

動脈穿刺と血液ガス分析

Arterial puncture and blood gas analysis

瀧 健治*

Kenji Taki

爲廣 一仁**

Kazuhiro Tamehiro

◆key words：動脈穿刺，血液ガス分析，酸塩基平衡，動脈採血

動脈穿刺は主に動脈血ガス分析のための採血で行われる手技であり，そのほかにもカニューレーションなどで行われる。血液ガス分析で測定しているものはpH，二酸化炭素分圧，酸素分圧，ヘモグロビン濃度であり，これらから種々のパラメータ〔血液の酸素含量，炭酸水素イオン濃度，base excess (BE) など〕を計算表示している。それらの値が意味する臨床的意義は大きいため，今日では頻度の高い検査となっている。動脈穿刺の目的と適応を表1に示す。

動脈穿刺部位の選択

基本的には末梢の細い動脈から穿刺すべきで，中枢側の動脈は種々の治療処置のために温存しておくことが大切である。すなわち，右大腿動脈や右上腕動脈は心カテーテルやTAEなどのカテーテル治療に用いられるので，その点を考慮した穿刺部位の選択が大切である（図1）。

1. 橈骨動脈（手首，タバコ窩部），足背動脈（足背部）

動脈閉塞による合併症は少なく，穿刺が容易に行われる動脈であることから，動脈留置カニューレの挿入にもよく用いられる。次に足背動脈も動脈穿刺や動脈留置カニューレの挿入に用いられやすい動脈である（図2）。

2. 上腕動脈，腋窩動脈（肘窩部，上腕腋窩部）

神経が動脈に併走しているために，穿刺時に神経損傷を起こしやすい部位で，動脈の走行に十分に注意して穿刺しなければならない。初心者は安易に用いるべき動脈ではない。

3. 大腿動脈（鼠径部）

太い血管なために，初心者にとって容易に穿刺が行える血管である。しかし，血管内処置で用いられる血管であることから，大腿動脈は安易に穿刺に用いてはならない。

4. 浅側頭動脈（側頭部），後脛骨動脈（内果部）

小児や広範囲熱傷などで，四肢の動脈が用いられないときに穿刺可能な動脈である。一方，後脛骨動脈は頻用されていないが，ほかの穿刺部位と同様に穿刺可能な動脈である。

表1 実施の目的と適応

動脈穿刺

- ・動脈血ガス分析などの動脈採血が必要なとき
- ・末梢血一般，電解質，血糖，血清蛋白，その他の諸検査の採血が困難なとき
- ・諸検査や治療で動脈に留置チューブの挿入が必要なとき

血液ガス分析

- ・呼吸不全などの呼吸器や末梢循環状態の評価が必要なとき
- ・全身・局所の血液循環状態の評価が必要なとき
- ・人工呼吸器や体外循環の設定評価が必要なとき
- ・重症患者の病状評価や診断の補助検査として必要なとき
- ・動脈血以外に静脈血のガス分析はその血液の灌流組織の生体情報が必要なとき
- ・全身の酸塩基平衡の状態の評価が必要なとき

