

V

穿刺とエコー 5. エコーガイド下穿刺における シミュレーターの活用

医学教育においてシミュレーション訓練が重要であることは一般に広く受け入れられているものの、現実にはシミュレーション訓練が医療現場に浸透しているとはとても思えない。そのような状況下に公表された日本臨床工学技士会の「臨床工学技士のためのバスキュラーアクセス日常管理指針 初版」(2016年4月)のなかで、エコーガイド下穿刺におけるシミュレーション訓練の重要性が記述されたことはきわめて妥当といえる。本項では、シミュレーターによる訓練法とその評価法を紹介する。

心理的な抵抗が少ないであろう。

2 自作シミュレーター作製法

穿刺手技の訓練にはシミュレーターが必要だが、自作すればコストをきわめて低くおさえられる¹⁾。

準備するもの：直径7.5mmくらいの太いストロー、硬めで水に浮かない板コンニャク、トレー、タオル

手順：図1のように短時間で作ることができ、実際の血管に近い画像が得られる（図2, 5）

1 自分の腕をエコーで観察

自分の利き手の動脈を観察することがシミュレーション訓練の第一歩である。駆血をせずに静脈を観察することで、皮膚にそっとプローブをあててシャント血管を押しつぶさないようにする訓練ができる。これに加えて、日頃から自施設の透析患者の血管をエコーで観察させてもらえば、いざエコーア下穿刺や、エコーアで針先位置の修正が必要になった時に、医療者側のみならず患者側も

3 市販シミュレーター

“自作するのは面倒”，あるいは“コンニャクのにおいが気になる”という読者には、市販のシミュレーターをお奨めする。最近は廉価なモデルも市販されるようになってきた（UGP-GEL [AGL770]：アルファバイオ社製など）。

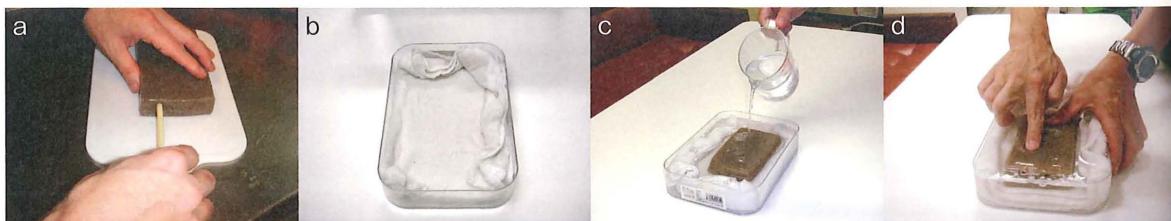


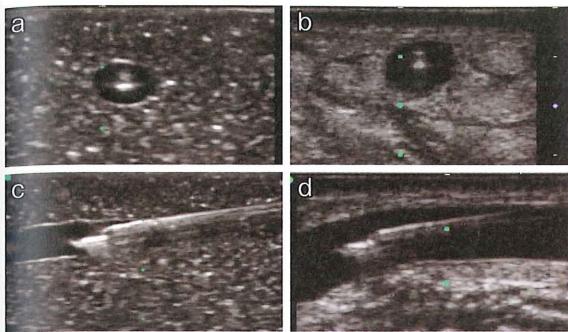
図1 自作シミュレーター作製法（文献¹⁾より）

a：板コンニャクの端から端までストローを使ってくりぬいて、深さ5～10mmのトンネルを2～3本作る。浅い模擬血管はストローが透けてみえるので容易だが、深いものは多少慣れが必要。

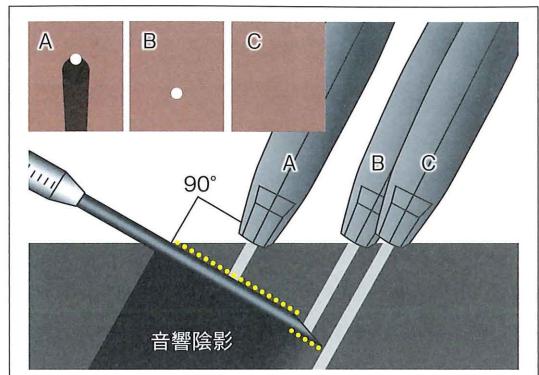
b：コンニャクを固定するため、トレー内にタオルを敷く。コンニャクをのせた時にコンニャクの上面がトレー上端とほぼ等しい高さになるように調整し、タオルがトレーからはみ出る場合は余分な部分を切りとる。

c：コンニャクの上面が浸るくらいまで水を注ぐ。

d：最後に指でトンネルの上部を強く押して、トンネル内の空気を完全に追い出したら完成。訓練に使用した後は水をはった密封容器にコンニャクを入れて冷蔵保存する。

図2 実際のシャントとの比較（文献¹⁾より）

a: シミュレーター短軸像, b: 実際のシャント短軸像, c: シミュレーター長軸像, d: 実際のシャント長軸像.

