

## 脳波検査電極配置用シミュレータの学生への教育的効果

大 栗 聖 由<sup>\*1§</sup> 上 原 一 剛<sup>\*2</sup> 秋 山 翔 太<sup>\*3</sup> 池 口 拓 哉<sup>\*3</sup>  
佐々木 強<sup>\*4</sup> 丸 本 恵<sup>\*4</sup> 中 山 裕 美 子<sup>\*4</sup> 前 垣 義 弘<sup>\*5</sup>

**要 旨** 脳波検査は、頭皮上に電極を配置して脳機能を評価する検査である。しかし、脳波検査に用いることができる教育用シミュレータは認められない。そこで、われわれは脳波検査電極配置用シミュレータを開発し、使用前後での脳波検査に対するイメージや使用感に関するアンケート調査を行なった。対象は鳥取大学医学部保健学科臨床検査技術科学専攻の学部3年生42人。シミュレータを使用する前後でアンケート調査を行い、シミュレータの有効性を評価した。脳波検査に関するイメージについて、使用前では14%の学生がふつう、77%の学生が難しいと答えていたが、使用后では30%の学生がふつう、61%の学生が難しいと答えた。本シミュレータは、脳波検査に対する学生への教育効果が期待できるが、まだ試作段階であるため更なる改良を加え教育現場や脳波研究の導入部で活用できるように改良を加えていきたい。

**キーワード** 脳波検査、シミュレータ、学生実習、イメージ

### はじめに

医療現場において検査や処置、手術を行う場合、施術するスタッフは十分な知識と経験が必要である。しかし、新人医療従事者には十分な知識や経験がなく、教科書的な知識を習熟するのみでは実践に生かせない<sup>1)</sup>。また、新人教育における指導者は、自己流で教えることもあるため指導力に差が生じ、新人医療従事者の理解力に個人差が現れる場合がある。

医学教育の現場では、患者での練習が困難な医療行為をシミュレータで練習することにより、医

療行為の質を担保しようとする試みが広がりつつある。そして、臨床検査領域にもシミュレータの重要性が認知されている<sup>2)3)</sup>。検査領域におけるシミュレータを用いた教育の意義は、患者との接し方や座学やDVD研修のような動画では練習不可能な、3次元的生体構造の理解と手技における微細な感覚的スキルを習得することである<sup>4)</sup>。脳波検査は患者の頭皮上に電極を配置して脳機能を評価する検査の1つである。ペーストを使用した電極配置は、人の頭の大きさによる違いや髪の毛のため容易ではなく、実習を嫌がる学生も少なからず存在する。また、脳波検査にたずさわる臨床

\*1 香川県立保健医療大学保健医療学部臨床検査学科 § ooguri-m@chs.pref.kagawa.jp

\*2 鳥取大学医学部附属病院新規医療研究推進センター

\*3 鳥取大学大学院医学系研究科保健学専攻

\*4 株式会社日本マイクロシステム

\*5 鳥取大学医学部脳神経医学講座脳神経小児科学

検査技師は、脳波の判読を通して電極の装着具合や患者の状態を把握するとともに、脳波所見作成の補助も行っている。この脳波判読は、患者の状態や脳波波形に混入するアーチファクトの知識、そして病的な波形か判断する基礎的知識を総合的に組み合わせて判断することで適切な評価を行うことができる。しかし、新人の臨床検査技師がこれらを容易に会得することは困難であるため、脳波電極装着や脳波判読を繰り返し練習することが必要不可欠である。しかし、現在脳波検査に用いることができる教育用シミュレーションツールは存在せず、臨床現場の同僚に声をかけて業務外の時間に練習するのが通例である。そこで、われわれは脳波検査電極配置用シミュレータを開発した。今回は、学生に対して脳波検査電極配置用シミュレータを使用し、使用前で脳波検査に対する固定観念の解消を見込めるか検討を行った。

## II. 対象と方法

対象は2018年10月から2019年1月に、鳥取大学医学部保健学科臨床検査技術科学専攻3年時の42名(年齢20～23歳)。倫理的配慮として、事前にインフォームドコンセントを行い、承諾した学生に対して検討を行った。本研究に際し、株式会社日本マイクロシステムと共同研究体制を締結しているが、利益相反にかかるような金銭の授受は存在しない。

