

动脉穿刺和血气分析

动脉穿刺

【目的】

为监测动脉血相关指标、检测动脉血压、血管造影及其它相关疾病治疗进行单次性穿刺、放置套管针、动脉导管术、动静脉瘘等技术。

【适应证】

1. 严重休克的急危重病人，需经动脉快速输液或输血，提高有效血容量、血压，改善心、脑、肾等重要器官的供血，以争取时间。
2. 各种需检查和监测动脉血气的情况。
3. 手术、麻醉及急危重症病人需监测动脉血压。
4. 特殊检查和治疗：选择性动脉造影、或注射抗肿瘤药物，行区域性化疗治疗、心脏介入治疗、血液透析治疗等。

【禁忌证】

1. 有严重出血倾向者。
2. 慢性严重心、肺或肾疾病、晚期肿瘤等不能耐受者。
3. 穿刺局部有感染者。
4. 穿刺动脉有痉挛、血肿、动脉瘤或血栓形成。
5. 动脉闭塞或由于纤维疤痕等因素导致穿刺困难者。

【物品及器材】

口罩、帽子、无菌手套。

2~2.5%碘酊，70~75%酒精或安尔碘等消毒液、消毒棉签（球），无菌纱布。

清洁弯盘、橡皮塞、试管、笔、砂轮。

动脉留置导管（内径 1.1mm），导引钢丝（内径 1.1mm）、金属穿刺针（内径 1.1mm）、三通、套管针（成人 20G，儿童 22G 或 24G）、无菌注射器（5ml）、小切开包（无菌持物钳，）延伸连接管、加压装置、测压装置。

0.1%肾上腺素、抗凝剂（0.4%枸橼酸钠生理盐水冲洗液或肝素生理盐水冲洗液）。

需要时备输液或输血用物。

【术前准备】

1. 操作者熟悉患者病情，熟练掌握本操作的技术。
2. 与患者或家属沟通和解释操作的目的，操作简要过程，取得理解与配合。
3. 根据所选部位进行局部备皮。
4. 器械准备等。

【操作关键步骤】

1. 备齐用物携至床旁，查对床号、姓名、治疗项目等。
2. 再次向患者或者家属解释操作目的、方法。

3. 再次查对检查注射器的包装、有效期等。
4. 洗手、戴口罩、帽子。
5. 可选的动脉
 桡动脉、肱动脉、腋动脉、尺动脉、股动脉、足背动脉，新生儿可用脐动脉插管。
6. 穿刺点
 桡动脉：病人腕部伸直掌心向上，手自然放松，穿刺点位于手掌横纹上 1~2cm 动脉搏动处。
 肱动脉：病人上肢伸直稍外展，掌心向上，穿刺点位于肘横纹上方的动脉搏动处。
 股动脉：病人仰卧，下肢伸直稍外展，穿刺点位于腹股沟韧带中点下方 1~2cm 动脉搏动处。

具体操作步骤

用于检测血气分析

桡动脉穿刺

1. 腕下垫纱布卷，背伸位，常规皮肤消毒、铺洞巾。
2. 桡动脉穿刺点：桡骨茎突近端 1cm 处。
3. 术者立于病人穿刺侧，戴无菌手套，以左手示指和中指在桡侧腕关节上 2cm 动脉搏动明显处固定欲穿刺的动脉。
4. 右手持注射器（已用肝素生理盐水冲洗），在两指间垂直或与动脉走向呈 40 度角刺入。
5. 如见鲜红色血液直升入注射器，表示已刺入动脉。用左手固定原穿刺针的方向及深度，右手采血 2ml。
6. 操作完毕，迅速拔出针头，局部加压不得少于 5 分钟。
7. 抽取动脉血后，排出注射器内气体，立即将注射器针头插入橡皮塞内，防止空气进入，影响检测结果。

股动脉穿刺

1. 协助病人取仰卧位，下肢伸直略外展外旋，常规消毒穿刺部位皮肤。
2. 股动脉穿刺点：皮肤进针处应选择腹股沟韧带下 2~3cm 处，多数在皮肤皱褶下 1cm 左右，股动脉搏动最强点的部位。
3. 术者在穿刺侧，左手食指和中指触及股动脉搏动最明显处并固定。
4. 右手持注射器（已用肝素生理盐水冲洗），在两指间垂直或者与动脉走向呈 40 度角刺入。
5. 如见鲜红色血液直升入注射器，固定注射器，右手采血 2ml。
6. 操作完毕，迅速拔出针头，局部加压不得少于 5 分钟。
7. 抽取动脉血后，排出注射器内气体，立即将注射器针头插入橡皮塞内，防止空气进入，影响检测结果。

用于连续测动脉血压

套管针法

桡动脉

1. 常规消毒铺巾，1%利多卡因局麻。
2. 距动脉搏动最明确处 0.5~1.0cm，相应型号套管针穿入皮肤。
3. 针头方向与血流方向相对。
4. 针干与皮肤的角度根据患者的胖瘦和动脉的深浅而定，越瘦越表浅角度约小，约 10° 左

