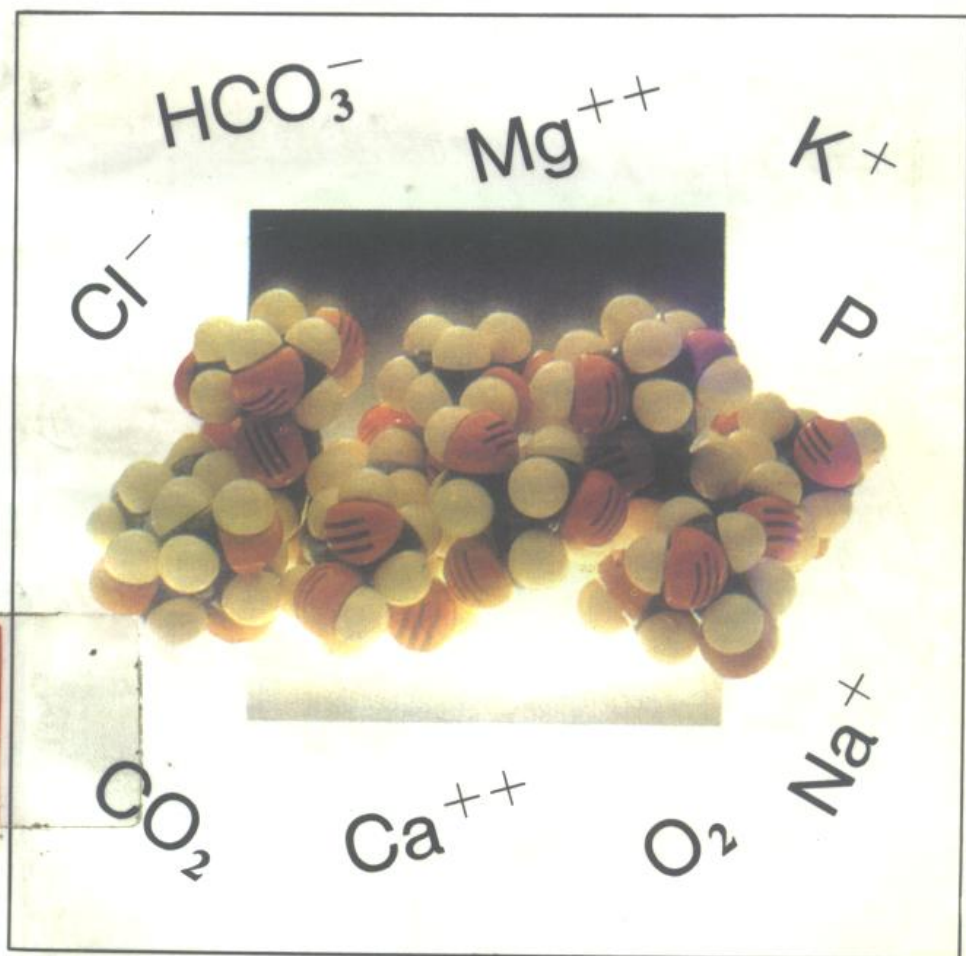


临床电解质与血气诊断指南

吴国强 王沐沂 傅 强 主编



北京科学技术出版社

临床电解质与血气诊断指南

吴国强 王沐沂 傅 强 主编

北京科学技术出版社

(京)新登字207号

临床电解质与血气诊断指南

吴国强 王沐沂 傅 强 主编

*

北京科学技术出版社出版

(北京西直门南大街16号)

邮政编码: 1 0 0 0 3 5

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经销

怀柔渤海印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 7.5 印张 168 千字

1993年8月第一版 1993年8月第一次印刷

印数1—5000册

ISBN7-5304-1305-8/R · 220 定价: 6.00元

前 言

现代医学的特点之一是由传统的经验医学向实验医学发展, 临床检验结果对于临床医师诊断疾病、判断病情的发展、衡量治疗效果和对预后有着重要的参考价值。随着现代科学技术的发展, 临床检验的手段和方法越来越先进, 分析仪器逐步向自动化、智能化方向过渡, 对临床医师和检验师都提出了新的要求。一方面临床医师需要掌握临床检验中各种方法的基本原理和意义, 根据诊疗目的有针对性的选择检验项目和方法, 并能正确地运用检验结果, 对疾病作出确切的分析和判断; 另一方面, 检验师也应对各种疾病的病理生理学以及对生化参数的影响情况要有所了解, 为临床医师提供准确、科学的诊断数据。

本书参阅了国内外有关资料, 收集了大量的实际临床电解质和血气分析数据并结合自己的实践编写而成。主要论述了水与电解质和酸碱平衡的机理及其影响因素, 并例举了大量实例, 讨论临床检验结果与其病理生理学之间的关系。实验研究部分列出了临床检验项目的选择和它们的诊断价值。本书还介绍了目前临床电解质及血气分析常用的仪器和方法。可供临床医师、检验师(士)及高年级医学生参考。

书中参考、引用了大量有关资料, 在此特向有关作者致谢! 限于编者的理论水平和实践经验不足, 不妥或失误之处在所难免, 恳请读者批评赐教。

编 者

1992.3.

