

医学教育用シミュレーターについて

倉林 譲¹⁾・丸尾幸嗣²⁾・楊 果杏³⁾・湯 家銘⁴⁾・劉 恩岐⁵⁾

¹⁾ 岡山大学自然生命科学研究支援センター動物資源部門

²⁾ 岐阜大学応用生物科学部獣医臨床腫瘍学・³⁾ 北京大学医学部

⁴⁾ 上海中医薬大学・⁵⁾ 西安交通大学医学院

I. はじめに

私どもの自然生命科学研究支援センター動物資源部門では、医学研究のために医師が非常に多く存在する。ほとんどの実験が医学の発展のための前臨床実験である。また、獣医学教育のための家畜を使った実習も動物を使用した実習が行われている。いずれもヒトで行うわけには行かないので、動物を使用しての研究ならびに実習である。このことについては動物保護運動家のターゲットになりかねない。現在のままでよいか否かを見極めることは極めて重要なことであると同時に難しい問題である。できるだけリアルな模型を作製することであるが、切開時に血液が出ないので止血の実習ができかねること、モデルでは切開時に疼痛がないので反応しないために局所麻酔の注射が打てない。また、医師が多くなったことが原因で十分な臨床実習教育ができにくくなったこと、大学の関連病院での医師受け入れ態勢に問題点があることも否めない事実である。このことは、医師の過失による事故が多発してマスコミを賑わしていることに起因する。熟練医師は、未熟な医師に対し不安が募るために外科手術に携われないことが多いという。それではいつになっても技術が洗練できないことが続くことと、たとえ未熟な医師が手術に携わると失敗することがある。このことが医師の過失として大きく報道されることになり、医師に対する不安が募るため、医師の権威が失墜しかねない。このようなことから常にトレーニングをして外科等の技術を洗練する必要がある。一方、実験動物分野においては動物実験保護運動家から要求されている4Rのひとつであるrefinementに該当し、洗練した技術で動物実験にあたってできるだけ動物に苦痛を与えないという動物福祉面で非常に大切な項目になる。とかく不慣れな技術で動物実験に当たると、手術時間を非常に必要とし実験動物により多くの苦痛を与えかねないのである。できるだけ洗練された技術を持って短時間で実験処置がなされれば実験動物の苦痛がより少ないことになる。このことが実験動物愛護に繋がることになる。また、動物自体へ苦痛を与えること

のないようトレーニングは模型で充分行ってから実践に入れば動物に優しい医学研究ならびに獣医学実習等ができることになるので、replacementができることにもなる。

II. シミュレーターモデルの紹介

実際のサージカルトレーナーについては、英国Limbs & Things社で作製（日本ライトサービス株式会社、神谷通産株式会社販売）されている医学教育用シミュレーターについて以下に紹介する。

- 1) Knot-Tying トレーナー<手結び手技トレーナー>：このトレーナーは外科手術に必要なあらゆる糸結びの仕方を練習することができる。例えば、単結び、外科結び、男結び、女結び3回結び、片手法、両手法、器械結紮、スリップノット法、小さな開創部における深部結紮、大きな開創部における垂直方向からの深部結紮（腹腔内臓器・組織の深部結紮）、大きな開創部における斜め方向からの深部結紮（骨盤腔内臓器・組織の深部結紮）等のトレーニングが可能である。
- 2) 腸管モデル二層：このモデルは生体に近い柔軟性と弾力性を備えた腸管モデルが腸管吻合術のリアリステイックな練習を実現する。練習手技は、しょう膜筋層（Lembert）縫合、全層（Albert）縫合、層々二層縫合、Ganbee一層縫合、一層縫合、端々縫合、側々吻合、結節縫合、連続縫合、ステイプリング等ができる。
- 3) 腹壁ボックスプロフェッショナル<開腹縫合術トレーナー>：開腹術、腹部縫合術、腹部に対するその他の基本的手術手技を練習することが可能。このトレーナーは、基本的手術手技を学習する上で必須のツールである。練習手技としては、腹壁の切開（開腹術）、気腹針の穿刺、トロッカーの刺入、小開腹法、白線の連続縫合、結節縫合、真皮縫合等がトレーニングできる。