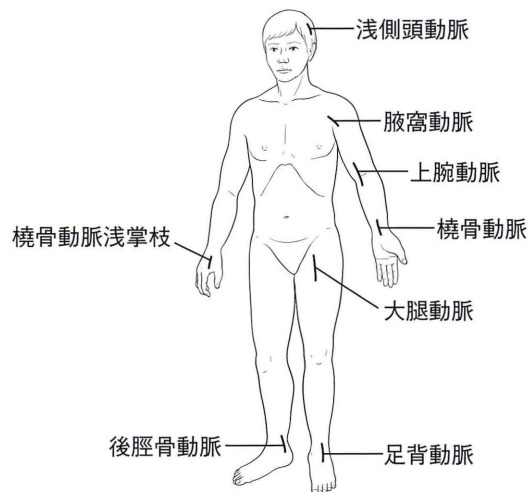


図1 動脈穿刺の部位



図2 手足部の穿刺動脈

* 聖マリア病院救急科主幹 ** 同診療部長

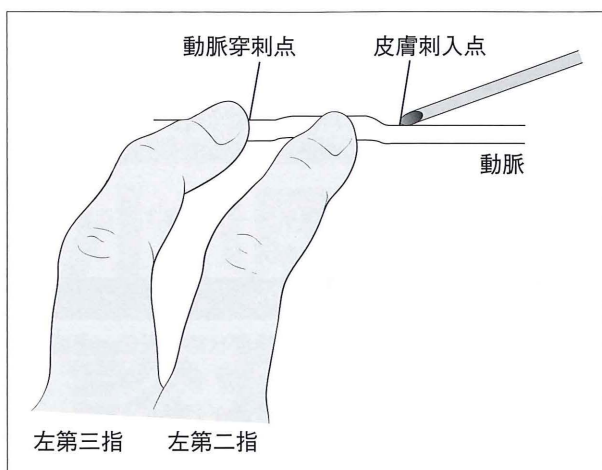


図3 細い動脈の穿刺法

実施準備

1. 動脈採血の準備

- ①イソジン®局所消毒セット
- ②穿刺しやすい肢位に穿刺部を固定するテープや枕などの用具
- ③動脈血採血用注射器
 - ・内壁をヘパリンで濡らした22~25G針付き注射器(2~5ml)
 - ・専用のディスプレイ注射器〔血液ガス測定用採血キット；乾燥ヘパリンリチウムの一定量(125単位/2.5ml)を含んだサンプラー〕
- ④採血部圧迫用テープと圧迫枕
- ⑤カテーテルを留置するときには、挿入カテーテル

2. 血液ガス分析の準備

①血液ガス分析装置はpH、二酸化炭素、酸素電極を恒温室(37℃)に収納した自動分析装置で、自動的に一定の間隔でキャリブレーションされ、いつでも使用できる状態になっている。標準体温である37℃の環境下に血液サンプルは測定される。

②動脈内に留置できる電極も開発され、動脈穿刺したカニューレから動脈内に細い電極を挿入して測定する。

温度を変更して測定すると、pH、PCO₂、PO₂の測定値が変動する(それぞれのガスの溶解係数が温度により異なり溶存ガス分圧が変化することと、それに伴い水素イオンの濃度、活性も変化するため)。

ヘパリン化した血液サンプルのみを測定機に注入するように注意する。誤ってヘパリン化していないサンプルを注入すると回路内で血液凝固を起こし、測定装置の故障原因となる。