目 录

第一章 绪论

- 一、无效结果…………… (1)
- 二、分析结果的解释…………… (6)

第二章 水和钠

- 一、水的正常代谢…………… (12)
- 二、水的体内平衡…………… (16)
- 三、钠的体内平衡…………… (19)
- 四、血浆钠浓度失调…………… (21)
- 五、实验研究…………… (23)
- 六、高钠血症…………… (32)
- 七、低钠血症…………… (39)
- 八、正常钠血症…………… (51)

第三章 钾

- 一、体内分布…………… (54)
- 二、体内平衡…………… (55)
- 三、实验研究…………… (61)
- 四、高钾血症…………… (64)
- 五、低钾血症…………… (70)

第四章 氯

- 一、氯代谢…………… (78)
- 二、实验研究…………… (79)
- 三、高氯血症…………… (80)

四、低氯血症·····	(85)
第五章 阴离子隙	
一、实验研究·····	(89)
二、增加阴离子隙·····	(90)
三、降低阴离子隙·····	(93)
第六章 钙	
一、钙代谢·····	(97)
二、激素与正常钙代谢·····	(99)
三、实验研究·····	(102)
四、高钙血症·····	(106)
五、低钙血症·····	(114)
第七章 磷酸盐	
一、磷酸盐代谢·····	(119)
二、实验研究·····	(120)
三、低磷酸盐血症·····	(122)
四、高磷酸盐血症·····	(126)
第八章 镁	
一、镁代谢·····	(130)
二、实验研究·····	(133)
三、高镁血症·····	(134)
四、低镁血症·····	(136)
第九章 酸碱平衡与血气	
一、定义·····	(139)
二、氢离子代谢·····	(145)
三、二氧化碳代谢·····	(152)
四、其他缓冲机理·····	(154)

五、实验研究	(155)
六、血气解释	(161)
七、低血浆碳酸氢盐	(169)
八、高血浆碳酸氢盐	(177)
九、呼吸性酸中毒合并代谢性酸中毒	(184)
十、呼吸性碱中毒合并代谢性碱中毒	(185)
十一、呼吸性酸中毒合并代谢性碱中毒	(186)
十二、呼吸性碱中毒合并代谢性酸中毒	(187)
第十章 电解质及血气分析	
一、火焰光度法	(189)
二、原子吸收分光光度法	(193)
三、离子选择性电极分析法	(198)
四、影响电解质分析的因素	(210)
五、血气分析法	(212)
附录	
附表1 血液电解质及其有关项目正常参考值	(223)
附表2 血气分析与酸碱平衡正常参考值	(223)
附表3 各种体液量及其电解质浓度	(224)
附表4 缩略语及符号	(225)
附表5 ISE-92 $K^+/Na^+/Cl^-$ 电解质分析仪简介	(229)
主要参考文献	(230)

第一章 绪 论

临床检验结果不仅对于疾病的诊断是必要的，而且对于判断病情的进展、衡量治疗效果和对预后的估计也是十分重要的。近年来，随着现代科学技术的发展，临床检验的方法和手段也在不断地改进和提高。一方面，临床医师应及时掌握各种临床检验方法的原理及意义，根据诊断和治疗的目的，选择适当的检验项目和分析方法，并能正确评价和判断检验结果，再结合病史、临床症状和有关资料进行综合考虑，才能作出正确的诊断和治疗；另一方面，临床检验人员也应了解各种疾病的发病机理、临床表现及可能出现的某些生化指标的改变，利用稳定可靠的分析方法，为临床医师提供准确的检验数据。

一、无效结果

下列因素可能导致不正确的检验结果：

样品处理错误：在取样或实验室分析过程中将病人的样品混淆；在报告病人化验结果时填错报告单。

不正确的病人准备：体位/活动；紧张；药物；生物节律；饮食/酒。

样品分析过程中的错误：样品保存不当；取样影响（如溶血）；样品污染；干扰（如脂血症）。

1. 样品处理错误 一般临床检验室都有专人在把检验结

果报告给医生之前，对所有的检验结果进行严格的审核，以便在化验报告发出之前找出可能出现的错误。特别是当病人先前有同样的化验记录时，则新的化验结果很容易与先前的化验结果进行比较，以发现错误。但如果病人的第一次化验就出现错误，就很难发现。在这种情况下，如果医生能把病人相应的临床症状或治疗情况随同需要化验的项目一起提供给检验人员，则发现这种错误的可能性就会大大增加。