図3 エコービーム入射角の調整（文献²⁾より）

図の黄色い点が短軸描出画像で輝点として映る。厳密には針先位置は図のB, C間となる。

ろで針を止める, ④長軸像を確認して針先が血管内にあることを再確認後*にプローブを手放し, 内筒をしっかりと保持して外筒を押し込む^{2,3)}, という手順になる。

2) シミュレーターの特性

血管壁を貫く時の感触は実際の患者では様々であり, シミュレーターでの再現には限界がある。そもそもエコーアクションは, “手の感触”といった情報にはあまり依存しないので, シミュレーション

ワンポイントアドバイス

皮下では針を点ではなく線としてとらえる

通常, 実際の末梢血管はエコー輝度が高くて不均一な皮下組織内にあるため, ぼんやりとした白い点としか映らない針先を皮下において画面にとらえ続けるのは至難の業である（上記手順①に相当）。この問題は, 超音波の反射原理を利用すれば解決する。すなわち, 穿刺針のシャフト部分に対してエコービームがおよそ90°になるようにプローブを傾ければ, シャフトの輝度はきわめて高くなり, 皮下組織中でも容易に認識できる（図3）。この角度を保ちながらプローブを針のシャフトに沿って前後に走査して, 輝点が消失した点を針先と判定すればよい²⁾。皮膚消毒液でエコーゼリーを代用する場合, エコー画像が劣化して本法が有効に行えない場合注意。

4 訓練法

シミュレーション訓練を有効なものとするためには, 訓練の手順と使用するシミュレーターの特性をよく理解しておくことが必要である。

1) 訓練の手順

中心静脈と違ってシャント血管は皮下の浅い位置にあるため, 理論に基づいたていねいなプローブ走査をすれば, 逆流血の有無に頼らなくても画像から針先位置は必ずわかる。一方, エコーを使用していても針先を描出しようとせずに逆流血の有無に頼り切った穿刺法では, 穿刺の精度に限界がある。

プローブのあて方には, 穿刺針の長軸像を描出する方法と短軸像を描出する方法があるが, いずれを用いるにしても針先位置を画像で確認しながら針を進めることが重要である。我々は, 血管の中央に針を刺入しやすい短軸法を主体にし, 必要に応じて長軸法を加えている。したがって, シミュレーション訓練では, ①血管短軸像描出下にていねいに針先位置を確認しながら針先を進め, ②模擬血管内に到達した後もさらにエコーアクションで針先を血管内で誘導する, ③針先から少なくとも約7~8 mmの部分が血管内に入ったと思われるところ

*針先を少し動かしてシミュレーターに食い込んでいないか画像で確認する。

ン訓練では“画像情報を基に両手の動きを協調させること”に主眼をおくべきである。

ほとんどのシミュレーターは、エコー輝度が均一である。均一な背景下では異質なものは目立つため、生体の場合より針がみつけやすく穿刺は容易である。このため、前述のような超音波入射角の工夫を行わなくともシミュレーターでは容易に穿刺できる。さらに、一般に市販のシミュレーターの模擬血管は直線的で径が太く均一であるため、長軸抽出法がより容易に感じられる。

5 評価法

前述したように、概してシミュレーターは実際の血管より簡単に穿刺できる。したがって、シミュレーション時には単に外筒部の留置が成功したかどうかではなく、実際の血管にも通用するような合理的な手技^{2,3)}が行えたかどうかを評価しなくてはならない。そうしないと“シミュレーションではうまくいっていたのに本番ではうまくいかない”というようなことが起こりうる。熟練した指導者がみっちり指導してくれれば理想的だが、現実にはそうもいかないだろう。

自己学習する場合に客観的に評価するためには、シミュレーション訓練中の画像を録画して手



図4 レコーダー設置法

ドライブレコーダー(①)をスマートフォン用のホルダー(百円ショップで購入、②)でカメラ用の三脚(③)に固定する。①に付属する外部カメラは使用しない。

本となる動画と比較するとよい。市販の安価なドライブレコーダーを利用して、エコー画面と術者の手の動きを同時に録画・再生する方法を紹介する。

方法

①内蔵カメラとビデオ入力端子を装備した市販のドライブレコーダー[†]と、エコーをビデオケーブルで接続する[‡](図4)。②内蔵カメラがシミュレーターをとらえるような位置にドライブレコーダーを設置する。③内蔵カメラとエコー画面の映像が同時に記録できるモードにして録画を開始