- 4) NATTトレーナー<基本的腹腔鏡下手術手技トレーナー>:MATT (Minimal Access Therapy Technique) トレーナーが体系的かつ段階的で臨場感のある基本的腹腔鏡下手術手技の練習を実現、キャリングケースの底部はそのまま組織モデルをセットするベースとなり、他のすべての標準構成はキャリングケース蓋に収納されるようになっている。ベースの上に組織モデル固定具を用いて組織モデルをセットし腹壁支持フレームを取り付けてセットすれば準備完了する。練習手技は、眼と手の連携、腹腔鏡下手術器具の操作、組織の切開・遊離・結紮、縫合、ステイプリング、子宮摘出術、子宮外妊娠術（子宮摘出術外妊娠手術モデル）、胆嚢摘出術（胆嚢摘出術パッド）、腸管の吻合・縫合（腸管モデル）等技術が練習できる。
- 5) 外科手術パッドⅠ：模擬体液で満たされた14本の脈管（動脈・静脈・胆管）が皮膜と結合組織で覆われて1枚のパッドを構成している。開腹手術と腹腔鏡下手術に必要な基本的手術手技（切開・剥離・切離・遊離・結紮・縫合とステイプリング等）を習得することができる。
- 6) 外科手術パッドⅡ：外科手術パッドⅠと同様、模擬体液で満たされた4本の脈管（動脈・胆管）が皮膜と結合組織で被われて1枚のパッドを構成している。2人用トレーニングに最適である。
- 7) 子宮の手術パッド：互いに交差した5組の子宮動脈と尿管が子宮広間膜と結合組織で覆われて1枚のパッドを構成している。子宮円策が子宮広間膜で覆われてパッドの中央を走行している。LAVH（腹腔鏡補助下腔式子宮摘出術）等の子宮摘出術に必要な中級手技を習得することができる。練習手技としては、子宮円策の結紮・切断、子宮広間膜切開・剥離、尿管と子宮動脈の識別及び遊離、子宮動脈の結紮・切断、縫合とステイプリング等の技術が学べる。
- 8) 子宮外妊娠モデル：電気メスやレーザーメス実際に使用して、子宮外妊娠手術の練習を非常にリアリスティックに行うことができる。練習手技として卵管の開口（卵管開口術）、子宮外妊卵の摘出術、卵管の切除（卵管切除術）のトレーニングに使用できる。
- 9) 胆嚢摘出術パッド：解剖学的に精密に再現された臓器モデルが胆嚢摘出術の体系的かつ段階的かつ段階的な練習を再現する。この外科手術パッドで基本的手術手技を習得した後、胆嚢摘出術パッドで練習できる。練習手技は、堪能手技（Calot三角）の切開・遊離、胆嚢管、胆嚢動脈の切開・遊離・結紮・摘出、解剖学的バリエーションの視覚的認識、外科手術パッドで習得した基本的手術手技の臓器での応用、胆道造影、カテーテルの挿入と結石の除去等の技術を習得できる。
- 10) 練習用腹腔鏡セット：腹腔鏡下手術トレーナーに低コストかつ高性能な腹腔鏡を組み合わせて使用することにより、臨場感のある極めてリアリスティックな腹腔鏡下手術手技の練習が可能になる。小型ビデオカメラ、高性能顕微鏡、パンフォーカスレンズ（焦点深度の採用により練習中にビデオカメラ自動調光機能、ホワイトバランス、練習中の音声記録が可能）。
- 11) エレクトロ・サージェリー・トレーナー：エレクトロ・サージェリー・トレーナーの入門用トレーナーである。電気メスやレーザーメスをリセクション・スラブに対し実際に使用して、組織の切断や凝固の練習をリアリスティックに行うことができる。次の手技が練習できる。エレクトロサージェリー器具の連携操作、電機メスによる組織の切除、レーザーメスによる組織の切除等である。
- 12) TEPPヘルニア・トレーナー<腹腔鏡下鼠径ヘルニア・トレーナー>:TEPPヘルニア・トレーナーが、腹腔外腔アプローチ（TEPP法）による腹腔鏡下鼠径ヘルニア修復術のリアリスティックな練習を実現する。練習手技は、鼠径部の解剖学的目標物の識別、腹膜外腔拡張バルーンシステムの使用、外鼠径ヘルニアへの腹膜外腔アプローチ、メッシュの挿入固定、ヘルニア嚢の引き出しとヘルニア門の閉鎖等の技術が習得できる。
- 13) TEPPヘルニア・トレーナー：TEPPヘルニアモデルとTEPP腹膜、内部の解剖、ヘルニア嚢；解剖学的位置を把握することに意義がある。
- ヒステロスコーピー・トレーナー<子宮鏡診断トレーナー>：内部が解剖学的に精密に再現された診断用子宮モデルを用いて、子宮鏡診断（ヒステロスコーピー）のリアリスティックな練習

