

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 18 日現在

機関番号：32661

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24650567

研究課題名(和文) 医学教育における採血・注射シミュレーターの開発

研究課題名(英文) Development of drawing blood, the injection simulator in the medical education

研究代表者

土井 範子 (DOI, Noriko)

東邦大学・医学部・助教

研究者番号：00246729

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000 円、(間接経費) 930,000 円

研究成果の概要(和文)：採血技術習得にシミュレータは不可欠であり、既存の製品は解剖学的構造や皮膚の接触感覚、弾力性の点で不完全であり、穿刺による消耗品の発生は経済的に練習機会を制約している。今回、樹脂を選定し穿刺による漏出を高分子吸収ポリマーを利用し耐久性を上げたシミュレータの作成を試みた。学生および研修医による使用感アンケートからは、皮膚の感触や穿刺感覚で6割以上が適切と評価した。構造的改良は今後も必要であるが、穿刺の耐久性および力覚において良好な結果を得たので報告する。

研究成果の概要(英文)：The simulator is indispensable in blood-collecting technical acquisition. The existing product was imperfect in respect of the anatomical structure, contact sensation of the skin, and elasticity. Moreover, generating of the consumables by puncture had restricted the training opportunity economically. I tried the making of the simulator which strengthened the durability by adding a high polymer absorption polymer to choose resin in this study, and to prevent leakage by the puncture. New simulator was evaluated in usability questionnaire by residents and students. The touch and the puncture sense of the skin were judged to be appropriate by rates more than 60%.The structural improvement would be necessary in future, but obtained a good result in the durability of the puncture and a puncture sense.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学

キーワード：シミュレータ 採血 漏出

### 1. 研究開始当初の背景

医療訴訟が増加する中で医療人教育には欠かせない医療技術に採血がある。初学者が採血手技を学ぶ際にはシミュレータでの練習は欠かせない。現在、販売されている採血シミュレータは、腕の類似の形状で中の疑似血管を主に消耗品となるもの、腕類似形状で穿刺部位がシリコン樹脂になっており部分交換するもの、穿刺部位のみを腕に装着するタイプのものが主流である。学習意欲を喚起するシミュレータの条件と既成のシミュレータの使用感について、医学生 24 人、医療従事者 9 人にアンケートを行った。どちらのグループも、半数が人の皮膚感触と穿刺感触に近い素材で構成されていること、33%が血管を探す時の感触が人に近いことが望ましいと回答した。また、一体型が望ましいという意見や、学生からは初学者は穿刺の容易なもので技術練習をすると良いといった意見があった。医療従事者からは、装着タイプによる練習は、穿刺される恐怖感覚を自らも体験することで患者を思いやる意識を養うので良いという評価を得ている。

採血シミュレータに必要な条件を本来の手技に照らし合わせると、実際の採血時には、駆血帯を巻くことで静脈内圧を上昇させ血流を鬱血させて採血量を確保している。そのため、血管の断面は広がり皮膚表面は隆起している。図 1 では、採血に比較的容易な血管の隆起を超音波画像で示している。

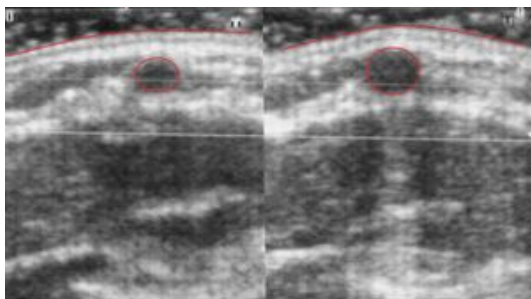


図 1 上腕内の血管 (超音波画像)  
左 駆血帯 (-) 右 駆血帯 (+)