例如：一个61岁老人（病人A）和一个48岁男子（病人B），两个病人的入院送检样品化验结果如下：

		病人A	病人B	
血浆：Na	(mmol/L)	139	139	(132~144)
K	(mmol/L)	3.7	3.7	(3.2~4.8)
Cl	(mmol/L)	98	103	(98~108)
HCO ₃	(mmol/L)	25	28	(21~32)
Urea	(mmol/L)	17.3	4.8	(3.0~8.0)
Creat.	(mmol/L)	0.58	0.09	(0.06~0.12)
CK	(U/L)	347		(30~140)
HBD	(U/L)	360		(125~150)

这两个病人的化验结果没有先前的数据可比较，但如果检验人员知道这两个病人的临床资料（病人A是因胸痛而入院，病人B是进行肾透析治疗的肾功能衰竭患者），就会认识到，患肾功能衰竭的病人B的化验结果是不正常的。后经简单地调查发现，在进行电解质、尿素和肌酐分析时，把病人A、B的样品搞错了。酶分析的结果对病人A是有效的。

上例表明，如果医生使用了这种无效的检验结果，就有可能给病人带来潜在的威胁，但如果医师将要求检验的项目连

同临床资料一起送交检验室，就可以把这种错误降到最低程度。

2. 不正确的病人准备 一个23岁妇女，妊娠32周，作口服葡萄糖耐量试验，以诊断是否为妊娠糖尿病。化验结果如下：

化验时间	09:10	09:15	10:15	10:45	11:15
血浆Glu (mmol/L)	3.7	6.3	7.6	6.4	4.3
尿Glu (%)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
尿酮	++	—	+++	—	—

该病人在实验前被禁食16小时，引起脂肪代谢增加，导致酮尿，因此在这种准备条件下所要求的尿酮试验就没有诊断价值。有些试验，如脂类研究，就要求隔夜禁食，所以在选择不熟悉的试验之前，花点时间了解一下对病人准备的要求是值得的。

3. 药物对测验的影响 一个61岁老妇，诊断为Addison's病入院治疗。病人入院时（10月12日）检查了血液电解质和可的松含量，第二天做了肾上腺皮质刺激试验，两天的化验结果如下：

化验时间	12/10	13/10
血浆: Na (mmol/L)	115	115 (132~144)
K (mmol/L)	7.2	7.1 (3.2~4.8)
Cl (mmol/L)	85	90 (98~108)
HCO ₃ (mmol/L)	20	14 (21~32)
Urea (mmol/L)	12.0	11.3 (3.0~8.0)
Creat. (mmol/L)	0.11	0.09 (0.06~0.12)
Cort. (mmol/L)	97	869 (140~690)

入院时样品中电解质和可的松的含量分析结果支持先前的诊断, 但10月13日刺激试验前测试基础可的松的含量则不支持这个诊断。经研究发现, 引起这种检验结果明显不一致的原因, 是病人在入院后服用去氢氧化可的松而造成的。这种可的松可使血浆可的松含量明显升高, 因此应重新安排试验。

4. 样品保存不当 一个62岁老妇, 看肾脏专科门诊。取血后血样放置在4℃冰箱过夜, 第2天才进行化验分析, 化验结果如下:

血浆: Na	(mmol/L)	145	(132~144)
K	(mmol/L)	7.6	(3.2~4.8)
Cl	(mmol/L)	98	(98~108)
HCO ₃	(mmol/L)	25	(21~32)
Urea	(mmol/L)	8.3	(3.0~8.0)
Creat.	(mmol/L)	0.23	(0.06~0.12)
Ca	(mmol/L)	2.41	(2.15~2.55)
PO ₄	(mmol/L)	5.0	(0.60~1.25)
TP	(g/L)	72	(60~85)
Alb.	(g/L)	41	(37~52)
AKP	(U/L)	57	(25~120)

血样离体后, 血浆与红细胞之间长期接触会增加钾和磷从红细胞中渗出。这例病人血浆〔K⁺〕和〔PO₄〕在无任何可见的溶血现象时仍明显升高, 显然是因血样保存时间太久所引起的。如果血样取出的当天不能及时分析电解质, 应先将血细胞分离出来, 再保存血浆, 以防细胞内电解质渗出, 影响测定结果。