右。

5. 在退出针芯可见有鲜红色动脉血喷出即表明穿刺成功。
6. 迅速将送入的套管与测压管连接。
7. 固定套管。

钢丝导引法

桡动脉

1. 通常选用左手。
2. 将病人的手和前臂固定在木板上，手腕下垫纱布卷，使手腕背屈 60° 。
3. 术者的左手中指触及桡动脉，在桡骨茎突近端定位，示指在其远端轻轻牵拉，穿刺点在两手指间。
4. 常规消毒皮肤、铺巾，用 1% 普鲁卡因或利多卡因局部及动脉周围浸润麻醉。注意麻醉药不宜过多，以免影响对桡动脉搏动的触摸。
5. 术者右手持针，与皮肤呈 15° 角进针，对准中指触及的桡动脉方向，在接近动脉时才刺入动脉。
6. 如有血液从针尾涌出，即可插入“J”型导引钢丝；如无血液流出，可徐徐退针，直至有血液涌出，表示穿刺成功。
7. 插入导引钢丝时应无阻力，**若有阻力不可插入**，否则将穿透动脉进入软组织内。
8. 将钢丝由针腔送入动脉后，然后退出金属穿刺针，将钢丝留置在动脉内，盐水纱布擦拭导引钢丝上的血迹。
9. 将动脉导管沿钢丝导入动脉，再将钢丝撤出，可见动脉血由导管喷射出。
10. 迅速连接测压管。
11. 固定套管。

股动脉

1. 腹股沟韧带下方 2cm 左右，股动脉搏动表面，三指确定动脉走向。
2. 常规消毒铺巾，1%利多卡因局部及动脉周围浸润麻醉。
3. 针头方向与血流方向相对，穿刺针与皮肤成 45° 进针，针进入动脉时可见鲜红色动脉血喷出。
4. 如有血液从针尾涌出，即可插入“J”型导引钢丝；如无血液流出，可徐徐退针，直至有血液涌出，表示穿刺成功。
5. 插入导引钢丝时应无阻力，若有阻力不可插入，否则将穿透动脉进入软组织内。
6. 将钢丝由针腔送入动脉，然后退出金属穿刺针，将钢丝留置在动脉内，盐水纱布擦拭导引钢丝。
7. 将动脉导管沿钢丝导入动脉，再将钢丝撤出，可见动脉血由导管喷射出。
8. 迅速连接测压管。
9. 固定套管。

【注意事项】

1. 严格执行查对制度。
2. 严格无菌操作，以防感染。
3. 如抽出暗黑色血液表示可能误入静脉，应立即拔出，压迫穿刺点 3~5 分钟。
4. 一次穿刺失败，切勿反复穿刺，反复穿刺会引起动脉痉挛和损伤血管，并使穿刺更为困难。

5. 穿刺后妥善压迫止血 3~5 分钟，防止局部血肿形成；压迫后仍出血不止者，则需加压包扎至完全止血。
6. 排尽空气。
7. 发现有血块应抽出，不可注入。
8. 末梢循环不良的应更换穿刺部位。
9. 经常用肝素盐水冲洗，肝素浓度为 2u/ml，留置的导管应采用肝素液连续冲洗，以保证管道通畅，避免局部血栓形成和远端栓塞。
10. 尽量缩短留置时间，置管时间不宜超过 4~7d，以防发生导管源性感染。
11. 经动脉介入检查与治疗时，由于股动脉内径大、技术容易掌握、血液循环不容易受损、可根据需要置入较大鞘管等优点，股动脉穿刺置管成为最常选择。
12. 如果股动脉在 1 周内曾被穿刺过，最好使用对侧股动脉。穿刺点过高可能使穿刺针越过腹股沟韧带，使术后止血困难。穿刺点过低，则因股动脉进入收肌管位置较深，穿刺不易成功，且有动脉分支，另有股静脉走行于股动脉下方，容易造成动静脉瘘。
13. 局麻时，估计到达动脉深度后，在其周围进行浸润麻醉。每次注药前先回抽注射器，证实无回血后再行注入。以后边退针边注入，以逐层麻醉皮下组织。
14. 送入导引钢丝后，退出穿刺针，用盐水纱布擦拭外面导引钢丝避免血凝块被带入血管。
15. 经桡动脉穿刺置管时，需要进行 Allen 试验，评价穿刺侧手掌是否存在双重血供及其程度。阳性者不应做穿刺（Allen 试验方法为：嘱病人握拳，观察两手指尖，同时压迫桡、尺动脉，然后在放松压迫尺动脉的同时，让病人松拳，观察手指的颜色。如 5s 内手掌由苍白变红，则表明桡动脉侧支循环良好，Allen 试验阴性；如长于 5s 手掌的颜色仍不变红，提示桡动脉侧支循环不佳，Allen 试验阳性）。
16. 有以下情况者更宜选择桡动脉穿刺置管：腹主动脉以下的血管病变（髂动脉、股动脉），如严重狭窄或闭塞、血管重度扭曲、夹层等，使之不能选择股动脉路径；服用华法林等抗凝药物；由于心功能差等原因患者不能长时间平卧。
17. 如果患者需要再次经已经穿刺过的桡动脉行介入治疗，则可行反式 Allen 试验：同时压迫桡动脉和尺动脉后释放桡动脉以检测是否存在无症状性近端桡动脉梗阻，如果异常，则不宜选择该桡动脉途径再次行介入治疗。
18. 导丝送入若有阻力不可硬性插入，原因有血管弯曲、痉挛、动脉闭塞或狭窄、钢丝进入小的血管分支、血管解剖变异或钢丝进入血管内膜引起夹层。