### 1. 使用する脳波検査電極配置用シミュレータ

#### 1.1 シミュレータの仕様

本検討において使用した脳波シミュレータは、鳥取大学医学部附属病院新規医療研究推進センターと株式会社日本マイクロシステムとともに新たに開発した。このシミュレータの特徴は、電極の貼り付け行為を感知して脳波電極が適切な場所に貼り付けられているか表示可能なことと、貼り付けた場所に応じて表示波形が変化することである。プロトコル(図1)としては、以下のとおりである。

① 頭部モデル上に、国際10/20法に基づいて装着されたメッシュ状電極(第1電極)とその上部に触れないように感圧センサ(第2電極)を

配置する。

- ② 第2電極は、ゴム状のチューブである感圧エラストマ、感圧エラストマ内を通る第一電極、頭部モデル上に配置した第1電極で構成されている。感圧エラストマとは、従来絶縁体とされているゴム材料に導電材を混ぜることで導電タイプにしたものである。ゴムの弾性を生かして、圧力変化によるゴムの変位(歪み)に伴って電気抵抗値を変化させることができる。
- ③ 適切な位置に電極を貼り付けて生じる押付力を利用して、第1電極と第2電極間の抵抗値が減少する。
- ④ この抵抗値の変化を感知し、電極配置が適切な場所に貼り付けできているかどうかを判断する。