実施手技と手順

①ヘパリンで注射器の内筒を濡らしてあるか、ないしは血液ガス測定用採血キットを確認する。

血液ガス測定用採血キットを用いた採血は、血液凝固の阻止とヘパリンナトリウムによる電解質測定値への影

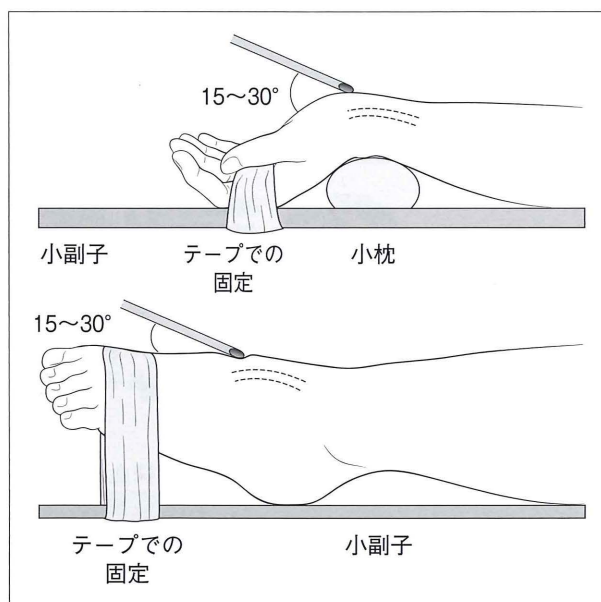


図4 橈骨動脈と足背動脈の穿刺

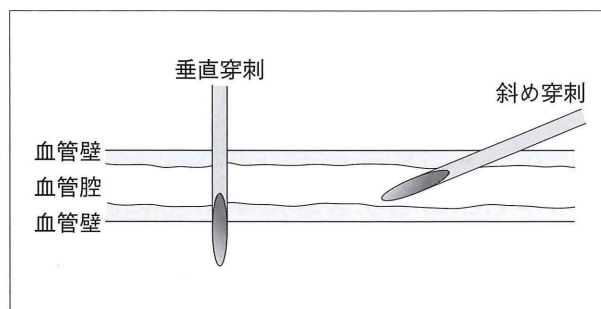


図5 垂直の穿刺と斜め穿刺

響を避けることができるため、頻用されている。

②穿刺部位と術者の手指を消毒する。感染防止のために大切である。

③動脈を2本の指で触れて走行を確認する(図3)。動脈の走行位置の確認は穿刺の成功にきわめて大切である。

④手背や足背を軽く伸展して皮膚に15~30°の角度で、指の2点を結ぶ線上に動脈が走行していることをイメージして中枢側へ斜めに針を刺入し、中枢側の拍動を触れている指の下で動脈を穿刺するように針を進める(図4)、軽く伸展位にするのは動脈に触れやすくするためである。

細い動脈では斜めに穿刺したほうが血管の対壁を貫通しにくい。垂直穿刺時に動脈壁の対壁を貫通して逆流がみられないこともあり、血液の流入がなくても、針をゆっくり抜いてくると動脈血が流入してくることがある(図5)。

動脈に並走する神経を傷つけないように、しつこく何回も穿刺しないことと、痛みを訴えたときにはただちに中止することが穿刺後痛の予防に大切である。

小児の触知困難な動脈穿刺については、手首の背側より光を当て、透光によって赤く走る橈骨動脈をねらって

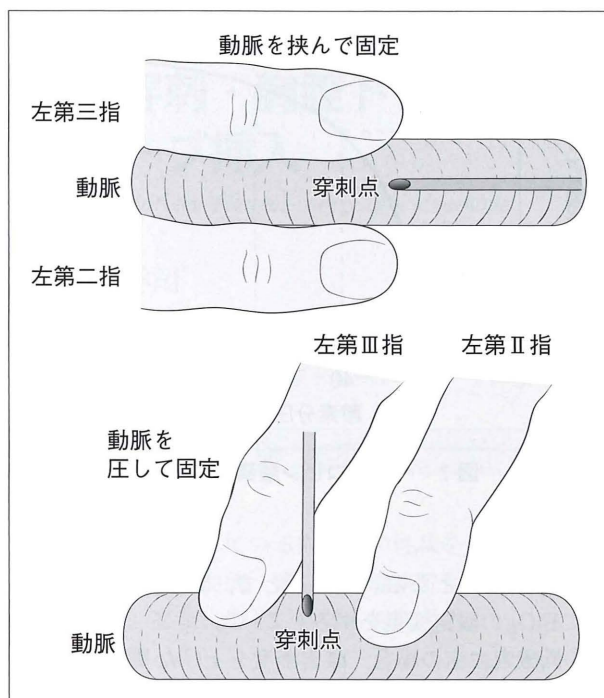


図6 太い動脈の穿刺法

穿刺すると、比較的容易に穿刺できる。この方法は光が透光する部位であれば、ほかの血管の穿刺にも応用できる。

大腿動脈などの太い動脈では、第二、第三指で動脈を挟んで固定したり、2本の指で動脈を上から触れて、指間より注射針を動脈に垂直に刺入する針先が動脈壁に触れると注射器に拍動が伝わり、壁を貫通する際の軽い抵抗後に注射筒内に血液が拍動性に流入する(図6)。

