

## 第十一章 血气分析

### 实验 69 血气分析

生命的基本特征是新陈代谢。机体需要不断地从环境中摄入营养物、水、无机盐和氧气，同时不断地排出废物，呼出二氧化碳。O<sub>2</sub>主要在机体内参与能量代谢，使代谢物释放出大量能量，以维持生命活动，在代谢过程中，不断产生 CO<sub>2</sub>并排出体外。这种消耗 O<sub>2</sub>产生 CO<sub>2</sub>的过程，是依赖于机体的气体交换系统来完成的，血液在气体交换中起着重要作用。正常人血液的酸碱度即 pH 值始终维持在一定的水平。血液酸碱度的相对恒定是机体进行正常生理活动的基本条件之一。机体每天在代谢过程中，均会产生一定量的酸性或碱性物质并不断地进入血液，都可能影响到血液的酸碱度，机体通过酸碱平衡调节机制调节体内酸碱物质含量及其比例，维持血液 pH 在正常范围内的过程，称为酸碱平衡。体内酸性或碱性的物质过多，超出机体的代偿能力，或者肺和肾功能障碍使调节酸碱平衡的功能障碍，均可使血浆中 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>与 H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>的浓度及其比值的变化超出正常范围而导致酸碱平衡紊乱。血气分析是评价病人呼吸、氧化及酸碱平衡状态的必要指标，已普遍应用于临床，对急、重症患者的监护和抢救尤为重要。

**【原理】** 用三电极法测定血液酸碱及气体，即 pH、PCO<sub>2</sub>及 PO<sub>2</sub>，再由此计算出其它酸碱平衡指标。

#### **【试剂与器材】**

1. 缓冲液 I 又称定标液，pH 7.383 左右，与血液生理值相近。
2. 缓冲液 II 也称斜标液，pH 6.841 左右，作两点（斜率）定标用。
3. 冲洗/清洁液 包括 ①冲洗液(rinse solution)，带有表面活性剂与防腐剂；②清洁液(cleaning solution)，清洁管道用；③去蛋白液(deproteinizing solution)，是含蛋白酶的溶液，定期使用以清除管道内粘附的血浆蛋白质。
4. 参比电极（内充）缓冲液 即 4mol/LKCl 溶液，在参比电极保养时经常更换。
5. 电极（填充）缓冲液 在氧电极、二氧化碳电极保养时更换。
6. 气体 对气体的要求因各厂家仪器型号不同而略有差异。一般一点定标用气体含 CO<sub>2</sub>5%、O<sub>2</sub>20%，其余为 N<sub>2</sub>。两点定标用气体含 CO<sub>2</sub>10%，其余为 N<sub>2</sub>。现代的血气分析仪可通过气体分配装置直接利用空气中的 O<sub>2</sub>和 CO<sub>2</sub>气体。
7. 器材包括恒温测定室、电极和微处理机，其中核心是三个电极。

(1) pH 电极：由玻璃电极（指示电极）、饱和甘汞电极或 Ag/AgCl 电极（参比电极）和电极间的液体组成。利用电位法测定样本的 pH 值，实际上是测定样本的氢离子浓度。电位高低与氢离子浓度的负对数成正比，结果以 pH 值的形式输出。

(2) PCO<sub>2</sub> 电极：是一种气敏电极，由 pH 玻璃电极、饱和甘汞电极和装有电极液（外缓冲液）的电机套组成的复合电极。电机套头部装有 CO<sub>2</sub> 透气膜，此膜为聚四氟乙烯膜或硅橡胶膜，它能选择性地透过 CO<sub>2</sub> 分子，而带电荷的 H<sup>+</sup> 和 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 则不能通过。血液中 CO<sub>2</sub> 分子通过膜与碳酸氢盐平衡改变了 pH 而被测定，结果换算成 PCO<sub>2</sub>。

(3) PO<sub>2</sub> 电极：由铂阴极、Ag/AgCl 阳极和一盛有 PO<sub>2</sub> 电极缓冲液（含 KCl 的磷酸盐缓冲液）的有机玻璃套组成。玻璃套的顶端覆盖一层能选择性透过 O<sub>2</sub> 的聚丙烯膜。在铂丝阴极外加 -0.65V 极化的直流电压，当样本中的 O<sub>2</sub> 透膜扩散到铂阴极表面时被还原，所产生的电解电流与 PO<sub>2</sub> 成正比。