習を行うことができる。練習手技は、子宮鏡その他の診断器具の挿入・操作・抜去、子宮内病変部の識別、子宮内病変部のパンチ生検等のトレーニングができる。

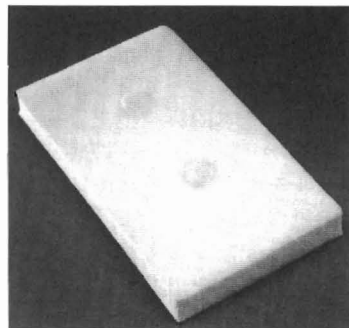
- 14) ウロスコープ・トレーナー<経尿道的尿路結石摘出術トレーナー>：内視鏡を用いた経尿道的尿路検査、経尿道的尿路結石摘出術・粉碎術の練習に幅広く対応する目的トレーナーである。このトレーナーで還流液の制御、検査・手術器具の経尿道的挿入・操作・抜去、硬性または軟性尿管鏡による尿道の検査、膀胱鏡による膀胱の検査、尿管結石の摘出・粉碎、膀胱結石の摘出・粉碎、尿管ステントの留置、ガイドワイヤーの挿入等の技術を学ぶことができる。

- 15) SVGトレーナー<内視鏡下大伏在静脈グラフト採取術トレーナー>：環状動脈バイパス手術（CABG）症例において大伏在静脈グラフト（SVG）を内視鏡下で小さな切皮から低浸襲的に採取する内視鏡下SVG採取術をリアリステイックに練習することができる。これは内視鏡やSVG採取器具の挿入・操作・抜去、組織の識別と遊離、大伏在静脈の結紮・切離、グラフトの採取等がトレーニングできる。

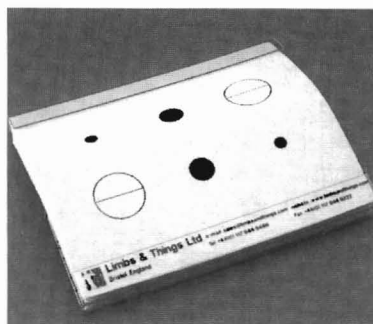
- 16) 縫合トレーニング：縫合トレーニングに必要な持針器等の機械類、縫合針・糸などのスキンスミュレーターのセット。多くの施設で卒業研修や臨床実習のトレーニング、OSCEでの評価用として採用されている。



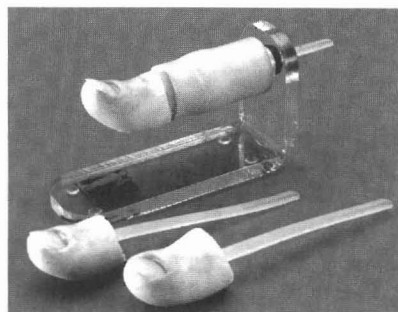
- 17) 皮膚小外科：ダブル皮脂嚢胞付パッドおよびダブル脂肪腫付パッドがあり、切開のプランニング、皮膚切開、鋭鉤での切開とすべての処置リアルにトレーニングでき、2個の腫瘤がある。