図5 動画ビューアーソフト Mellow Multi Playerによる再生

①:「列」を2にする。②:「SET」をクリックして2画面表示にする。③:プロープの動画ファイルをここにドラッグする。④:エコー画面の動画ファイルをここにドラッグする。⑤:停止ボタンをクリック。⑥:再生ボタンをクリックすると2画面の再生が同時に開始される。⑦:必要であればこのボタンをクリックすると左右の画面の再生タイミングを調整できる。

し、穿刺訓練を行う。④訓練が終了したら録画を終了し、マイクロSDカードかUSBケーブルを使ってドライブレコーダーからパソコンに動画ファイル（プロープの動画とエコー画面は別々のファイルとして保存されている）をコピーする。⑤2つの動画を複数画面再生可能なフリーソフト[§]で同時再生する（図5）。

筆者は、エコーア穿刺法についての総説論文を日本透析医学会の学会誌に掲載した。この論文のweb版³⁾から穿刺中の動画が無料ダウンロードできるので、短軸法を行う場合はこの動画とシミュレーションした画像と比べてみると理論にかなった穿刺になっているかどうかチェックができる。この他、シミュレーション訓練後に実際の患者で穿刺を始める際に、ドライブレコーダーで手技を録画して“ふりかえり”に利用することも非常に有用であるが、患者から同意を得ることとプライバシーへの配慮が必要である。

[†]図4①の商品は数千円と非常に安価だがノーブランド商品のため、一定の商品名はない。購入するには大手web通販サイトなどで「ドライブレコーダー ダブルカメラ」で検索してみつけるとよい。他にも同等の機種が入手可能だが、後方用外付カメラの解像度720×480以上のものを推奨。エコーとの接続用ケーブル（写真の商品の場合TWINBIRD社VL-CH32など）も別途購入する必要がある。

[‡]デジタル出力しかできないエコー装置では、市販のデジタル・アナログ変換器を介してレコーダーと接続することが必要。変換器の接続により若干のタイムラグと画像の劣化が発生する欠点がある。

[§]各種のものがインターネットで無料入手可能だが、本項では“Mellow Multi Player”を紹介した。このフリーソフトの使用により、面倒な動画編集が不要となる。

6 “穿刺のプロ”としての心構え

当科では、1人でプロープと針をもつ方法を採用しているため、シミュレーターで“画像情報を基に両手の動きを協調させる技術”を習得することを重視している。当然ながらこれは患者で練習すべきことではない。ぶつけ本番同然の状態でエコーを使用して失敗した挙げ句、“右手と左手の動きを合わせるのが難しいことがわかった”などと呑気なことをいっているようではプロとはいえない。シミュレーターで訓練できることは実践前に完璧にしておくべきであり、実際の患者で訓練するのは、穿刺抵抗の強い血管への対処法・実践ならではの緊張感の克服などに限られる。患者は決して穿刺用シミュレーターではなく生身の人間であることを忘れてはならない。また、エコーガイド下穿刺の精度がいかに高くとも、やはり従来の穿刺法が基本である。本項では触れなかつたが“従来式穿刺法の精度を上げるためにエコーを活用する”という姿勢も重要である。

参考文献

- 1) 鎌田 正：シミュレーターを用いた超音波ガイド下穿刺トレーニング、透析スタッフ必携！穿刺攻略ブック、208～210、メディカ出版、2016。
 - 2) 鎌田 正：新たな血液透析返血経路としての超音波ガイド下 brachial vein 穿刺法の検討、透析会誌、44(3): 237～243、2011。
 - 3) Kamata, T. : Ultrasound-guided cannulation of hemodialysis access. *Renal Replacement Therapy*, 2 : 7, 2016.
<http://rrtjournal.biomedcentral.com/>
- ※上記文献2, 3いずれも日本透析医学会のホームページの左端の“学会誌”から無料でダウンロード可能。文献3は英語の論文だが、実際にエコーア穿刺している解説動画をみることができる。論文web版のAdditional file Xというところをクリックすると解説動画やアニメーションが閲覧・ダウンロードできる（Xは数字）。

（鎌田 正）