### 【操作步骤】

1. 标本的采集 采血是进行血气分析十分重要的环节，样品采集和保存不当，均可造成结果的偏差。采血要求：①病人处于安静状态下；②合理的采血部位，一般桡动脉是取动脉血的理想部位，也可用动脉化毛细血管血；③肝素抗凝，抗凝剂用 1000U/ml 肝素钠。动脉采血前，用干燥空针抽吸肝素湿润内腔，推出多余肝素，空针死腔中留下的肝素（约 0.1ml）足以抗凝 2ml 全血，采血完后针筒在两手掌间轻搓混匀；④严格隔绝空气，穿入动脉后，由于动脉压力可使针筒活塞自动上升，采完后离体的针头立即刺入一橡皮塞，使血液与空气隔绝；⑤抽血后立即送检，如血标本不能及时测定，最好将其保存于 4℃ 环境中，但也不得超过 2 小时；⑥如病情许可，最好在停止给氧 30 分钟后再采血，否则应注明给氧浓度。

2. 测定 自动化血气分析仪 24h 开机，能定时自动定标。仪器随时处于待命状态，一旦有标本即可上机分析。

(1) 进样：进样前将标本再次混匀，打开进样器，自动或手动进样，进样前挤去针筒头部血液少许。若用毛细血管血，则选择毛细管方式进样。注意血液必须无凝块，否则会造成小管道的堵塞。

(2) 输入数据：①大气压 (PB)，现今大部分仪器能自动测量无需输入；②患者体温，患者体温每升高 1℃，血液 pH 可下降 0.0147；③患者 Hb 值，部分仪器也能自动测定 Hb；④吸入氧浓

度 (FIO<sub>2</sub>%), 若医生注明吸入氧浓度为 L/min, 则按以下公式换算为%浓度输入:  $L/min \times 4 + 21 = FIO_2\%$ ; ⑤呼吸商 (RQ), 大部分仪器已用 0.8~0.85 设定, 可不予更改。

(3) 报告: 仪器自动测量, 打印出结果, 发出报告。

(4) 仪器再度处于待命状态, 随时接受下一个标本。

3. 仪器的维护保养 为使测定结果准确可靠, 除应严格按照各仪器的操作规程进行操作、校正和测定外, 还应注意维护保养, 否则测定结果会受到影响。

(1) 日维护: 检查各试剂量是否充足, 气体压力是否在规定范围内, 倒掉废液瓶, 擦去血迹等。

(2) 周维护: 用清洁液、去蛋白液清洁管道。

(3) 每月或每季对电极的保养。

1) pH 电极: 其电极芯为 Ag/AgCl 电极, 其中灌注内缓冲液, 留有一小气泡, 此气泡不宜过大, 使用过程中如气泡增大说明密封不好, 有渗漏现象, 不能继续使用。电极用久后可能老化, 使反应低下甚至不能正常工作, 则需更换新电极。血浆蛋白对电极污染会出现反应异常, 可用去蛋白液浸泡半小时, 然后用 pH 7.383 缓冲液洗涤。若仍无改善, 可检查参比电极, 更换内充液和参比电极膜。

2) PCO<sub>2</sub> 电极: 其性能基本同 pH 电极, 所不同的是 PCO<sub>2</sub> 电极需装尼龙网及渗透膜和注入外缓冲液 (也有些仪器尼龙网已固定在电极玻璃膜上, 只要更换渗透膜)。渗透膜应平整, 不能有皱纹、裂缝和针眼并保持清洁。渗透膜及尼龙网与敏感玻璃膜紧贴, 不能夹有空气, 否则可致反应速度变慢, 显示不稳定, 引起测定误差。定期更换电极外 (或内) 填充液 (缓冲液), 外缓冲液不宜装得过满, 应留有小气泡, 使温度升高时有膨胀余地, 以免电极膜变形影响测定结果。用随机所带清洁剂清洗电极。如换缓冲液后电极反应低下, 则更换渗透膜。

3) PO<sub>2</sub> 电极: 长期使用后其阴极端的磨砂玻璃上会有 Ag 或 AgCl 沉积, 使电极灵敏度改变, 最好在细砂纸上滴几滴 PO<sub>2</sub> 电极外缓冲液, 磨去沉积, 再用外缓冲液洗净。渗透膜及电极外缓冲液更要定期更换, 方法与 PCO<sub>2</sub> 电极同。