ショックなどで末梢動脈が触れないときに、穿刺しやすい大腿動脈が用いられやすい。

⑤動脈を穿刺できると、採血用サンプラー内に血液が空気を押し上げて流れ込む。空気はフィルターから外に排出されるまで待ち、フィルターに血液がしみこんだら、針を抜去する。

注射器内に空気を残してヘパリンとよく振って混ぜると、 PO_2 は高く、 PCO_2 は低くなるおそれがあることから、空気を注射器内に残さないように注意する。

サンプラーからガスが空気中に拡散したり、血球成分の代謝によって、時間の経過でガス分圧が変化するために氷冷水中に保存する。

⑥採血が終了したら、針の抜去と同時に動脈穿刺部を圧迫止血する。とくに出血傾向のない限り5分間以上の圧迫止血は重要である。

短時間の止血操作では再出血しやすいので、十分な時間をかけた圧迫止血が大切である。

ワルファリンなどの抗凝固薬を使用している場合には止血しにくいので、出血傾向のある患者として圧迫止血操作に十分時間をかけることが大切である。

血管壁を斜めに穿刺すると、抜針後に止血をしやすいことから、抜針後のことを配慮した穿刺も大切である。

⑦採血後ただちに針の先端にキャップをかぶせて注射器を両手でよく回してヘパリンと混合させ、時間をおかずに分析装置に血液を注入する、または、氷冷水中に浸して測定まで保存する。

抗凝固剤によって血液が凝固しないようにしておかなければ、検査機器の故障や検査値の誤りの原因となる。

動脈穿刺は血腫形成の危険性があり、とくに出血傾向のある場合に穿刺をくり返し行わないよう注意深く配慮する。

合併症の予防

1. 刺入部からの出血予防

①数回の穿刺後に刺入部からの出血・血腫が生じやすいので、確実に初回で穿刺を行うように努める。

②出血部位に透析用止血圧迫綿か硬く丸めたガーゼで圧迫して、布の絆創膏で固定する。ただし、弾力絆創膏は用いないほうがよい。

③くり返しの穿刺や抜去後の圧迫に対する注意が大切で、5分間以上の圧迫に努めて完全に止血する。

2. 穿刺部偽性動脈瘤の予防

同一部位での頻回の穿刺を避け、また、粗暴な穿刺操作を慎む。このような注意下でも動脈瘤や仮性動脈瘤ができた場合には、外科学的処置が必要である。

3. 股関節炎の予防

小児などで股動脈の拍動をよく確認しないままに、鼠径部で盲目的に穿刺をくり返すと、股関節腔に針が達して炎症を起こすことがある。

4. 穿刺部位の感染防止

①炎症部での穿刺は行わない。

②よく消毒を行い、術者の手指の消毒も行う。

③穿刺時に、針を手などに触れない。

5. 穿刺動脈の攣縮予防

動脈穿刺の前に、穿刺部位に局所麻酔を行う。

6. 穿刺後疼痛の予防

動脈には神経が併走しており、動脈の周囲組織をくり返し穿刺していると、神経損傷を作る原因となるので、粗暴な動脈穿刺のくり返しは行わない。とくに強い疼痛が生じたときには、ただちに穿刺を中止する。

血液ガスの解釈と応用

人工呼吸・酸素投与の決定などの基準となるため、動脈血ガス分析値を正しく迅速に評価することが大切である。

二酸化炭素・酸素分圧は拡散していく力であるが、溶存しているガス量に応じて分圧は決まるので、そのガス分圧は酸素、二酸化炭素の量を表している。また、血液中から組織への酸素の供給、組織からの二酸化炭素の取り込みは、毛細血管内血液と組織・細胞との分圧較差による拡散で行われる。肺でのガス交換も、肺泡気と血液との間の分圧較差による拡散で行われている(表2)。