また、電極とセンサの位置関係によるシミュレータの出力について図2に示した。

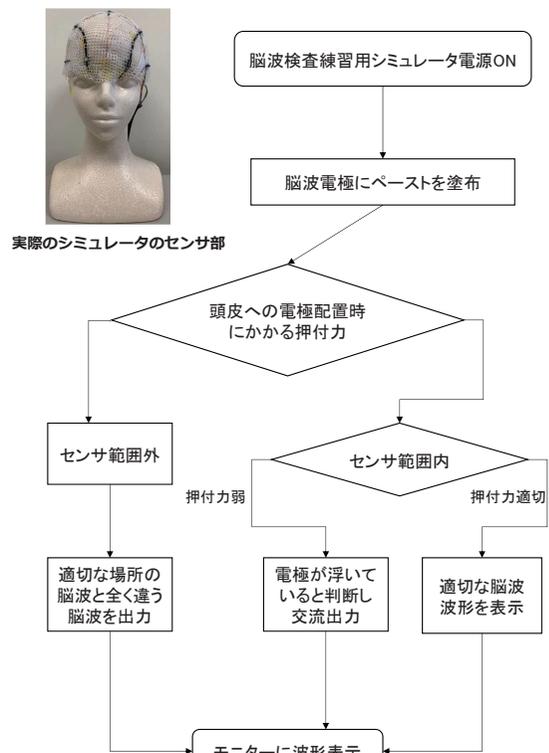


図1 脳波検査電極配置用シミュレータのフローチャート

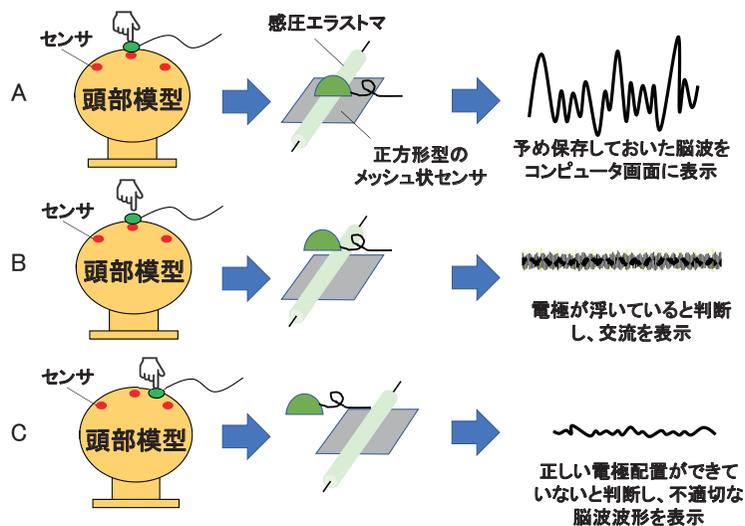


図2 電極とセンサの位置関係によるシミュレータの出力方法

A: 適切な押圧力の場合、B: 押圧力が弱い場合、C: 押圧力がセンサ範囲外の場合

### 1.2 電極配置認識閾値の設定

電極圧着位置の計測部は抵抗値を電圧に変更する抵抗分圧を利用している。具体的には抵抗値( $\Omega$ )を電圧値(V)になるように設定しているが、ここから更にパソコンに取り込むためアナログ・デジタル(A/D)変換を行っている。このA/D変換された値がコンピュータ上に表示されるよう設定した。設定として、0～5Vの電圧を分解能12bitのA/DコンバータでA/D変換してPCディスプレイ上に表示した。抵抗値の変化方法としては、本機械に実装した第1電極と第2電極が接触することで抵抗値が下がる仕組みとなっている。具体例として、第1電極-第2電極間の抵抗値が非常に小さく無視できるような場合0Vの電圧となり、A/D変換後の値は0とディスプレイに表示される。また、第1電極-第2電極間の抵抗値が大きく3Vとなった場合、A/D変換後の値は2500と表示されるように設定した。電極が適切に装着されたと認識する閾値の決定方法は、実際に臨床で10年以上脳波検査に携わる技師に本シミュレータを使用してもらい、電極配置時における抵抗の減少具合を5回測定し、そのA/D変換され

た値の平均値1000を電極配置認識閾値と設定した。今回、正方形の第1電極を用いたため、感知範囲は第1電極の大きさである $1\text{cm}^2$ に設定した。この範囲内であれば感圧エラストマが触れることで感知するよう設定した。よって、電極ずれ最大感知範囲は $1\text{cm}^2$ に設定した。本来、電極位置が多少ずれていても記録される脳波に一目でわかるような違いは生じないが、本検討においては初学者でも電極の左右差がわかりやすいように脳波表示波形を設定した。その設定としては、電極位置が適切な場所のセンサ範囲内に取り付けられた場合かつ押付力が閾値以下であれば装着場所に一致した脳波が、押付力が閾値以上であれば電極が浮いていると仮定し、交流が表示されるよう設定した。一方、電極を貼り付けた場所がセンサ外であれば、装着場所で認められる脳波とは異なる波形を表示し、脳波波形の左右差が理解しやすいように設定した。

### 2. アンケート調査

アンケート調査は、脳波シミュレータの使用前後で行った。本シミュレータ使用前に、脳波検査のイメージ、脳波電極配置名の記憶、脳波電極の

予想装着時間について質問した。次にシミュレータの使い方について説明した後、研究対象者に一人につき30分間シミュレータを使用してもらい、脳波電極の貼り付け練習を行ってもらった。最後に本シミュレータの使用による脳波検査のイメージに対する変化を評価するために、脳波検査のイメージ、脳波電極配置名の記憶、脳波電極の実際の装着時間、実技の向上について再度アンケート調査を行った。アンケート調査における解答表記として5段階評価を用いた(表1)。また、シミュレータの使用により感じたことがあれば自由に記述できるよう、アンケート調査の最後に自由記述欄を設けた。

### 3. 統計解析

統計解析にはIBM SPSS statistics version 25 (IBM, 東京, 日本)を使用した。アンケート評価項目ごとの結果と本シミュレータ使用前後における関係性について $\chi^2$ 検定を用い、 $p < 0.05$ を有意水準とした。有意差が認められた場合は、 $\chi^2$ 検定後に残差分析を行い関連性の高い項目について調査した。

## II. 結 果

脳波検査のイメージについて、シミュレータ使用前では14%の学生が脳波検査はふつうと回答し、77%の学生が難しいと答えていた。脳波シミュレータの使用後では、簡単と答えた学生はいなかったが、30%の学生がふつう、61%の学生が難しいと回答し、使用後に難しいと答えた学生が減少する傾向を示した( $p = 0.076$ )。電極装着時間について、87%の学生が30分以内に装着可能であると予想していたが、実際には約半数(51%)の学生は40分以上かけて装着しており、使用後において40分かかる学生が有意に上昇した( $p < 0.01$ )。技術の向上について、本シミュレータを使用し84%の学生が脳波技術の向上を実感したと答えていた。良かった点としては、電極場所の確認を実践的に把握できたという意見や人間相手の練習ではないので気兼ねなく練習できたという意見が多かった。悪かった点としては、電極位置の感知力が弱いため改善してほしいという意見が最も多かった。