4) 参比电极: pH 测量系统的故障大多数是参比电极影响所致, 因而参比电极的安装和更换很重要。KCl 溶液易渗出产生结晶, 电极膜及电极套要定期更换。

## 【临床意义】

### 1. 酸碱度 (pH)

**【参考范围】** 动脉血：7.35~7.45；静脉血：7.32~7.42

**【临床意义】** 血液的酸碱度必须维持在一定范围内，才能维持细胞的正常代谢。 $\text{HCO}_3^-$ 与 $\text{H}_2\text{CO}_3$ 的比值是决定血液pH值的主要因素，两者任何一方改变均能影响pH值，而且互相间可进行代偿性增高或减低，如同时按比例增高或下降，其pH值不变。因此pH值应用有它的局限性：  
①pH值只能决定是否有酸血症或碱血症， $\text{pH}>7.45$ 为碱血症， $\text{pH}<7.35$ 为酸血症，pH值正常不能排除有无酸碱失衡；②单凭pH不能区别是代谢性还是呼吸性酸碱平衡失调。

## 2. 非呼吸性pH (pHNR)

**【参考范围】** 同pH基本一致。

**【临床意义】** 将血标本用5.33kPa(40mmHg)的 $\text{CO}_2$ 平衡后所测得的pH值为pHNR，是排除了呼吸因素干扰的pH值。该项指标排除了呼吸因素的干扰，因此pHNR是更能反映代谢性酸碱平衡的一个指标，正常人pHNR与血液pH值应基本一致。pH大于或小于pHNR，说明pH有呼吸因素介入，为呼吸性酸中毒或呼吸性碱中毒。当患者 $\text{PCO}_2$ 恢复正常时，其 $\text{pHNR} = \text{pH}$ 。分析pHNR与pH的动态变化对于调整治疗方案、观察疗效及预后起到一定参考作用。

## 3. 动脉血氧分压 ( $\text{PaO}_2$ )

**【参考范围】** 10.0~13.3kPa(75~100mmHg)

**【临床意义】**  $\text{PaO}_2$ 是指血浆中物理溶解氧的张力。氧在血液中溶解量的多少与氧分压成正比。而吸入气体氧分压的高低决定于吸入气体中氧的浓度。当氧从肺泡进入血液后，大部分进入红细胞与血红蛋白结合，形成 $\text{HbO}_2$ ，Hb与 $\text{O}_2$ 的化学结合是一种可逆结合，当血液中 $\text{PaO}_2$ 升高时，Hb与 $\text{O}_2$ 结合形成 $\text{HbO}_2$ ； $\text{PaO}_2$ 降低时， $\text{HbO}_2$ 离解，形成Hb并释放 $\text{O}_2$ 。因此，血液中 $\text{PaO}_2$ 越高，则 $\text{HbO}_2$ 的百分比也越高。氧分压与组织供氧情况密切相关，各种气体总是从分压高的部分向分压低的部分弥散，直至分压平衡为止。当动脉血 $\text{PaO}_2$ 低于2.67kPa(20mmHg)时，组织就失去了从血液中摄取氧的能力。 $\text{PaO}_2$ 是缺氧的敏感指标。 $\text{PaO}_2$ 下降见于肺部通气和换气功能障碍， $\text{PaO}_2$ 低于7.31kPa(55mmHg)即有呼吸衰竭。氧分压低使脑血流量增加(脑血管扩张)减轻脑组织缺氧，氧分压低于4kPa(30mmHg)以下即有生命危险。 $\text{PaO}_2$ 升高主要见于输 $\text{O}_2$ 治疗过度，上升幅度与所用 $\text{O}_2$ 的浓度有关。

## 4. 氧饱和度 ( $\text{SatO}_2$ )

**【参考范围】** 91.9%~99.0%

**【临床意义】** SatO<sub>2</sub>为血红蛋白实际结合氧量与应当结合氧量之比，亦为动脉血氧与血红蛋白结合的程度： $SatO_2 = HbO_2 / (HbO_2 + Hb) \times 100\%$ 。血氧含量是指机体血液中与Hb实际结合的氧量；而氧结合量则是指血液中的Hb在完全充分和氧结合后(HbO<sub>2</sub>)所含的氧量。