今回の血管の隆起は約 1mm であるが、患者によって隆起しない症例も多い。血管の走行の確認は、皮膚表面の色を目視し指でなぞる、または軽度を押すなどの操作から得られる皮膚弾力の乖離で判断している。皮膚弾力の乖離は、駆血圧の強度により血管内の鬱血程度が異なるため、軽度駆血圧 (約 100mmHg 以下) で表皮の近位に存在する静脈の鬱滞が見られるが、痛みを伴う駆血圧になるにつれて深部動脈の閉鎖が血流を阻害することが確認され、鬱血せず採血の難易度をあげる<sup>\*1</sup>。また、角質層の縦弾性係数が約  $7.2 \times 10^{-1} \text{MPa}$ 、皮下組織の縦弾性係数が約  $3.4 \times 10^{-2} \text{MPa}$ <sup>\*2</sup> であるという報告がある。通常、人が指で判断可能な凹凸面は 0.2mm 程度である<sup>\*3</sup>。これらの生理的特性と粗滑、乾湿、硬軟の 3 つの因子で皮膚表面の触感を指で判

定し、少しなぞりの強度を上げ、数ミリ程度皮下にある静脈と筋組織の硬度の差異によって血管走行を判定している。これらの条件を加味し、初学者なら一体型という意見に対し、既存シミュレータは穿刺という手技のため消耗品の発生を余儀なくされ、経済性の観点からと耐久性を上げるためその皮膚は硬く、本来の人への穿刺感覚を逸脱している。この穿刺感覚の非現実性は、学習意欲を減弱させ、手技練習が粗雑なものとなり、最終的には医療への危険性をもたらすのである。人類似形状でかつ現実的な人の接触感覚に近づけ、耐久性のあるシミュレータの開発が望まれた。

#### 参考文献

- [1] S Sasaki et al., Relationship between tourniquet pressure and a cross-section area of superficial vein of forearm, Acta Med Okayama, Vol. 66(1)(2012), pp.67-71  
[2] 白土寛和, 野々村美宗, 前野隆司: 肌質感を呈する人工皮膚の開発, 日本機械学会論文集, Vol. 73, No. 726, pp. 541-546, 2007.  
[3] 新見孝之, 仲谷正史, 牧野泰才, 前野隆司, 指腹部変形の有限要素シミュレーションを用いたヒト凹凸触認識メカニズムの研究, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 16, No. 3, pp. 427-433, 2011.

### 2. 研究の目的

本研究は、初学者が学ぶためのシミュレータとして、人の穿刺感覚に近くかつ耐久性のあるシミュレータを作成することである。

(1) 人の穿刺感覚に近い樹脂の検索と耐久性向上の模索を行う。

(2) 形成したシミュレータを利用者からの評価を受け、今後の方向性を考察する。

### 3. 研究の方法

#### (1) シミュレータ制作

##### 1) 既存のシミュレータの特性測定

接触感覚 (柔軟性) では、皮膚の感覚に近い既存シミュレータ (シンジョー 2: 京都科学) についてデジタルフォースゲージ FGP0.2TV (日本電産シンポ) にて 2mm の押し込みに対する反発力を計測する。



2) 人に対し駆血帯を巻く際の反発力測定  
健康人 6 人の軽度の駆血圧による上腕静脈 (肘正中皮静脈、橈側皮静脈) 上の体表 5mm の押し込みに対する皮膚反発力の変化を FGP0.2TV にて測定した。

##### 3) 樹脂の検索

7 種のシリコン樹脂 (VP7550: 旭化成ワッカーシリコン社製、Ecoflex10、Ecoflex30、

Ecoflex30 含有シリコンシンナー10% : smooth-on、義体用シリコン：浅草ギ研、Platsil Gel00、Platsil Gel10: Mouldelife) ついてシャーレ 60mm に各シリコン樹脂 10ml を硬化させ、シャーレの中央部で 2mm 押し込みに対する反発力を検討した。(表 1)

4) 疑似血管を作成する。

内径 2mm、外径 6mm の各種樹脂による疑似血管を作成し、5cm の引き張りについての断裂力を測定した。(表 2)