表1 アンケート調査各項目と5段階評価

実際のアンケート調査項目	評価				
(シミュレータ使用前)					
脳波検査のイメージについて、検査としての難易度はいかがですか。	難しい	やや難しい	ふつう	やや簡単	簡単
脳波電極配置名の記憶について記憶することはどのくらい難しいですか。	難しい	やや難しい	ふつう	やや簡単	簡単
脳波電極を何分で装着できると思いますか？	50分	40分	30分	20分	10分
(シミュレータ使用后)					
脳波検査のイメージについて、検査としての難易度はいかがですか。	難しい	やや難しい	ふつう	やや簡単	簡単
脳波電極配置名の記憶について記憶することはどのくらい難しいですか。	難しい	やや難しい	ふつう	やや簡単	簡単
脳波電極を何分で装着できましたか？	50分	40分	30分	20分	10分
脳波検査実習を終えて、脳波に対する実技の能力は向上しましたか？	うまくできなかった	ややうまくできなかった	変わらない	やや向上した	向上した

表2 アンケート調査結果と使用前後の関係性

アンケート 調査項目	結果 (人数)												p
	シミュレータ使用前						シミュレータ使用后						
脳波検査の イメージ	難しい 16	やや 難しい 17	ふつう 6	やや 簡単 0	簡単 0	無回答 3	難しい 8	やや 難しい 18	ふつう 13	やや 簡単 0	簡単 0	無回答 3	0.076
脳波電極 配置名の記憶	難しい 3	やや 難しい 12	ふつう 21	やや 簡単 3	簡単 0	無回答 3	難しい 2	やや 難しい 13	ふつう 18	やや 簡単 5	簡単 0	無回答 4	NS
脳波電極の 予想装着時間	50分 4	40分 1	30分 13	20分 18	10分 3	無回答 3	50分 4	40分 16	30分 14	20分 5	10分 0	無回答 3	< 0.001
実技の向上	—	—	—	—	—	—	向上 しな かった 0	やや 向上し な かった 0	変わ ら ない 3	やや 向上 した 31	向上 した 5	無回答 3	

NS, not significant

脳波電極配置名の記憶について、本シミュレータ使用前後どちらも35%の学生が難しいと答えており、使用前後における脳波電極配置場所についての記憶力に有意な差は認められなかった。

### III. 考 察

将来、脳波検査に携わる学生に本研究で開発した脳波検査電極配置用シミュレータを用いて脳波検査教育を行うことで、脳波検査に対するイメージの向上に貢献することが可能と考えられた。

脳波検査は学生実習の中でも学生たちから敬遠される一つの項目である。その理由として、一つは検査手技の煩雑さが考えられる。日本臨床衛生検査技師会が出版している技術教本には電極配置の細かな方法が記載されているが、初学者にとって読んだだけでは電極配置をイメージすることは難しい<sup>5)</sup>。本シミュレータを用いた学生の約8割が技術の向上を実感したと回答した。このことから、脳波シミュレータを用いることで学生は脳波検査の適切な電極配置をイメージしやすく、脳波修学意欲を向上させる可能性が考えられた。しかし、簡単な脳波シミュレータを作成して学生に体験させてしまえば、脳波検査は想像以上に簡単で

あると誤認させ、修学意欲にマイナスな要素を与えてしまう恐れがある。本検討では学生対象に施行したが、今後は臨床現場の技師や教育機関で脳波実習に携わっている教職員にも体験してもらい、修学意欲が刺激されるような知見を集めてシミュレータをアップデートさせていきたい。

適切な脳波電極配置を可能にするために脳波電極名を覚える必要がある。これは記憶力の問題であり、講義や教科書で知識を得ることができる。そのため、シミュレータの使用前後で意識が変わらなかったと考えられた。

本検討で用いたシミュレータに市販のマネキンを使用することで、頭の大きさを標準化することができた。これにより、球体である頭への電極配置場所を3次元的に視覚で確認することができ、脳波検査を難しいと感じる学生が減少したと考えられた。また、脳波電極が浮いていると判断して表示する交流や、まったく違った場所に電極を配置してしまった場合に表示した電極の左右差を視覚的に捉えやすい波形により、より臨床に即した練習が可能であったと考えられた。