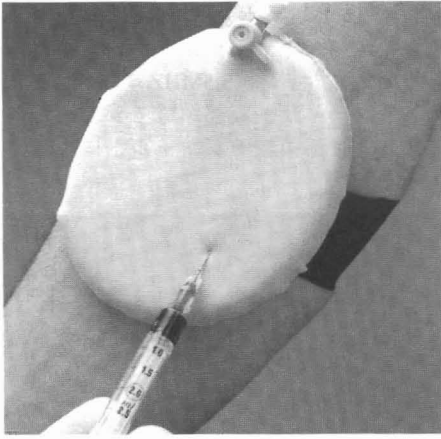
- 18) 局所麻酔：局所麻酔パッド：これは表在の局所麻酔を行うために皮膚構造を再現したパッドで、表面に3種類擬似皮膚病変が印刷されている。このモデルは実際に切開を加えるものではなく、正確な浸潤がなされているか裏側を見ると確認できる仕組みになっている。



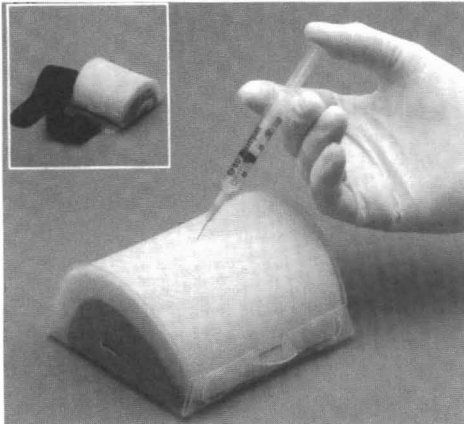
- 19) 陥入爪処置モデル：炎症を起こした爪のモデルである。局所麻酔、止血帯、フェノール化、側爪縁の切開・切除などの処置をシミュレーションできる。1つの爪先に対して両側爪縁の処置ができる。爪先は交換可能になっている。



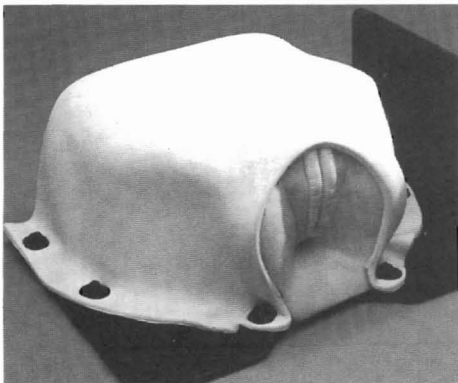
- 20) 静脈穿刺パッド-ACF：擬似血液入り右腕の前肘窩（ACF）：静脈タイプ。腕に取り付けて使用するこのパッドは、患者の接し方から静脈の触知、穿刺、カニューレ挿入のスキルをトレーニングができる。点滴、真空採血管を使用するトレーニングもできる。



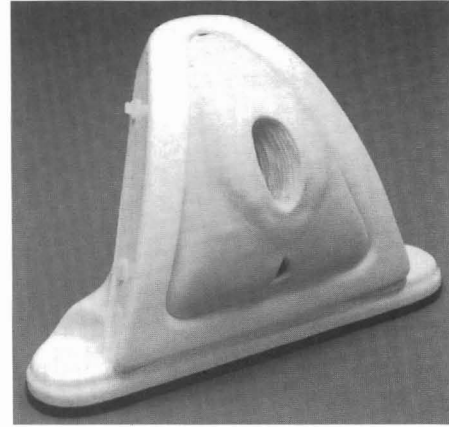
- 21) 静脈穿刺、皮下・筋肉注射：大型静脈穿刺パッド・ACF、筋肉注射トレーナー：この大型パッド・ACF、筋肉注射トレーナー：机上にこのパッドを置いて使用するが、静脈の触知、穿刺、カニューレ挿入のスキルをトレーニングできる。また、筋肉内注射トレーナーにも用いられる。