【并发症及解决方法】

并发症

由于所选择穿刺的动脉，各种并发症发生概率不尽相同，主要并发症包括：出血与血肿、感染、血管损伤、血栓和栓塞、动脉痉挛、感染、周围组织和神经损伤。

发生原因及解决方法

1. 出血与血肿

规范操作，尽量一次穿刺成功，避免多次穿刺；严格掌握肝素用量，防止用量过大；正确的压迫止血方法和延长压迫时间；稳定后可考虑局部理疗，促进血肿吸收；避免大幅度活动穿刺侧肢体和过早下床，密切观察穿刺局部纱布有无渗血及穿刺部位周围有无肿胀。监测患者血压、血红蛋白，必要时借助超声检查判断出血部位。若出血加重，考虑外科手术或介入处理。

2. 感染

轻度的局部感染可以局部消毒、换药、引流，口服或静脉使用抗生素。出现菌血症时应根据血培养结果选择敏感抗生素，必要时外科手术治疗。

3. 血管损伤

1) 动脉夹层：

多见于股动脉、髂动脉及腹主动脉。

术前对穿刺血管的认真、仔细检查与评价，穿刺针刺入动脉回血顺畅再送入导丝；推送导丝过程中，动作轻柔，如遇阻力，切忌盲目用力，应选择带亲水涂层的超滑导丝，可在 X 线透视下缓慢推送导丝，导丝通过扭曲、狭窄的病变后，沿导丝缓慢送入动脉鞘管，且尽可能选择小鞘管；对于严重狭窄、扭曲的髂动脉、腹主动脉，应选择长鞘管以减少介入检查或治疗导管对血管的损伤。动脉夹层一经确诊，需密切监测患者重要生命体征及血红蛋白，视病情决定内科保守治疗抑或外科手术治疗；一般夹层不影响肢体供血可不处理；严重夹层可行支架置入术或外科手术治疗。

2) 血管破裂：

动脉主干（髂动脉、腹主动脉）及其分支的破裂。患者会出现腹腔及盆腔内出血及血肿，严重时可导致失血性休克。动脉本身存在着严重的硬化、狭窄、扭曲；操作动作粗暴。

密切监测患者重要生命体征及血红蛋白，必要时给予补液、输血及升压药物；分支血管的破裂、出血可采用栓塞、封堵的方法；大的血管破裂则须外科手术治疗。

3) 假性动脉瘤

血肿在动脉穿刺处与动脉腔相通，收缩期血液自管腔流入血肿腔内，舒张期血液自血肿腔流入动脉腔内。穿刺部位可以触及搏动性肿块，听诊可以闻及明显的血管杂音，血管超声多普勒检查可以确诊。穿刺不当；压迫止血不当；动脉鞘过大，造成创口过大。

在超声多普勒指导下，用手或血管压迫器压迫股动脉破口（瘤颈部），若超声提示无血液流动信号，加压包扎 24~48h；瘤腔内注射凝血酶等促凝物质；外科手术治疗。

4) 动静脉瘘

为穿刺时同时穿透动、静脉，在动、静脉之间形成交通。多在穿刺后数天内出现，穿刺部位听诊可以闻及连续性血管杂音，血管多普勒超声显示动静脉间有相交通的通道。穿刺点过低，股动、静脉同时被穿透；导引钢丝送入动脉过短，送入动脉导管时，鞘芯穿透动静脉管壁。

损伤较小的动静脉瘘，可在超声指导下压迫，效果不确定；损伤大的动静脉瘘须外科手术治疗。

5) 血管闭塞

多发生于经桡动脉及肱动脉穿刺置管，动脉损伤后远端血管闭合。穿刺部位远端动脉搏动消失，超声多普勒检查可以确诊。穿刺血管过于细小；术后加压包扎过紧或时间过长。部分患者血管闭塞后可以再通，闭塞远端肢体可以通过其他血管供血。

如果出现远端肢体缺血情况，须外科手术治疗。

4. 血栓和栓塞

穿刺困难、操作时间过长或患者存在高凝状态等因素，会导致穿刺针内、导丝及鞘管表面形成血栓，血栓脱落后会随血流到达远端动脉；在送入导丝及鞘管的过程中，由于操作方法不当、动作过于粗暴，或动脉本身存在着严重的狭窄、硬化、扭曲，使得血管内膜的粥样