5) 疑似血管の穿刺耐久性を測定する。

Platsil 00 の 0.7 - 1mm 厚の内皮 + Ecoflex 10 または 30 の外層 + 漏水防止処理をした外径約 6mm の 2 種の疑似血管を作成し、22G の注射針による穿刺に対する耐久性テストを行った。模擬血管より模擬血が継続的に漏出時を、実験終了として穿刺回数を調べる。

6) 採血シミュレータの外観作成とアンケート

既成の人骨モデルに手首より先は型によるシリコン充填させ、ウレタンスポンジ、シリコン樹脂を巻きつけ、内部には疑似血液の供給用ゴム管、手首付近で折り返し組織表面を 4) 5) で作成した疑似血管を走行させた。内部構造に Ecoflex 10 と Ecoflex 30 を混合し、表皮には成形時間の短縮化と安定性から Platsil 00 を用いて人の表皮からの直接的な型取りを行い一体型の表皮を作成した。表皮皮膚のシリコンと模擬血管部分は、血管の動きを確保するためシリコンによる完全充填はしておらず、疑似血管に正確に穿刺することができない失敗の際は空気の流入が起こる構造とした。



図3 作成したシミュレータ (2) 評価：製品アンケート

作成シミュレータの評価には、学生 29 人と研修医 22 人のボランティアによる既製品 3 社 (A かんたんくん、B シンジョー : 京都科学、C 坂本モデル) と D 作成シミュレータの製品アンケートを行った。

アンケート項目は、皮膚について、穿刺について、練習用としての適性を 4 段階で評価した。

#### 4. 研究成果

##### (1) シミュレータ制作

##### 1) 既存のシミュレータの反発力

2mm 押し込みに対する反発力は、既存のシミュレータで  $0.40 \pm 0.06 \times 10^{-1} \text{MPa}$ 。健康人では  $0.31 \pm 0.02 \times 10^{-1} \text{MPa}$  であった。

##### 2) 人での駆血帯の有無による反発力

5mm 押し込みに対する反発力は駆血帯 (-)  $1.75 \pm 0.66 \times 10^{-1} \text{MPa}$ 、駆血帯 (+)  $2.49 \pm 0.58 \times 10^{-1} \text{MPa}$  であった。

### 3) 樹脂検索

2mm の押し込みに対する反発力を示した。今回試作したシリコンの樹脂サンプルの厚みが薄いため、反発力は高めとなっている。

表 1 シリコン樹脂の反発力 ( $\times 10^{-1} \text{MPa}$ )

	St	SD
VP7550(4% Catalyst T 40)	2.48	0.00
Ecoflex 10	0.79	0.00
Ecoflex 30	0.96	0.00
Ecoflex 30+シリコンシンナー(10%)	0.81	0.14
Platsil 00	1.03	0.08
Platsil 10	2.50	0.15
義体用シリコン	0.70	0.09

接触感覚から Ecoflex-10 が柔軟性に富み、ベストであるが、べたつきが強く、模擬皮膚の外面として利用できないことがわかった。

### 4) 疑似血管の断裂力

表 1 で示した樹脂の中で、柔軟性の高いものを使用した疑似血管を作成し、血管強度を計測するために引力による強度を測定した。疑似血管の引裂強度は表 2 に示すように platsil 00 の強度が強い。しかし、柔軟性に欠ける。表 2 実験の結果から、柔軟性の高い樹脂は、引き裂き強度が弱いため耐久性が低いことが示された。

表 2 引裂強度

$\times 10^{-1} \text{MPa}$	St	SD
Ecoflex 00	1.65	0.27
Ecoflex 30 + シリコンシンナー	2.04	0.45
Ecoflex 30	3.53	0.96
Platsil 00	3.65	0.52
義体用シリコン	1.27	0.32

