

## 【44】

氏 名	すぎ き だい すけ 杉 木 大 輔
学位の種類	博士（医学）
学位記番号	乙第840号
学位授与の日付	令和5年2月21日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項
学位論文題目	<b>A web-based self-learning system for ultrasound-guided vascular access</b> <b>（超音波ガイド下血管穿刺のためのインターネットによる自己学習システム）</b>
論文審査委員	（主査）教授 小 野 一 之 （副査）教授 山 口 重 樹 教授 坂 田 信 裕

### 論 文 内 容 の 要 旨

#### 【背 景】

超音波ガイド下中心静脈カテーテル法（Ultrasound-guided central venous catheterization：US-CVC）は、中心静脈カテーテル法の「ゴールドスタンダード」技術となり、多くの施設で実施されている。US-CVCは、この手技の成功率を向上させ、合併症率を低下させることが示されている。しかし、超音波ガイド下中心静脈カテーテルのメリットを引き出すためには適切なトレーニングが必要であり、最低限必要なトレーニングについてはコンセンサスが得られている。Schmidtらは、中心静脈カテーテル留置を成功させるための必要なスキルとして、針の視認性と手と目の協調性の重要性を示した。我々は以前、中心静脈カテーテル留置の機械的合併症を回避するために、静脈後壁を貫通しないことの重要性を検証している。したがって、臨床で安全に中心静脈穿刺を行うためには、針の視認、手と目の協調、後壁貫通の回避の3つの分野のスキルを習得することが不可欠である。我々は、これらのスキルを習得するための最低限必要なスキルを統合した学習システムを開発した。この学習システムは段階的に手技を習得する形とし、その結果、針先の視認性と穿刺精度が向上し、成功率が高まることを示した。現在、このシステムはインターネットを介して利用することができる。近年インターネットを利用した自己学習の有用性が報告されている。そこで我々はインターネット上で手技を段階的に学習するシステムが自己学習に有効であると仮定した。

#### 【目 的】

インターネット上での学習システムが自己学習ツールとして有用であるかを検証する。

## 【対象と方法】

本研究は、単一施設における観察研究とし、当院倫理委員会の許可を得た（承認番号1883）。参加者に対しては研究への参加について同意を得ており、本研究で得られた分析時の個人情報論文化時点で個人情報保護に基づき匿名化した。参加者は初期臨床研修医で、インターネット上での学習システムで自己学習し、超音波ガイド下血管穿刺トレーニングを行った。その後スキル習熟度を測定した。主要アウトカムは、超音波ガイド下血管穿刺の基本スキルである針の視認性、手と目の協調動作、後壁貫通の回避を自己学習により研修医がどの程度習得できたか、とした。

本研究には40名の初期臨床研修医が登録された。全員US-CVCの経験がある参加者はいなかった。1名の参加者は自己学習システムに登録したが、スキルテストを受験しなかった1名を除き、39名の参加者のデータを分析した。

## 【結 果】

最初のスキルテストに合格したのは11人（11/39、28%）、2回目のテストに合格したのは21人（21/39、54%）、3回目のテストに合格したのは6人（6/39、15%）、4回目に合格したのは1人（1/39、3%）であった。最終的にスキルテストには全員が合格した。

最初のテスト合格者と不合格者の間で、インターネットの学習システムへのアクセス日数は平均2.27日（SD1.8）と平均2.57（SD2.8）、総画面閲覧数は平均204.5（SD135.7）と204.3（SD206.2）、総学習時間は平均71分（SD 51）と平均77（SD95）であり、それぞれ $p=0.45, 0.747, 0.890$ と有意差はなかった。またこの合格者と不合格者のスキルテストの成績には差があり、特に手と目の協調動作の成績（合格者がIn plane法中央値4（IQR4）、Out of plane法中央値4（IQR3-4）で、不合格者はIn plane法中央値2（IQR2-3）、Out of plane法中央値2（IQR2）と後壁貫通の回数（合格者がIn plane法とOut of plane法ともに0回で、不合格者はIn plane法5回、Out of plane法6回）に差がみられた。

## 【考 察】

本学習システムを用いた自己学習により、28%の研修医が1回目のスキルテストに合格した。残りの72%は1回目のスキルテストに不合格となったが、本学習システムとフィードバックに基づいたスキルトレーニングによる自己学習を継続し、最終的には合格した。不合格者は手と目の協調動作の評価結果が合格者と比べ低かった。手と目の協調動作は針と超音波の両方を動かしながら描出を行わなければならない、針の視認性の上位にある技術と言える。より高度な技術と考えれば、それだけ習得は難しく、このことが初回の合格者と不合格者に見られる技能の差の一因になっていると考えられた。

本学習システムは、超音波ガイド下血管アクセスに必要な3つのスキルを習得するための効果的なトレーニングツールとして使用でき、完全習得学習に必要な特性を備えている。しかし完全習得には専門家による客観的な評価が必要であり、スキル評価表に基づく専門家によるフィードバックが今回は有効に働いていた。つまりスキルテストは、本学習システムが自己学習に利用できるかどうかを検討する総括的評価として実施したが、結果的に設定された合格最低基準の習得度を測るためのスキルの形成的評価として機能することになった。したがって、本学習システムを独学でスキルを習得できるシステムとして機能させるためには、総括的評価の前段階に形成的評価（例としてスキルテスト前