斑块脱落，引起远端动脉的栓塞；卧床时间过长，或加压包扎过紧、时间过长，导致深静脉内血栓形成，血栓脱落引起肺栓塞。

穿刺前肝素盐水认真冲洗穿刺针、导丝及动脉导管（鞘管）；穿刺方法正确、规范，手法轻柔，在送导丝有阻力时，应选择超滑导丝在 X 线透视下操作；避免加压包扎过紧、时间过长；嘱患者尽早下床活动；高危患者预防应用抗凝药物。一般小动脉栓塞不须特殊处理；深静脉血栓形成应积极抗凝治疗，避免发生肺栓塞，如发生肺栓塞时，应视病情采取相应紧急抢救措施。

血气分析

【目的】

通过血气分析可监测有无酸碱平衡失调、缺氧和二氧化碳潴留，判断急、慢性呼吸衰竭的程度。为诊断和治疗呼吸衰竭提供可靠依据。

【适应证】

1. 各种疾病、创伤、手术所导致的呼吸功能障碍者。
2. 呼吸衰竭的患者，使用机械辅助呼吸治疗时。
3. 抢救心、肺复苏后，对患者的继续监测。

【禁忌证】

无绝对禁忌证。

【分类】

分静脉血气分析和动脉血气分析两种，临床上常用动脉血气分析。

【常见穿刺部位和角度】

血气分析采血部位一般选用桡动脉、股动脉、肱动脉、足背动脉，通常选用桡动脉和股动脉。桡动脉血管虽细，但在腕部桡侧易于触及。进针角度一般选择 30°~45°。股动脉直径相对较粗，动脉搏动感强，股动脉穿刺取 90°角进针。

【术前准备】

1. 操作者熟悉病人病情，掌握本操作的技术。
2. 与患者沟通，解释操作目的和操作简要过程，取得理解，争取病人的配合。
3. 物品和器械准备：消毒洗手液、无菌治疗盘内盛 5ml 注射器，肝素液，橡皮塞，2%碘伏，75%乙醇，棉签。
4. 准备工作：抽血前认真检查注射器和针头有无漏气，5ml 注射器用肝素液冲洗后排出肝素，排尽空气，套上针帽，放入弯盘备用
(如为专门血气分析针筒则无需肝素液和橡皮塞，其本身自备橡皮塞并已肝素化。)

【操作关键步骤】

1. 股动脉采集法：操作者洗手，戴口罩帽子，协助患者平卧位或≤30°半卧位，穿刺侧下肢外展、外旋，关节略向外屈曲。在腹股沟韧带下方 2cm 处，触摸股动脉搏动最强点，先碘伏后乙醇常规消毒皮肤及操作者的左手中、食指，用中、食指稍用力按压并固定股动脉搏动最明显部位，右手持注射器在股动脉搏动最强点垂直进针，见回血右手不动，左

手轻轻抬起，待血液随动脉搏动涌入针管内 2ml 时拔出针头。左手用棉签压迫穿刺点（时间在 5 分钟以上），右手将针头插入橡皮塞内，轻轻旋动注射器，摇匀标本，贴上姓名标签，立即送检。

2. 桡动脉采血：操作者洗手，戴口罩帽子，协助患者取平卧位或 $\leq 30^\circ$ 半卧位，穿刺侧上肢略外展，掌心向上，手腕部伸直，在前臂下 1/3 处桡侧腕屈肌腱与桡骨茎突之间，桡动脉搏动最明显并触摸有条索感的部位即穿刺点。常规消毒皮肤及操作者左手食指和中指。固定欲穿刺动脉，采血针与皮肤呈 $30^\circ \sim 45^\circ$ 角，快速刺入桡动脉，见回血右手不动，左手轻轻抬起，待血液随动脉搏动涌入针管内 2ml 时拔出针头。左手用棉签压迫穿刺点（时间在 5 分钟以上），右手将针头插入橡皮塞内，轻轻旋动注射器，摇匀标本，贴上姓名标签，立即送检。

【注意事项】

1. 保持患者情绪稳定，保护患者隐私，注意人文关怀。
2. 采血部位的选择。选择表浅易触及位置固定及穿刺方便的动脉，还应注意尽量选用周围无静脉及神经伴行的动脉，以免误采静脉血及神经。
 - (1) 桡动脉：桡动脉解剖部位位置非常表浅易固定，按压能有效地避免血肿的形成，又有良好的尺动脉及侧支循环，操作方便，附近无大静脉。其缺点是局部肌肉难以固定，容易穿透血管，甚至伤及骨膜，患者疼痛明显。
 - (2) 股动脉：股动脉血管较粗大，搏动明显，其缺点是部位较深，附近有静脉及神经伴行，一旦血流受阻可影响下肢供应，又常侵入静脉难以压迫止血。显露部位较大，需宽解衣带，患者难以接受。
3. 在采血过程中必须保证密闭不混入气泡。抽血前认真检查注射器和针头有无漏气，采血后如发现有气泡进入注射器应迅速将空气排除出，立即插上橡皮塞轻轻摇匀或用双手揉搓，使其与抗凝剂充分混合，并立即送检。如因故不能及时检验时，应将标本立即放入含有冰水的容器中使标本迅速降温至 4°C 以下保存，但最长不超过 2 小时，以免氧逸失影响测定结果。