每克血红蛋白的氧达饱和时，可结合氧1.39ml。SatO<sub>2</sub>与PaO<sub>2</sub>成正比例关系，当PaO<sub>2</sub>降低时，SatO<sub>2</sub>也随之降低；当PaO<sub>2</sub>升高时，SatO<sub>2</sub>也随着升高；若以PaO<sub>2</sub>值为横坐标，血氧饱和度为纵坐标作图，即得氧解离曲线。氧解离曲线为“S”形，当PaO<sub>2</sub>由13.3kPa(100mmHg)逐渐下降至7.98kPa(60mmHg),其SatO<sub>2</sub>只降低5%~7%，处于氧解离曲线的平坦段；当PaO<sub>2</sub>处于7.98kPa以下时，PaO<sub>2</sub>稍有下降，即可导致SatO<sub>2</sub>急剧下降，此时可发生严重缺氧状态。由此可推出缺氧时吸氧的治疗价值，如果PaO<sub>2</sub><5.32kPa(40mmHg)只给予低流量氧吸入即可明显地提高氧饱和度。如PaO<sub>2</sub>>7.98kPa(60mmHg)，吸氧对氧饱和度的影响不大。

#### 5. 血红蛋白50%氧饱和度时氧分压(P<sub>50</sub>)

**【参考范围】** 3.32~3.86kPa(25~29mmHg)

**【临床意义】** 氧解离曲线受各种因素的影响会发生左移或右移。观察曲线左移或右移的指标为P<sub>50</sub>，P<sub>50</sub>是指血红蛋白50%氧饱和度时的氧分压。正常人在体温37℃、pH7.4、PCO<sub>2</sub>5.32kPa(40mmHg)时，P<sub>50</sub>等于3.54kPa(26.6mmHg)。P<sub>50</sub>可反映血液输氧能力以及氧与血红蛋白的亲合力。P<sub>50</sub>增加，提示氧解离曲线右移，氧与Hb的亲合力降低，Hb易释放氧。P<sub>50</sub>降低，提示氧解离曲线左移，氧与Hb亲合力增加，Hb易结合氧。因此，P<sub>50</sub>降低时，尽管SatO<sub>2</sub>较高，实际上组织仍然缺氧。影响P<sub>50</sub>的因素很多，凡能影响氧与Hb结合的因素均可影响P<sub>50</sub>。pH增高，曲线左移，pH降低，曲线右移；PCO<sub>2</sub>增高，曲线右移，PCO<sub>2</sub>降低，曲线左移；体温高曲线右移，体温低曲线左移；红细胞内2, 3DPG(2, 3二磷酸甘油酸)增高曲线右移，减低曲线左移。

#### 6. 二氧化碳分压(PCO<sub>2</sub>)

**【参考范围】** 4.67~6.00kPa(35~45mmHg)

**【临床意义】** PCO<sub>2</sub>是指血浆中物理溶解CO<sub>2</sub>的压力。CO<sub>2</sub>的弥散能力较大，约为O<sub>2</sub>的25倍，血液PCO<sub>2</sub>基本反映了肺泡PCO<sub>2</sub>的平均值。PCO<sub>2</sub>代表酸碱平衡失调中的呼吸因素，它的改变可直接影响血液pH。PCO<sub>2</sub>的升高或降低，有原发性和继发性两种原因所致。PCO<sub>2</sub>与CO<sub>2</sub>的产生成正比关系，它与肺泡通气量成反比关系。PCO<sub>2</sub>的意义在于：①判断肺泡通气状态；PCO<sub>2</sub>升高表示肺泡通气量降低，PCO<sub>2</sub>降低则表示肺泡通气量增加，为肺泡通气过度。②判断呼吸性酸

碱失衡的性质。 $PCO_2 < 4.65kPa(35mmHg)$ 提示通气过度，有呼吸性碱中毒存在。 $PCO_2 > 6.65kPa(50mmHg)$ 提示正常的呼吸机制已不健全，体内有 $CO_2$ 的滞留。③判断代谢性酸碱失衡的代偿情况。在代谢性酸中毒时，若 $PCO_2$ 下降，提示已通过呼吸进行代偿；代谢性碱中毒时，若 $PCO_2$ 上升，亦提示已有代偿。