### 5) 疑似血管の漏出耐久性

疑似血管を Ecoflex30、Ecoflex10 で作成し、その際にアクアキープ(住友精化)を混合した疑似血管を作成した。

アクアキープの含有量による樹脂の伸展力は 10cm に切った疑似血管に 0.4N の引力に対する伸展距離で計測を行った。

表 3 アクアキープの含有量と伸展

%	St(cm)	SD
0	21.57	4.19
1	16.98	2.04
2	17.95	1.22
4	13.79	1.69
6	10.22	1.99
8	9.14	2.42

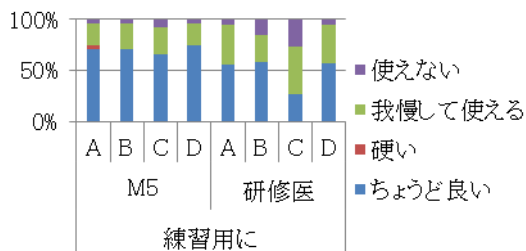
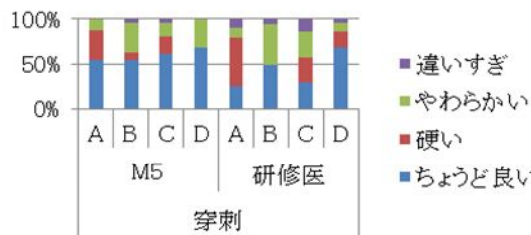
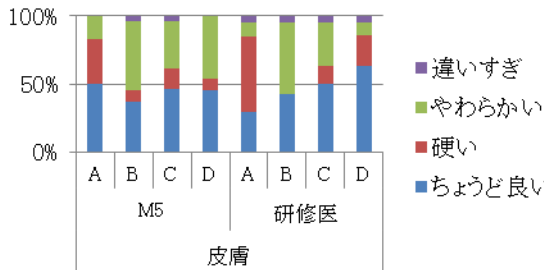
アクアキープの含有量は伸展を阻害するが、穿刺による耐久性テストでは、Ecoflex 10 は 10 回未満の穿刺で漏水が発生するのに対し、Ecoflex 30 で作成した疑似血管ではアクアキープ 7.5-10%の含有で 100 回以上の穿刺でも明らかな漏水は見られず、

Ecoflex 30を疑似血管の樹脂に採用した。アクアキープは水を含むと膨張するため、Ecoflex 30に含有していることで通常の還流でも疑似血液と接触することになり、穿刺をする前から膨張が始まって疑似血管の塞栓が起きてしまうため、疑似血管内皮に耐久性の高いplastic 00を外層にEcoflex30含有10%アクアキープの2層構造で疑似血管を作成した。

(2) 評価：製品アンケート

皮膚や穿刺感覚が硬い製品であっても練習用としての利用者の声には影響はなかった。

皮膚の質感、穿刺の感触は作成したシミュレータ(D)が高評価を得た。しかし、練習用という意味では大きな差は見られなかった。この点について、自由記載のコメント欄に研修医から失敗した時に空気が入るところが現実感を逸脱しているとのコメントがあり、今後の課題点とした。利用についての(c)の製品が学生はほかの3製品と変化ないが、研修医では明らかに利用を希望しない声が多い点について、コメント欄には(c)が血管の走行が明らかに見えるため簡単すぎて練習にならないとのコメントもあり、初学者には練習になるシミュレータでも、「採血経験のあるものが技術練習するには、適度な難易度も必要であることが示された。



7) まとめ

今回作成した採血用シミュレータは腕の

皮膚を一体型とし、皮膚の柔軟性も人に近いものとしたが、人の血管のように動く血管を作り出すことで難易度を上げる結果にはなかったものの、組織気密性を欠く製品としたため、採血失敗時に空気が入る点で実際の人と異なる点が、評価を下げた。組織充填率を上げるとは、血管の動きを下げることもつながるため、今後の課題とした。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計1件)

土井 範子

採血シミュレータの開発

第18回バーチャルリアリティ学会

2013年9月20日 グランフロント大阪(大阪府大阪市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

土井 範子 (DOI, Noriko)

東邦大学・医学部・助教

研究者番号：00246729