【血气分析标本采集的基本要求】

1. 合理采血部位（桡动脉、肱动脉、股动脉）
2. 严格隔绝空气，在海平面大气压、安静状态下、采集肝素抗凝血。
3. 标本采集后立即送检，若不能及时送检，应将其保存在 4°C 环境中，但不超过 24 小时。
4. 吸氧者若病情许可应停止吸氧 30min 后在采血送检，否则应标明给氧浓度。

【并发症及解决方法】

并发症（血气分析属动脉穿刺，故并发症及处理和动脉穿刺相同）

由于所选择穿刺的动脉，各种并发症发生概率不尽相同，主要并发症包括：出血与血肿、感染、血管损伤、血栓和栓塞、动脉痉挛、感染、周围组织和神经损伤。

发生原因及解决方法

1. 出血与血肿

规范操作，尽量一次穿刺成功，避免多次穿刺；严格掌握肝素用量，防止用量过大；正确的压迫止血方法和延长压迫时间；稳定后可考虑局部理疗，促进血肿吸收；避免大幅度活动穿刺侧肢体和过早下床，密切观察穿刺局部有无渗血及穿刺部位周围有无肿胀。监测患者血压、血红蛋白，必要时借助超声检查判断出血部位。若出血加重，考虑外科手术或介入处理。

2. 感染

轻度的局部感染可以局部消毒、换药、引流，口服或静脉使用抗生素。出现菌血症时应根据血培养结果选择敏感抗生素，必要时外科手术治疗。

3. 血管损伤（较动脉穿刺置管发生率低）

1) 动脉夹层：

多见于股动脉、髂动脉及腹主动脉。

术前对穿刺血管的认真、仔细检查与评价，穿刺针刺入动脉回血顺畅再送入导丝；推送导丝过程中，动作轻柔，如遇阻力，切忌盲目用力，应选择带亲水涂层的超滑导丝，可在 X 线透视下缓慢推送导丝，导丝通过扭曲、狭窄的病变后，沿导丝缓慢送入动脉鞘管，且尽可能选择小鞘管；对于严重狭窄、扭曲的髂动脉、腹主动脉，应选择长鞘管以减少介入检查或治疗导管对血管的损伤。动脉夹层一经确诊，需密切监测患者重要生命体征及血红蛋白，视病情决定内科保守治疗抑或外科手术治疗；一般夹层不影响肢体供血可不处理；严重夹层可行支架置入术或外科手术治疗。

2) 血管破裂：

动脉主支（髂动脉、腹主动脉）及其分支的破裂。患者会出现腹腔及盆腔内出血及血肿，严重时可导致失血性休克。动脉本身存在着严重的硬化、狭窄、扭曲；操作动作粗暴。

密切监测患者重要生命体征及血红蛋白，必要时给予补液、输血及升压药物；分支血管的破裂、出血可采用栓塞、封堵的方法；大的血管破裂则须外科手术治疗。

3) 假性动脉瘤

血肿在动脉穿刺处与动脉腔相通，收缩期血液自管腔流入血肿腔内，舒张期血液自血肿腔流入动脉腔内。穿刺部位可以触及搏动性肿块，听诊可以闻及明显的血管杂音，血管超声多普勒检查可以确诊。穿刺不当；压迫止血不当；动脉鞘过大，造成创口过大。

在超声多普勒指导下，用手或血管压迫器压迫动脉破口（瘤颈部），若超声提示无血液流动信号，加压包扎 24~48h；瘤腔内注射凝血酶等促凝物质；外科手术治疗。

4) 动静脉瘘

为穿刺时同时穿透动、静脉，在动、静脉之间形成交通。多在穿刺后数天内出现，穿刺部位听诊可以闻及连续性血管杂音，血管多普勒超声显示动静脉间有相交通的通道。穿刺点过低，股动、静脉同时被穿透；导引钢丝送入动脉过短，送入动脉导管时，鞘芯穿透动静脉管壁。损伤较小的动静脉瘘，可在超声指导下压迫，效果不确定；损伤大的动静脉瘘须外科手术治疗。

5) 血管闭塞

多发生于经桡动脉及肱动脉穿刺置管，动脉损伤后远端血管闭合。穿刺部位远端动脉搏动消失，超声多普勒检查可以确诊。穿刺血管过于细小；术后加压包扎过紧或时间过长。部分患者血管闭塞后可以再通，闭塞远端肢体可以通过其他血管供血。

如果出现远端肢体缺血情况，须外科手术治疗。

4. 血栓和栓塞

穿刺困难、操作时间过长或患者存在高凝状态等因素，会导致穿刺针内、导丝及鞘管表面形成血栓，血栓脱落后会随血流到达远端动脉；在送入导丝及鞘管的过程中，由于操作方法不当、动作过于粗暴，或动脉本身存在着严重的狭窄、硬化、扭曲，使得血管内膜的粥样斑块脱落，引起远端动脉的栓塞；卧床时间过长，或加压包扎过紧、时间过长，导致深静脉内血栓形成，血栓脱落引起肺栓塞。