本研究の限界点として、今回使用したシミュレータのセンサ感知範囲は非常に狭いため、感知

範囲を改善する必要があると考えられた。また、脳波検査時の電極装着時に交流が表示される主な原因として、本来であれば装着部の清掃が不十分なことやペーストが適量塗布されていないことが考えられる。今回、学生によりわかりやすく理解してもらうために、圧着が弱いところに交流が表示されるよう設定した。今後、臨床で行われているような頭皮上の抵抗値を落とす作業が適切に行われているか感知する新たな仕組みや、ずれの方向がわかる感知システムを開発して本シミュレータに実装していきたい。

本検討から、脳波検査を実習する学生たちが脳波装着時間を短く見積もる傾向にあることが明らかになった。脳波検査技術教本には、脳波検査を1時間として電極装着時間は15分程度を目安とすると記載されている<sup>4)</sup>。これは、実際の脳波記録と準備や片付けを加味した時間と考えられる。今回の結果から、参加者42人中回答者39人全員が電極配置に20分以上時間をかけており、繰り返し練習の必要性を再確認することができた。

検査技術を習得させるためには、①検査や診断を行うための基礎知識、②経験者から直接手ほどきを受け体験させること、③繰り返しの練習、これらの要素が重要である<sup>6)~9)</sup>。上嶋らは、麻酔科医に対するシミュレーション教育の重要性を報告しており、実体験の講義やエビデンスだけではなく、機器や動画などイメージを付けやすい媒体をうまく活用することが重要と報告している<sup>8)</sup>。また、臨床検査分野におけるシミュレータは、繰り返しの練習が難しい医療行為を臨床現場に近い形で何度でも練習することができるため、より安全な医療を患者に行うことを可能にする必要な教育項目である<sup>10)</sup>。現在、脳波検査教育に特化したシミュレーションツールは存在しないため、より実践に即した電極装着ができるシミュレータを開発し、脳波教育の基準化に貢献したい。

## 結 語

脳波電極配置時の接触不良や、電極位置ずれによる脳波左右差を表示可能な脳波検査電極配置用シミュレータを作成して使用することで、脳波検

査に対する固定観念の解消に寄与することができた。しかし、本シミュレータは試作型の段階であるため、使用後に得た様々な意見を取り入れ、より実践力を身に着けることができるシミュレータに仕上げしていきたい。

## 文 献

- 1) 坂本成司, 山崎和雅, 分倉千鶴子, 角田紫, 川本理恵. 手術部新人ナース教育におけるシミュレーターの有用性. 日本手術医学会誌 2006; 27 (4): 342-4.
- 2) Wayne DB, Didwania A, Feinglass J, Fudala MJ, Barsuk JH, McGaghie WC. Simulation-based education improves quality of care during cardiac arrest team responses at an academic teaching hospital: a case-control study. Chest 2008; 133(1): 56-61.
- 3) Peltan ID, Shiga T, Gordon JA, Currier PF. Simulation improves procedural protocol adherence during central venous catheter placement: a randomized controlled trial. Simul Healthc 2015; 10(5): 270-6.
- 4) 志賀隆, 藤崎和彦, 小松弘幸, 前野貴美, 阿部恵子, 春田淳志, その他. 医学部医学科におけるシミュレーションに関する大学教員研修についての全国調査報告. 医学教育 2019; 50(3): 245-50.
- 5) 一般社団法人 日本臨床衛生検査技師会. 神経生理検査技術教本. 東京: じほう 2015: 38-43.
- 6) 板倉朋子, 酒田あゆみ, 渡邊恵利子, 前田トモ子, 上原平, 重藤寛史, その他. 判読結果比較機能を用いた脳波技師の施設内スキルコントロールの試み. 日本臨床検査自動化学会誌 2019; 44(1): 34-40.
- 7) 大前暁政. 教育方法と授業技術を意識させ、習得させるための「教育方法論」の実践. 教師学研究 2015; 16: 1-11.
- 8) 酒田あゆみ. 教育ツールとしての利便性と問題点. 臨床神経生理学 2017; 45(6): 512-9.
- 9) 上嶋浩順, 石川有里恵, 大嶽浩司. シミュレーション教育を広めていくために. 日臨麻会誌 2018; 38(1): 74-7.
- 10) 土井範子, 盛田俊介. 臨床検査領域におけるシミュレーション教育. 東邦医学会雑誌 2010; 57(2): 163-4.