#### 7. 二氧化碳总量 ( $TCO_2$ )

**【参考范围】** 24~32mmol/L，均值 28mmol/L。

**【临床意义】**  $TCO_2$ 是指存在于血浆中各种形式的 $CO_2$ 的总和。其中大部分(95%)是 $HCO_3^-$ ，少量为物理溶解，还有少量以碳酸、蛋白质氨基甲酸酯及 $CO_3^{2-}$ 等形式存在。 $TCO_2$ 在体内受呼吸及代谢两方面因素的影响，但主要受代谢因素影响。其实际计算公式： $TCO_2 = [HCO_3^-] + PCO_2 \times 0.03mmol/L$ 。当 $CO_2$ 潴留或体内 $HCO_3^-$ 增多时，使 $TCO_2$ 升高；当 $CO_2$ 或 $HCO_3^-$ 减少时，则 $TCO_2$ 降低。

#### 8. 二氧化碳结合力 ( $CO_2CP$ )

**【参考范围】** 23~31mmol/L 或 50~70vol%

**【临床意义】**  $CO_2CP$ 表示来自 $HCO_3^-$ 和 $H_2CO_3$ 两者所含的 $CO_2$ 的总量，故受代谢性和呼吸性两方面因素的影响。其数值减少可能是代谢性酸中毒或呼吸性碱中毒，增加则可能是代谢性碱中毒。如无呼吸因素的影响，则表示血中 $HCO_3^-$ 的量。

#### 9. 实际碳酸氢盐 (AB) 和标准碳酸氢盐 (SB)

**【参考范围】** AB: 21.4~27.3mmol/L，均值 24mmol/L; SB: 21.3~24.8mmol/L，均值 23mmol/L

**【临床意义】** AB是指人体血浆中实际的 $HCO_3^-$ 含量，其增减可直接影响pH的稳定。当机体发生代谢性酸碱失衡时，由于缓冲作用，体内较多的固定酸或固定碱可使 $HCO_3^-$ 浓度随之改变。如代谢性酸中毒时血中 $HCO_3^-$ 下降；代谢性碱中毒时血中 $HCO_3^-$ 增加。因此，AB是体内代谢性酸碱失衡的重要指标，但其含量也受呼吸因素改变的影响，可因呼吸性酸碱紊乱的 $PCO_2$ 变化继发性改变，为了排除呼吸因素的影响，在特定条件下计算出的 $HCO_3^-$ 数值即为SB。SB是指在体温 $37^\circ C$ 时 $PCO_2$ 在 $5.32kPa(40mmHg)$ ，血红蛋白在100%氧饱和条件下测出的 $HCO_3^-$ 的含量。此结果是计算值，排除了呼吸因素的影响，反映代谢因素，因此称为标准碳酸氢盐。SB减少为代谢性酸中毒，SB的增高为代谢性碱中毒。SB是代谢变化的较好指标，但不能表明体内 $HCO_3^-$ 的实际量，在酸碱失衡诊断上应把AB与SB两个指标结合起来分析，才更有参考价值。

AB 与 SB 两者皆正常，为酸碱内稳正常；AB 与 SB 两者均低于正常，为代谢性酸中毒未代偿；AB 与 SB 两者均高于正常，为代谢性碱中毒未代偿；AB>SB 提示 CO<sub>2</sub> 潴留，多见于通气功能不足所致的呼吸性酸中毒；AB<SB 提示 CO<sub>2</sub> 排出过多，见于通气过度所致的呼吸性碱中毒。