①酸素はヘモグロビンと化学的に結合し、ヘモグロビ

表2 酸素分圧と酸素飽和度

PaO ₂ (mmHg)	SaO ₂ (%)
97	97
60	90
40 (混合静脈血)	70

ン酸素飽和度(%)と酸素分圧(mmHg)と直線的でなくS字状の関係である。酸素分圧60mmHgのとき90%の飽和度を示し、分圧がこれを切ると急峻に飽和度が低下する。その関係は直線的でないために、正常値は酸素分圧で97mmHg、酸素飽和度で97%と記憶しておく臨床上で便利である。

ヘモグロビンのS字状酸素解離曲線から、SaO₂>90%では飽和度の上昇は緩徐であり(図7)、PaO₂>60mmHgを保つことが重要であり、人工呼吸器の条件や吸入酸素濃度を必要以上に上げないことが酸素の肺障害を起こさないために大切である。

②二酸化炭素は赤血球中で化学結合し、また炭酸水素イオンとなった二酸化炭素と平衡している。そのために、二酸化炭素分圧とpHとの関係から酸塩基平衡は呼吸性に起因するか、代謝性に起因する変化なのか鑑別できる。

③酸素分圧は加齢に伴い低下してくるので、成人での低酸素血症は空気呼吸下で80mmHg以下と定義されている。加齢に伴う平均PaO₂の下限は、60歳以上では正常値の80mmHgから60歳との年齢差を引いたものである。

簡易計算式：70歳での正常値下限
 $=80\text{mmHg} - (70\text{歳} - 60\text{歳}) = 70\text{mmHg}$
 (90歳以上には当てはまらない)

④動脈血酸素分圧は吸入酸素濃度によって上昇し、吸入酸素濃度を上げると酸素分圧は760mmHg×酸素濃度と上昇する。よって、10%の酸素濃度の上昇で動脈血酸素分圧は760mmHg×10/100=76mmHgから約50

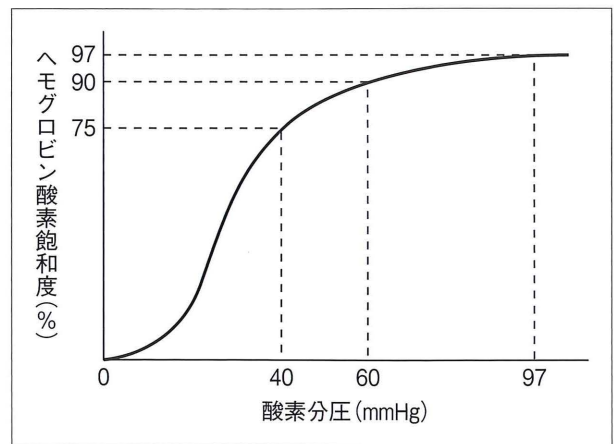


図7 ヘモグロビン酸素解離曲線

mmHgの上昇となる。このことで、望む酸素分圧の上昇にFiO₂の設定変更をするとよい¹⁾。

⑤低酸素血症の場合、酸素濃度を上げたり、人工呼吸器での換気条件を増しても酸素化機能、シャントの減少に有効ではなく、酸素分圧は上昇しない。PEEPやCPAPを病態に応じて負荷することによって低酸素血症が改善でき、低PaO₂には必ずしも酸素濃度の上昇で改善しないことも理解しておかなければならない。

おわりに

重篤な患者を扱う場合に、動脈血から得られる情報は貴重であり、動脈穿刺法は基本的手技の1つであることから、合併症を起こさないようにいつも確実に動脈穿刺が行えることが大切である。全研修医がこれらの手技をいつでも確実に行えるようになっていることが望まれる。

【文 献】

- 1) BA Shapilo: Blood gases. In: Webb AR, et al ed. Oxford Textbook of Critical Care. Oxford University Press, Oxford, 1999, pp 1116-1123.