穿刺前肝素盐水认真冲洗穿刺针、导丝及动脉导管（鞘管）；穿刺方法正确、规范，手法轻柔，在送导丝有阻力时，应选择超滑导丝在 X 线透视下操作；避免加压包扎过紧、时间过长；嘱患者尽早下床活动；高危患者预防应用抗凝药物。一般小动脉栓塞不须特殊处理；深

静脉血栓形成应积极抗凝治疗，避免发生肺栓塞，如发生肺栓塞时，应视病情采取相应紧急抢救措施。

【血气分析解读】

以下方法有助于您系统而准确地解读动脉血气结果（表 1）。

表 1. 解读动脉血气结果的五步法

第一步	是否存在酸血症或碱血症？
第二步	原发性酸碱平衡紊乱是呼吸性的还是代谢性的？
第三步	如果是代谢性酸中毒，阴离子间隙是否升高？
第四步	是否存在代偿？如果有，代偿是否适度？
第五步	肺泡—动脉氧梯度是多少？查看动脉 pO_2 时，要结合吸入氧浓度和动脉 pCO_2 。

首先，您需要熟知正常值（表 2）。 请注意，每个医院的值可能有少许不同，因此您要使用自己医院的正常值。

表 2：动脉血气正常值

动脉 pCO_2	4.5~6.0 kPa
动脉 pO_2	11.0~13.0 kPa
HCO_3^-	22.0~28.0 mmol/L
碱剩余	-2.0 ~ +2.0
阴离子间隙	8.0~16.0 mmol/L
氯离子	98.0~107.0 mmol/L

第一步：是否存在酸血症或碱血症？

查看 pH 值，如果 pH 值：

- <7.35，则患者存在酸血症
- >7.45，则患者存在碱血症

如果 pH 值正常，则查看 pCO_2 和 HCO_3^- 浓度，如果一项或两项异常，则患者可能存在混合型酸碱平衡紊乱。

第二步：原发性酸碱平衡紊乱是呼吸性的还是代谢性的？

查看 pH、 pCO_2 以及 HCO_3^- 浓度。

- 如果 pH 值<7.35，则说明酸中毒导致了酸血症，并且：
 - 如果 pCO_2 升高，则说明存在原发性呼吸性酸中毒。
 - 如果 HCO_3^- 浓度降低，则说明存在原发性代谢性酸中毒。
- 如果 pH 值>7.45，则说明碱中毒导致了碱血症，并且：
 - 如果 pCO_2 降低，则说明存在原发性呼吸性碱中毒。
 - 如果 HCO_3^- 浓度升高，则说明存在原发性代谢性碱中毒。

第三步：如果是代谢性酸中毒，阴离子间隙是否升高？

确定酸中毒的类型有助于将潜在病因范围缩小。

阴离子间隙是什么？

在人体内，阳离子和阴离子的数目是相等的。 化验血液时可以测出大部分的阳离子，但只能测出少量的阴离子。 因此，把所测得的阴离子和阳离子各自相加，两者的差值即为未测出的阴离子（如血浆白蛋白）量。

因为 Na^+ 是主要测得的阳离子，而 Cl^- 和 HCO_3^- 是主要测得的阴离子，则阴离子间隙的计算公式为：

阴离子间隙 = $Na^+ - (Cl^- + HCO_3^-)$

阴离子间隙的正常值为：8~16 mmol/L。

有些医院在计算阴离子间隙时将 K^+ 也计算在内。因此：

阴离子间隙 = $(Na^+ + K^+) - (Cl^- + HCO_3^-)$

如果计算时包括 K^+ ，阴离子间隙的正常值为 12~20 mmol/L。

表 3 中给出了高阴离子间隙酸中毒 (>16mmol/L) 的主要病因。

表 3. 高阴离子间隙酸中毒 (>16mmol/L) 的主要病因

内源性酸性产物增多	<ul style="list-style-type: none">酮症酸中毒（比如饮酒、饥饿或患糖尿病时）乳酸酸中毒A 型：组织的氧合作用受损<ul style="list-style-type: none">当灌注不足时（比如休克时），组织进行缺氧代谢，致使乳酸生成增多B 型：组织的氧合作用未受损：<ul style="list-style-type: none">比如肝衰竭时，乳酸代谢减少
外源性酸性物质增多	<ul style="list-style-type: none">甲醇乙二醇（防冻剂）阿司匹林
机体对酸性物质的排泄能力下降	<ul style="list-style-type: none">慢性肾衰

正常阴离子间隙酸中毒（8~16 mmol/L）的主要病因一般和血浆 Cl^- 的增加有关，如表 4 所示。

表 4 正常阴离子间隙酸中毒（8~16 mmol/L）的主要病因

碳酸氢盐丢失	<ul style="list-style-type: none">经胃肠道：<ul style="list-style-type: none">腹泻回肠造口术胰瘘、胆汁瘘、肠瘘经肾：<ul style="list-style-type: none">2 型（近端）肾小管酸中毒服用碳酸酐酶抑制剂
肾脏排酸能力下降	<ul style="list-style-type: none">1 型（远端）肾小管酸中毒4 型肾小管酸中毒（醛固酮减少症）