#### 10. 缓冲碱(BB)

**【参考范围】** BB<sub>p</sub> : 40~44mmol/L, 平均 42mmol/L

BB<sub>b</sub> : 46~52mmol/L, 平均 48mmol/L

BB<sub>Hb5</sub> : 43.8mmol/L

**【临床意义】** BB 是 1L 全血或血浆中所有结合 H<sup>+</sup> 的碱的总和，包括 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>、Pr<sup>-</sup>、Hb<sup>-</sup> 和少量 HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>。缓冲碱有以下几种形式：①血浆缓冲碱(BB<sub>p</sub>)是由血浆中 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 和 Pr<sup>-</sup> (蛋白质阴离子) 组成。②全血缓冲碱(BB<sub>b</sub>)是由血浆中 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 和 Pr<sup>-</sup>、Hb<sup>-</sup> 和少量 HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 组成。③细胞外液缓冲碱(BB<sub>ecf</sub>)是由血浆中 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 和 Pr<sup>-</sup> 加上血红蛋白相当于 50g/L 时的缓冲碱(BBH<sub>b5</sub>) 的总和。因为正常人 Hb 是以 150g/L 计算，血液在细胞外液中占 1/3 量，因此，细胞外液以 Hb50g/L 计算。但实际上 Hb 并非都是 150g/L，应根据病人实测血红蛋白进行计算细胞外液缓冲碱 (BBH<sub>b1/3</sub>)。④正常缓冲碱 (NBB) 是指在 37℃ 时，一个标准大气压下，使血样在 PCO<sub>2</sub> 为 5.32kPa 的氧混合气中平衡，血红蛋白充分氧合并调整 pH 至 7.40，此时测得血样的 BB 值为 NBB。

BB 升高时，表示有代谢性碱中毒；反之则有代谢性酸中毒存在。由于 BB 指标不仅受血浆蛋白和血红蛋白明显影响，而且还受呼吸因素及电解质的影响。因此，它不能确切反映代谢性酸碱平衡情况。但 BB 比 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 更能全面地反映体内中和酸的能力。

#### 11. 剩余碱 (BE) 或碱不足 (BD)

**【参考范围】** -3~+3mmol/L 平均为 0mmol/L

**【临床意义】** BE 是指在标准条件下，即温度 37℃ 时，一个标准大气压，PCO<sub>2</sub> 为 5.32kPa (40mmHg)，血红蛋白完全氧合，用酸或碱将一升血液的 pH 调整至 7.40，所需加入之酸碱量就是 BE 或 BD。ΔBB=BB-NBB。BE 可分为 BE<sub>p</sub>、BE<sub>b</sub>、BEH<sub>b5</sub> 或 BEH<sub>b1/3</sub>，分别表示血浆、全血或细胞外液碱储量增加或减少的量。代谢性酸中毒时 BE 减少，在 BE 前加“-”符号，表示碱不足；相反，在代谢性碱中毒时 BE 增加，在 BE 前加“+”符号，表示碱剩余。正常人 BE 值在 0 附近波动。BE 为正值增加时，说明缓冲碱增加，为代谢性碱中毒；BE 为负值增加时，说明缓冲碱减少，为代谢性酸中毒。呼吸性酸碱中毒时，由于肾脏的代偿，也可使 BE 发生相应改变。

## 12. 阴离子间隙 (AG)

**【参考范围】** 8~12mmol/L 平均 12mmol/L

**【临床意义】** 阴离子间隙指血清中所测定的阳离子总数与阴离子总数之差。其计算公式如下： $AG(\text{mmol/L}) = \text{Na}^+ - [\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-]$

AG 是近年来评价体液酸碱状况的一项重要指标，它可鉴别不同类型的代谢性酸中毒，是早期发现代谢性酸中毒合并代谢性碱中毒，慢性呼吸性酸中毒合并代谢性碱中毒，呼吸性碱中毒合并代谢性酸中毒，混合性代谢性酸中毒及三重性酸碱失衡的有用指标。其意义在于：①AG 增加： $[\text{H}^+]$ 增加引起的代谢性酸中毒，如糖尿病酮症酸中毒、乳酸中毒和肾功能不全等，有机酸增高， $\text{HCO}_3^-$ 被消耗，pH 值降低。②AG 正常型： $\text{HCO}_3^-$ 浓度降低而血氯增高的病人，如腹泻失去  $\text{HCO}_3^-$  而  $\text{Cl}^-$  增加，肾小管中毒对  $\text{HCO}_3^-$  重吸收障碍及  $\text{H}^+$  排泄障碍，同样  $\text{HCO}_3^-$  而  $\text{Cl}^-$  增加，AG 正常。AG 减少型少见。

### **【注意事项】**

1. 为使仪器始终处于稳定的工作状态，有利于对电极的保护，应使仪器 24h 开机运转。由于种种原因不能 24h 开机时，开机后应待仪器预热到  $37^\circ\text{C}$  1~2h 后再使用，否则可能出现明显的漂移现象。