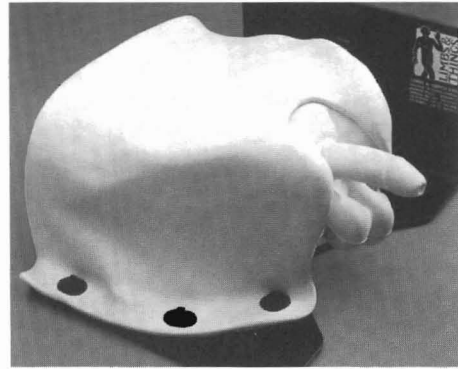
- 22) 臨床用女性骨盤部トレーナー：このモデルは内診、直腸診、導尿等ができるモデルで、子宮、卵管、卵巣、腸、膀胱、尿道、尿管の解剖を把握するのにも役立つ。



- 23) 女性骨盤部領域（会陰切開）：会陰切開縫合術トレーナーに好都合で、リアルな構造が理解できる。表皮下、筋肉層の縫合トレーニングは繰り返し利用できる。会陰部は分娩時のように膨張させることができる。



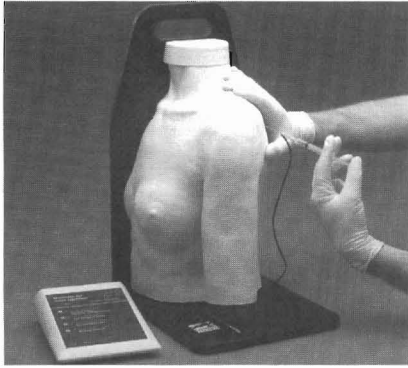
- 24) 臨床用男性骨盤部トレーナー：ペニス・前立腺・会陰・睾丸・直腸と腹壁からできている。本質的な解剖や手技に集中してトレーニングできる。モデルには精巣と輸精管、リアルな肛門があり、導尿、睾丸の触診、直腸診などができる。



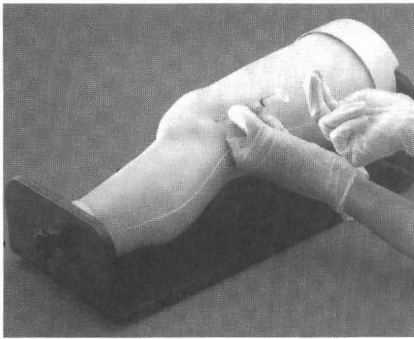
- 25) 乳房診断、触診：生体のような観測が得られるモデルで、癌・繊維線種・良性嚢胞が膜しており、針生検ができる。



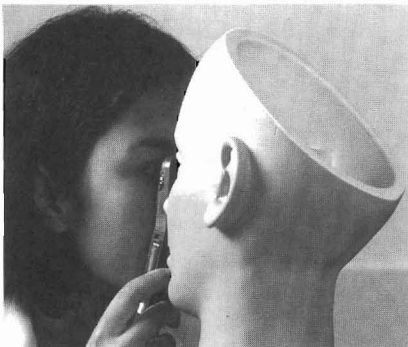
- 26) 関節注射：肩関節注射モデル：損傷や肩関節注射のトレーニング用であり、肩峰下・肩鎖関節・上腕二頭筋長頭の腱鞘・肩甲関節嚢への肩注射用に開発されたモデルである。