对于低白蛋白患者，如何纠正阴离子间隙

在阴离子间隙（8~16 mmol/L）中，11mmol/L 往往由白蛋白组成。所以，白蛋白浓度的下降可以降低阴离子间隙的基础值。如果患者的白蛋白浓度低，当出现酸碱平衡紊乱时，反而会表现为正常的阴离子间隙，因为酸碱平衡紊乱通常会导致阴离子间隙升高。

白蛋白浓度每下降 10g/L，阴离子间隙就会降低 2.5mmol/L。

第四步：是否存在代偿？

代偿是指人体为纠正酸碱平衡紊乱而进行的一系列应答。正常的代偿途径包括：

- 缓冲系统，其中包括血红蛋白、血浆蛋白、碳酸氢盐以及磷酸盐。这一应答可在数分钟内发生。
- 呼吸应答，可在数分钟到数小时内发生。
- 肾脏应答，可能需要一周的时间。

识别代偿的重要性

通过识别代偿可以帮助您将原发性酸碱平衡紊乱和继发的动脉血气改变区分开来。例如，当

患者存在代谢性酸中毒时，他可能会出现过度通气，其唯一目的是通过降低 $p\text{CO}_2$ 来代偿代谢性酸中毒，从而产生部分代偿性代谢性酸中毒，而不可将其误认为原发性代谢性酸中毒和原发性呼吸性碱中毒。

对于存在单一酸碱平衡紊乱的患者，如果酸碱平衡紊乱不严重，则可以完全代偿，最终也可以获得一个正常的 pH 值（7.35~7.45）。尽管 pH 值正常，但 HCO_3^- 和 $p\text{CO}_2$ 异常，也会提示您考虑混合型酸碱平衡紊乱。

您可能觉得判别某一酸碱异常是混合性还是单一代偿性是一件很难的事情。但有一点非常有用，即记住原发性平衡紊乱的预期代偿程度。如果某一参数的变化超出了预期的代偿程度，则很可能是混合型酸碱平衡紊乱（见表 5）。和呼吸性酸碱平衡紊乱相比，代谢性酸碱平衡紊乱的代偿反应更难以预测。

表 5 总结：代偿反应

酸碱平衡紊乱	初始的化学改变	代偿反应	代偿程度
呼吸性酸中毒	$\uparrow p\text{CO}_2$	$\uparrow \text{HCO}_3^-$	急性呼吸性酸中毒时，以 5.3 kPa 为基础， $p\text{CO}_2$ 每升高 1.3 kPa： <ul style="list-style-type: none"> HCO_3^- 浓度增加 1.0 mmol/L pH 值降低 0.07 慢性呼吸性酸中毒时，以 5.3 kPa 为基础， $p\text{CO}_2$ 每升高 1.3 kPa： <ul style="list-style-type: none"> HCO_3^- 浓度增加 3.5 mmol/L pH 值降低 0.03
呼吸性碱中毒	$\downarrow p\text{CO}_2$	$\downarrow \text{HCO}_3^-$	急性呼吸性碱中毒时，以 5.3 kPa 为基础， $p\text{CO}_2$ 每降低 1.3 kPa： <ul style="list-style-type: none"> HCO_3^- 浓度减少 2.0 mmol/L pH 值增加 0.08 慢性呼吸性碱中毒时，以 5.3 kPa 为基础， $p\text{CO}_2$ 每降低 1.3 kPa： <ul style="list-style-type: none"> HCO_3^- 浓度减少 5.0 mmol/L pH 值增加 0.03
代谢性酸中毒	$\downarrow \text{HCO}_3^-$	$\downarrow p\text{CO}_2$	
代谢性碱中毒	$\uparrow \text{HCO}_3^-$	$\uparrow p\text{CO}_2$	

代偿反应的方向和初始的化学变化方向始终一致。这是因为，代偿反应的基础是维持 HCO_3^- 浓度和 $p\text{CO}_2$ 的比值。请记住 Henderson-Hasselbalch 公式中三者之间的关系： $\text{pH} \sim \text{HCO}_3^-/p\text{CO}_2$ 。

对于慢性疾病，代偿的幅度会更大，从而更好地维持 pH 值。原发性呼吸性酸碱平衡紊乱可以出现代谢性代偿，熟知这些预期的变化值有助于您诊断混合型酸碱平衡紊乱。

代谢性代偿

代谢性代偿需要数天时间。它分为两步：

1. 细胞缓冲作用，数分钟到数小时内发生。这只能导致血浆碳酸氢盐（ HCO_3^- ）轻度升高。
2. 肾脏代偿作用，发生在 3 到 5 天内。

因而，急性和慢性酸碱平衡紊乱可出现不同的代偿反应。

- 呼吸性酸中毒时，肾脏对碳酸的排泄以及对碳酸氢盐的重吸收增多。
- 呼吸性碱中毒时，肾脏通过减少碳酸氢盐的重吸收及氨的排泄发挥代偿作用。

呼吸性代偿

呼吸性代偿需要数小时。代谢性酸碱平衡紊乱的呼吸性代偿最长可达 12 到 24 个小时。此代偿反应在酸碱平衡紊乱出现后一小时开始，经过 12 到 24 个小时后终止。