5. 样品污染 一个79岁老妇, 静脉滴注葡萄糖和钾, 因护

士从静脉滴注的血管上部取血样，造成化验结果误差。

血浆: Na	(mmol/L)	97	(132~144)
K	(mmol/L)	>10	(3.2~4.8)
Cl	(mmol/L)	86	(98~108)
HCO ₃	(mmol/L)	14	(21~32)
Urea	(mmol/L)	2.5	(3.0~8.0)
Creat.	(mmol/L)	0.07	(0.06~0.12)
Glu.	(mmol/L)	62	(3.0~5.5)
Ca	(mmol/L)	1.32	(2.05~2.55)
PO ₄	(mmol/L)	0.51	(0.6~1.25)
TP	(g/L)	48	(60~85)
Alb.	(g/L)	25	(30~50)
AKP	(U/L)	72	(25~100)
ALT	(U/L)	6	(<35)
Bili.	(μmol/L)	9	(<20)

由于从静脉滴入的液体稀释了血液，使大部分的分析项目测定结果偏低，尤其是钠、钙和蛋白质降低比较明显，而滴入的葡萄糖和钾使这二项测定结果显著升高。

6. 防腐剂的影响 血样取自一个42岁女病人。将血样分成2份，1份放入含有肝素锂抗凝剂的试管中，用于分析电解质、蛋白质和其他项目；1份放入含K-EDTA防腐剂的试管中，用作血沉试验。检验结果如下：

血浆: Na	(mmol/L)	141	(132~144)
K	(mmol/L)	10.3	(3.2~4.8)
Cl	(mmol/L)	94	(98~108)
HCO ₃	(mmol/L)	28	(21~32)
Urea	(mmol/L)	5.5	(3.0~8.0)
Creat.	(mmol/L)	0.07	(0.06~0.12)

TP	(g/L)	77	(64~84)
Alb.	(g/L)	46	(37~52)
Ca	(mmol/L)	0.56	(2.15~2.55)
PO ₄	(mmol/L)	0.95	(0.60~1.25)
AKP	(U/L)	<20	(25~120)
Bili.	(umol/L)	10	(<20)

经调查发现，这些奇特的结果是由于送样护士把含K-EDTA试管中的血样倒了一部分到含肝素锂的试管中所引起的，所以表现出明显的钾高、钙低(由于Ca被EDTA络合)，AKP低是由于EDTA络合了分析试剂中的镁(在AKP分析中， Mg^{2+} 作为辅助因子)。

综上所述，许多错误的分析数据在报告发出之前就应该被发现，如果能做到①医生能够把要求化验的项目与相关的临床症状和用药情况等一起提供给实验室；②临床检验人员能够掌握生化参数与疾病发展过程和治疗影响之间的关系，就可以显著提高对错误数据和无效数据的检出率。

二、分析结果的解释

一旦确认化验结果是有效的，则医生和临床检验人员就要对这些结果作出解释。

从化验室得到的是一些数值结果，这些数值给出了病人体内相应生化指标的客观现象。确定一个分析结果是正常或异常通常是比较简单的，只要与相应的参考范围进行比较就可获得结论，但从化验数据中获得有意义的诊断信息，有时就比较困难。化验结果的解释通常包括三个内容，即分析解释、统计学解释和临床解释。许多文献和资料对这方面已

有详细的介绍，这里仅介绍一些基本纲要。

1. 分析解释

(1) 分析的准确度：准确度是指测定值与真实值之间的符合程度。一个分析方法或分析测量系统的准确度是反映该方法或该测量系统，存在的系统误差和随机误差的综合指标，它决定着分析结果的可靠性。准确度用绝对误差和相对误差表示。

绝对误差 = 测定值 - 真实值

绝对误差可为正值，也可为负值。当测定值大于真实值时为正误差；反之为负误差。

相对误差为绝对误差与真实值之比的百分数：

$$\text{相对误差} = \frac{\text{绝对误差}}{\text{真实值}} \times 100\%$$

误差未加说明时，是指绝对误差。误差越小，准确度越高。可以用测量标准物质或以标准物质做回收率的测定方法来评价分析方法和测量系统的准确度。

1) 对标准物质的分析：分析已知浓度(含量)的标准物质(真实值)，将测定值与其比较。

2) 回收率的测定：在样品中加入标准物质，测定其回收率，这是目前实验室中常用的方法。如血清标本回收率的测定，可取一定份数的血清标本，每份标本再分成两部分，其中一部分加入已知量的被测物质，然后用所研究的测定方法同时对两者进行测定，将测定结果代入下式计算回收率：

$$\text{回收率} = \frac{\text{加已知量被测物标本测定值} - \text{标本测定值}}{\text{加被测物质的量}} \times 100\%$$