の各ステップの手技動画の提出やそれに対する指導医からのスキル評価表に基づいたフィードバックなど)を組み込む必要がある。

本研究のシミュレーション教育で得たスキルの臨床への応用には限界がある。特に、本研究で達成すべき針の視認性、手と目の協調運動、後壁貫通の回避は、最低限必要なスキルであるが、臨床の現場では、指導医による監督や指導が必要であることがわかった。

## 【結 論】

本学習システムは自己学習システムとしては不完全なものであった。一方超音波ガイド下血管穿刺のハンズオンセミナーに使用すると効果的であったと報告されており、自己学習システムとして利用するためには、スキルの客観的な評価を取り入れることが必要である。また血管穿刺のためのシミュレーション教育の必要性は明らかであるが、その有効性はまだ不明である。血管穿刺のためのシミュレーション教育は、教育内容・方法ともに今後も発展していくことが予想され、こうしたインターネットを利用した学習システムによる自己学習はその有力な候補の一つである。

## 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

### 【論文概要】

超音波ガイド下中心静脈カテーテル法は、中心静脈カテーテル法の「ゴールドスタンダード」な技術となり、多くの施設で実施されている。臨床で安全に中心静脈穿刺を行うためには、針の視認性、手と目の協調動作、後壁穿刺の回避の3つの分野のスキルを習得することが不可欠であり、これらのスキルを習得するための学習管理システムが開発されており、インターネットを介して利用することができる。そこでこの学習管理システムと事前配布したトレーニングキット（携帯型超音波装置と血管モデル）が自己学習ツールとして有用であるかを検証した。申請論文では40名の初期臨床研修医のうち、超音波ガイド下血管穿刺の経験がある参加者はおらず、スキルテストを受験しなかった1名を除き、39名の参加者のデータを分析した。結果、最初のスキルテストに合格したのは11人（28%）、2回目以降のテストに合格したのは28人（72%）であった。最終的にスキルテストには全員が合格していた。最初のテスト合格者と不合格者の間で、インターネットの学習システムへのアクセス日数、総画面閲覧数、総学習時間に有意差はなかった。またこの合格者と不合格者のスキルテストの成績には差があり、特に手と目の協調動作の成績が不合格者群で著しく低かった。これは手と目の協調動作は針の視認性の上位にある技術であることが初回の合格者と不合格者に見られる技能の差の一因になっていると考えられた。後壁穿刺はIn plane法とOut of plane法ともに発生率に差がなく、両方のアプローチにリスクがあることが判明した。これらの結果から、初期臨床研修医39名は本学習管理システムと事前配布したキットにより基本手技である超音波ガイド下血管穿刺の技術を習得できたもののスキル評価表に基づく専門家によるフィードバックが今回は有効に働き、設定された合格最低基準の習得度を測るためのスキルの形成的評価として機能していたため、完全習得学習を目指す自己学習システムとしては不完全なものであったと結論づけている。

### 【研究方法の妥当性】

申請論文は、獨協医大埼玉医療センター単一施設における観察研究である。初期臨床研修医39名を対象にインターネットによる学習システムと事前配布したキットにより超音波ガイド下血管穿刺の基本スキルである針の視認性、手と目の協調動作、後壁穿刺の回避を自己学習により習得できたかを評価し、それらの結果を分析し、検討している。また記録された学習履歴から学習時間、学習システムに画面閲覧数、アクセス日数についてスキルテストの合格者と不合格者間での比較を行っている。客観的な分析を行っており、本研究方法は妥当である。

### 【研究結果の新奇性・独創性】

これまでの研究結果から、臨床で安全に超音波ガイド下の中心静脈穿刺を行うためには、針の視認性、手と目の協調動作、後壁貫通の回避の3つの分野のスキルを習得することが不可欠である。それらのスキルの習得に独習可能な学習管理システムと事前配布したキットでのトレーニングのみでスキルが習得できるかどうかを申請論文では初めて明らかにしている。この点において本研究は新奇性・独創性に優れた研究と評価できる。

### 【結論の妥当性】

申請論文では、対象となった初期臨床研修医のスキルテストスコアや自己学習システムの学習時間、画面閲覧数、アクセス日数を適切に集計し、分析されている。これらの結果、超音波ガイド下血管穿刺スキル習得にはインターネットによる自己学習システムとスキルテストの評価結果のフィードバックにより習得できることを示した重要な報告であり、そこから導き出された結論は、論理的に矛盾するものではない。

### 【当該分野における位置付け】

申請論文の報告によって、超音波ガイド下血管穿刺のスキルはインターネットによる学習管理システムと事前配布したキットにより習得できる可能性が示唆された。血管穿刺のためのシミュレーション教育は、教育内容・方法ともに今後も発展していくことが予想され、こうしたインターネットを利用した学習システムによる自己学習はその有力な候補の一つである。また今後評価に人工知能の技術が組み込まれれば、より自己学習可能になることが予想される。このように医学教育分野のみならず、手技習得による合併症回避といった医療安全にも貢献できる内容であり、大変意義の深い研究と評価できる。

### 【申請者の研究能力】

申請者は、救急医学、医療安全、画像診断、教育工学の理論を学び実践した上で、本研究計画を立案した後、適切に本研究を遂行し、貴重な知見を得ている。その研究成果は当該領域の国際誌へ掲載されており、申請者の研究能力は高いと評価できる。

### 【学位授与の可否】

本論文は独創的で質の高い研究内容を有しており、当該分野における貢献度も高い。よって、博士(医学)の学位授与に相応しいと判定した。

(主論文公表誌)

Medicine

(101 : e31292, 2022)