2. 血气分析的重要影响因素是标本，有时标本因素引起的误差大于仪器因素。标本用肝素抗凝，无凝块；动脉血标本不能接触空气，不能含气泡，应及时送检。

3. 测定前血标本必须充分混匀，特别对能测定 Hb 的全自动血气分析仪更应注意，否则 Hb 浓度既测不准确又缺乏重现性。由于 Hb 的测定误差，也影响到了剩余碱、氧饱和度、氧含量等结果的可靠性。

4. 患者体温、Hb 浓度、吸入氧浓度等数据必须正确输入，否则对测定结果有较大影响。

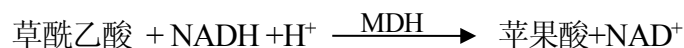
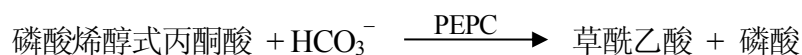
5. 定期定时做好仪器的质量控制，通常有三个或二个不同浓度的质控品，仪器生产厂家一般都可提供商品质控物。如遇失控情况，注意观察和寻找原因，及时保养仪器、更换电极膜等。

## 实验 70 酶法测定血浆二氧化碳

**【原理】** 血浆(清)中的碳酸氢根在磷酸烯醇式丙酮酸羧化酶(PEPC)的催化下和磷酸烯醇式



丙酮酸 (PEP)反应, 生成草酰乙酸和磷酸, 草酰乙酸和苹果酸脱氢酶 (MDH) 反应,生成苹果酸, 同时将 NADH 氧化成 NAD<sup>+</sup>,在 340nm 处吸光度的降低与样品中 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>含量成正比,反应式如下:



### 【试剂与器材】

#### 1. 试剂

试剂成分	在反应液中参考浓度
Tris-HCL 缓冲液	50mmol/L
PEP	1.8mmol/L
PEPC	≥300U/L
MDH	≥1250U/L
NADH	>0.3mmol/L
硫酸镁	10mmol/L
草氨酸钠	2.5mmol/L
反应液 pH	8.0±0.15

此试剂用煮沸去除 CO<sub>2</sub> 的蒸馏水复溶, 复溶后的试剂加盖存放在 4℃冰箱中可用数小时。

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>标准液: 30mmol/L。

2. 仪器 具有 340nm 波长和恒温装置的分光光度计, 或生化自动分析仪。

### 【操作步骤】

1. 标本处理 采集静脉血 2ml, 置于含有石蜡油的肝素抗凝剂的试管中, 混匀, 迅速分离血浆, 及时进行测定。

2. 手工法测定: 取试管 3 支, 标明测定、标准和空白管, 然后按表 11-1 进行操作。

表 11-1 酶法测定操作步骤

加入物	测定管	标准管	标本空白管
酶试剂	2.0	2.0	—
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 标准液	—	0.01	—
血浆 (清)	0.01	—	0.01
蒸馏水	—	—	2.0

混匀，放 37℃ 孵育 5min，以蒸馏水调零，在 340nm 波长，10mm 光径比色杯，分别读取各管的吸光度。按下式计算出  $\text{HCO}_3^-$  含量：

$$\text{HCO}_3^- (\text{mmol/L}) = \frac{\text{试剂空白吸光度} - \text{样品吸光度}}{\text{试剂空白吸光度} - \text{标准吸光度}} \times 30\text{mmol/L}$$

3. 生化自动分析法：准备好复溶试剂和待测样品及标准液，然后根据仪器不同性能，设置不同特定参数，具体操作步骤见各型全自动生化分析仪操作说明书。

**【参考范围】** 22-34mmol/L

建议每个实验室用自己的试剂及仪器，建立本地区男女正常参考值范围。

**【临床意义】** 见实验 69

**【注意事项】**

1. 不要用口吸样品和试剂，以防呼出气体的  $\text{CO}_2$  混入。
2. 在准备试剂和收集标本时，应严格做好密封工作，以最大限度地减少干扰。应采用新鲜煮沸的去  $\text{CO}_2$  蒸馏水 ( $\text{pH} > 6.5$ ) 复溶试剂，复溶后应加盖密封保存于 2-8℃，应用时应置于小口试剂瓶中并立即使用。
3. 严重脂血溶血和黄疸标本应做标本空白管。
4. 用肝素抗凝。草酸盐、柠檬酸盐和 EDTA 都不宜使用。
5. 内源性丙酮酸和 LD 的干扰可由草氨酸钠消除。