由于准确度很高的分析方法一般经济代价较高，且大多费时费事，很难适应临床检验的要求，加之临床检验结果总是与用同样方法制定的正常参考值作比较，因此临床检验对测定方法的准确度要求相对不是很高的。

但应注意，不同的测定方法有不同的准确度和参考值，因此在报告检验结果时应注明所用的分析方法，如能同时附上该方法的正常参值则更好，这样便于临床医师确切的解释分析结果。

(2) 分析精密度：精密度是指在一定分析条件下，每次测定值（同一样品，多次重复测定）与算术平均值之间的符合程度。数值越符合，则精密度越高，说明方法的重现性越高。在实际检验工作中，即使同一个检验者，对同一份标本用同样的方法进行重复测定，其结果也不可能完全绝对相同，这是由于分析中试剂、器材、仪器性能、电源电压、操作误差、校正因子等诸多影响因素所造成的。一个好的分析方法，要求重复测定的结果差异越小越好。

精密度通常用绝对偏差、相对偏差和标准偏差来表示。例如重复测定某一血样中钠的浓度，结果如下：

每次测定值 (mmol/L)	平均值 (mmol/L)	绝对偏差 (mmol/L)
137	139.2	-2.2
143		3.8
140		0.8
139		-0.2
137		-2.2

绝对偏差 = 测定值 - 算术平均值

绝对偏差不利于不同方法间的比较，常用相对偏差来表示：

$$\text{相对偏差} = \frac{\text{绝对偏差}}{\text{平均值}} \times 100\%$$

本例各测定值的相对偏差分别为-1.6%、2.7%、0.6%、-0.1%、-1.6%。

标准偏差用S或SD表示，计算公式如下：

$$S = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n-1}}$$

式中：x——测定值；n——测定次数； $\sum x$ ——测定值总和； $\sum x^2$ ——测定值平方的总和。

将本例测定结果代入：

$$S = \sqrt{\frac{137^2 + 143^2 + 140^2 + 139^2 + 137^2 - \frac{(696)^2}{5}}{5-1}} \\ \doteq 2.49(\text{mmol/L})$$

由于标准偏差在数理统计中属于无偏估计统计量，所以使用的最多。

2. 统计学解释 无论所得到的测定结果是否正常，都一样能为临床诊断提供有用的参考信息。医生判断测定结果是否异常，通常是与实验室提供的相应正常参考范围（The reference range）作比较。

同一个人的同一分析项目，经多次重复测定，就会发现

几乎每次测定的结果都不同，这除了由分析误差引起的变异外，还有生物学因素引起的变异，如饮酒、生理状况、生物节律等。因此最好的办法是对每个人所有的生化参数都确定一个参考范围，这样当某人患病的时候就可以和各人相应的生化参考范围相比较。但这种方法显然是行不通的，目前普遍采用的是群体参考范围。

群体参考范围是通过测定大量（ >100 个）健康人样品来确定的，所选择的参考人群应具有代表性（年龄、性别、职业等），获得的参考范围通常是按平均值 $\pm 2SD$ 来计算的。用这种方法得到的参考范围包括了所有参考人群中的95%的测定数值。定义中有5%的健康人测试值落在这个参考范围以外（分别有2.5%低于和高于设定的参考范围），被纳入异常结果一类（假阳性）。

如果能够测定大量已知引起相同分析项目异常的疾病患者，则可以建立第2种“疾病”参考范围，见图1-1。对于大多数

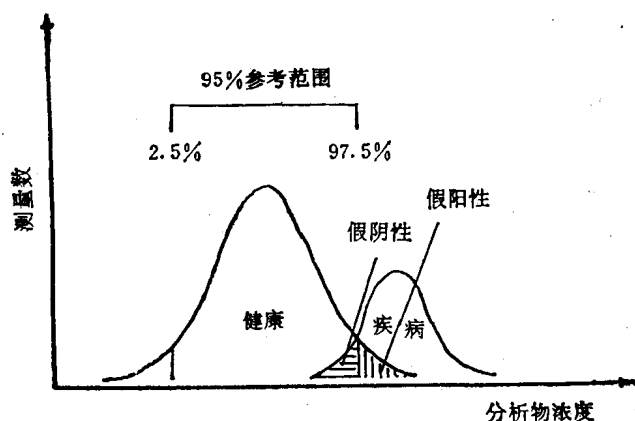


图1-1 临床检验结果的典型分布