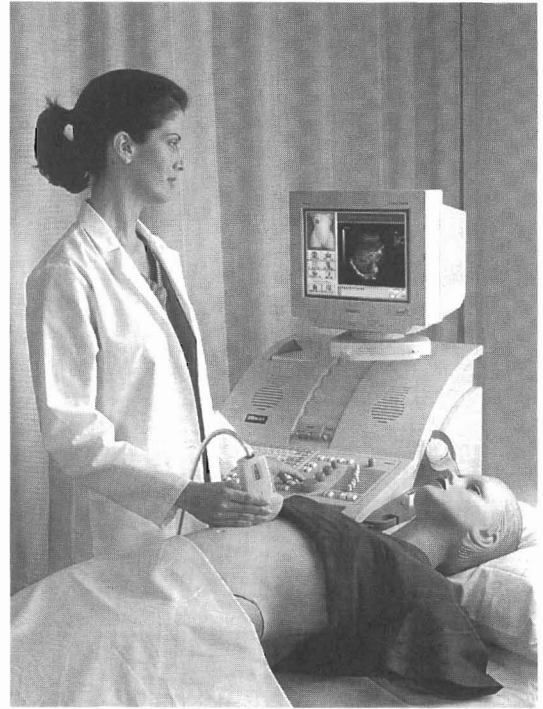
- 27) 関節注射（肘、手&手首モデル）：手根幹鞘、ばね指、テケルヴァン靭帯・第一中手骨関節への穿刺トレーニング用モデルである。穿刺時の姿勢・向き解剖上の標認点の認識、モデルの指の向き、曲げ方で穿刺位置を確認できる。正確な位置に穿刺をすると緑色のランプが点灯するようになっている。中手骨に入ると黄色、正中神経に穿刺すると赤いランプが点灯する。



- 28) 網膜症検査トレーナー<眼底症検査トレーナー>：眼底診察、眼底鏡のハンズオントレーニング用、特に糖尿病網膜症13種の豊富なデータがある。



- 29) 超音波検査トレーニング<超音波トレーニングシミュレーター>；ウルトラシム：本体、フルトルソマネキン、3.5MHZコンベックス型トランスジューサ、腹部領域モジュール用基本ソフト、腹部領域モジュール1により構成されている。



- 30) 内視鏡手術トレーニングシミュレーター
ProMIS：腹腔内視鏡外科手術のリアルな訓練と技能評価に応用できる。このモデルは実際使用している手術器具でトレーニング、検証された側定基準でパフォーマンスを分析、評価、パフォーマンスの見直しにCG及び実写ブレイバック、臨床に即したバーチャルとリアルの多様なタスク、導入しやすいモジュール化されたカリキュラム、技術到達レベルを確認できるマネジメントシステムである。



Ⅲ. 理想的なシミュレーターモデルの作製

これらのシミュレーターは代表的なものを上げたが、まだこれ以上あるのでその用途からより適切なモデルを選ぶことが必要である。よりリアルなモデルがあればより工夫が必要なものまである。いずれにしてもよりリアルなモデルを選ぶとすれば、それは生きた動物が最もリアルでこれ以上のものはない。しかしながら、いたずらに実験動物へ苦痛を与えることも否めない。これらのことがあるので生きた動物を用いるのは、モデルで十二分にトレーニングした後でないといけないと思う。

Ⅳ. 今後のシミュレーターに対する要望

このシミュレーターは今現存のモデルよりもよりリアルなモデルの作製に挑戦すべきである。折角、トレーニングをたくさん積んでもモデルがリアルでなければ実際の生きた動物への本実験を行う場合に役立てることは難しいことであると思う。理想的にはよりリアルなモデル作製に心がけることがシミュレーター作成業者として最も大切なことである。

Ⅴ. 結語

ヒトの手術あるいは実験動物実験を行う場合には、最も大切なことはそれぞれの解剖学的事実をしっかりと認識しておかなければならない。全ての外科的な実験研究はまずしっかりした解剖学的な知識を認識する必要がある。そして医師・獣医師の行う外科手術あるいは動物実験によりリアルなシミュレーションしたモデルを作製し、十二分な訓練を行い、そして本手術ならびに本実験を行うべきである。

Ⅵ. 文献

- 1) 卒後医学教育用サージカルトレーナー、英国 Limbs & Things社、神谷通産株式会社、1～25. 1963.
- 2) 医学教育シミュレーター、英国 Limbs & Things 社、日本ライトサービス株式会社、1～61. 2004.

謝辞：本論文に掲載してある写真、カタログ等ならびにモデルは、英国 Limbs & Things社が作製したものであり、資料のデジタル化は日本ライトサービス株式会社の松下様、神谷通産株式会社の各氏の作製したものであり、朝日医療技術専門学校の森主任に深謝申し上げます。