- 代谢性酸中毒时，控制呼吸的中枢性和周围性化学感受器受到刺激后，可以导致肺泡通气量的增加。这也继而导致代偿性呼吸性碱中毒
- 代谢性碱中毒很难通过减少通气量来代偿。而且通气不足还可以降低氧合作用。因此呼吸系统很少将 $p\text{CO}_2$ 保持在 7.5 kPa 以上。如果 $p\text{CO}_2$ 超过这一数值，则说明存在混合型酸碱平衡紊乱，也即代谢性碱中毒合并呼吸性酸中毒，而不是代偿性代谢性碱中毒。

混合型酸碱平衡紊乱

混合型酸碱平衡紊乱是指同时出现不只一种的原发性酸碱平衡紊乱。这在住院患者中常见。熟知代偿机制和代偿程度有助于您辨别这些酸碱平衡紊乱。请注意，呼吸性碱中毒和呼吸性酸中毒不可能同时存在。

当出现以下情况时，您应该考虑混合型酸碱平衡紊乱：

- 代偿反应出现，但存在代偿不足或代偿过度。
- $p\text{CO}_2$ 和 HCO_3^- 浓度出现异常，且两者变化方向相反（一者升高，一者降低）。单一酸碱平衡紊乱时，代偿反应的方向和初始异常变化的方向始终一致。
- pH 值正常，但 $p\text{CO}_2$ 或 HCO_3^- 浓度异常。单一酸碱平衡紊乱时，代偿反应很少将 pH 值恢复到正常水平，如果代偿后的 pH 值恢复正常，则考虑存在混合型酸碱平衡紊乱。

就经验而言：

- 当 $p\text{CO}_2$ 升高且 HCO_3^- 浓度降低时，呼吸性酸中毒和代谢性酸中毒同时存在
- 当 $p\text{CO}_2$ 降低且 HCO_3^- 浓度升高时，呼吸性碱中毒和代谢性碱中毒同时存在。

第五步：肺泡—动脉血氧梯度（A-a 梯度）是什么？

A-a 梯度是指肺泡 $p\text{O}_2$ 计算值和动脉 $p\text{O}_2$ 测量值之间的差值。动脉 $p\text{O}_2$ 是一个关于气体交换和吸入空气中的 O_2 浓度分数（ FiO_2 ）的函数。因而，其正常值并非恒定不变。

通过计算 A-a 梯度，您可以确定某一动脉血氧测量值对患者的以下情况而言是否正常：

- 海拔。
- 吸入氧浓度。
- 呼吸频率。

这为评估气体交换提供了一个途径，且可以在床边进行。

您还可以用它计算氧气从肺泡内弥散到动脉循环时的效率。肺泡 $p\text{O}_2$ 永远高于动脉 $p\text{O}_2$ 。对于正常人，A-a 梯度介于 2 到 4 kPa 之间。该梯度的升高意味着气体交换不足，当它超过 4 kPa 时即为不正常。

计算 A-a 梯度

当在海平面水平呼吸空气时，吸入的氧分压是 21kPa。进入气道后，由于上呼吸道的水蒸气饱和作用，吸入氧分压（即 P_{iO_2} ）降为 20 kPa。到达肺泡后，肺泡细胞摄取 O_2 ，取而代之的是 CO_2 ，从而进一步降低肺泡 $p\text{O}_2$ ，变为 13 到 14kPa。

$p\text{CO}_2$ 产量和 $p\text{O}_2$ 消耗量的比值由呼吸商决定。据估算，该比值为 0.8。因此，肺泡 $p\text{O}_2$ 等于 P_{iO_2} 和肺泡 $p\text{CO}_2$ 的差值。 $p\text{CO}_2$ 的值通过除以呼吸商稍微增加。

$$\begin{aligned}\text{肺泡 } p\text{O}_2 &= \text{吸入 } p\text{O}_2 - \text{肺泡 } p\text{CO}_2 / 0.8 \\ &= \text{吸入 } p\text{O}_2 - \text{肺泡 } p\text{CO}_2 \times 1.2\end{aligned}$$

因为肺泡 $p\text{CO}_2$ 约等于动脉 $p\text{CO}_2$ ，所以：

$$\text{肺泡 } p\text{O}_2 = \text{吸入 } p\text{O}_2 - \text{动脉 } p\text{CO}_2 \times 1.2。$$

因为 A-a 梯度是肺泡 $p\text{O}_2$ 计算值和动脉 $p\text{O}_2$ 测得值的差值，所以，从动脉 $p\text{O}_2$ 计算值中减去肺泡 $p\text{O}_2$ ，即可得出 A-a 梯度：

$$\text{肺泡 } p\text{O}_2 = P_{\text{iO}_2} - \text{动脉 } p\text{CO}_2 \times 1.2$$

$$\text{A-a 梯度} = \text{肺泡 } p\text{O}_2 - \text{动脉 } p\text{O}_2$$

$$P_{\text{iO}_2} = \text{有效吸入 } p\text{O}_2。$$