Augmented Reality による
医療技術の習得効果およびその考察

東京工科大学 保健医療学部 臨床工学科

伊藤奈々　武田　朴　日向奈惠　笠井亮佑
荻野　稔　篠原一彦　田仲浩平

医療機器学 第88巻 第4号 別刷

〔平成30年8月1日発行〕

原 著

Augmented Reality による医療技術の習得効果およびその考察

伊藤奈々* 武田 朴* 日向奈惠* 笠井亮佑*
荻野 稔* 篠原一彦* 田仲浩平*

Effects of augmented reality on learning medical technologies

Nana Itoh, Sunao Takeda*, Nae Hinata*, Ryosuke Kasai*,*
Minoru Ogino, Kazuhiko Shinohara*, Kohei Tanaka**

Abstract

We assessed the effects of augmented reality (AR) on learning. We developed an AR manual installed on smart glass and compared it with the conventional paper manual. Forty-nine students in clinical engineering, without experience in hemodialysis priming were randomly recruited to prime hemodialysis units using either a conventional manual (CM; n = 28; male, n = 15) or the AR manual (n = 18; male, n = 7). We measured the amount of the time required to complete the task, accuracy (number of failed processes/number of total processes), and the ratio of persons who did not complete the task. The results were compared between the CM group (CMG) and the AR group (ARG) at baseline and after two and four weeks, and the abilities of both groups to perform the task without a manual were compared three months later. The time in the ARG shortened faster. Accuracy in the ARG was initially inferior, but improved each time, eventually, it was superior to the CMG. The ratio of ARG was superior, but when the tasks were done without the manual, the CMG was superior. These results suggested that AR may be effective for learning medical technologies.

1．目的と背景

1）目的

医療の安全には設備，機器，操作の安全性を保つことが必要であり，設備，機器については，製造者が安全性の高い機器を供給し，使用者が適切な機器管理をすることで，安全性を保っている．しかし，安全に製造され，適切に管理された機器であっても，操作を誤ると，安全ではない．機器の操作は，取扱説明書などに従って医療従事者によりおこなわれるが，機器の操作者である医療従事者には熟練者もいれば，未熟練，未経験な者もいる．未熟練な者であっても安全に操作できる手段の確立と，さらに操作者が安全に操作できる習熟度を有するかを測る方法が必要である．我々はコンピュータ応用技術のひとつである Augmented Reality（拡張現実，以下 AR）すなわち，コンピュータで作成した拡張現実（取扱説明画面）を Smart glasses（スマートグラス，以下 SG）に投影することにより，操作者が画面を見ながら操作ができる AR 応用取扱説明書（以下 AR 化マニュアル）を試作し，その効果について，操作経験のない学生に血液

* 東京工科大学 保健医療学部 臨床工学科
（原稿受付：2017 年 11 月 27 日）

透析プライミング操作（以下操作）させ，操作に要した時間から習熟度を，点検結果から操作精度をギブアップ率から手続き記憶に対する効果（後述）を，アンケートから操作者の感覚を測定し，AR 化マニュアルの効果を明らかにし，その改善点を見出すことを目的に研究した．

2）背景

現在，様々な医療用具や医療機器の取り扱いを習得する際，その取扱説明書や添付文書などから操作に関連する部分を抜粋して紙マニュアルを作成し，これを用いて学習するのが一般的である．しかし，両手を使って手技をおこなう際，紙マニュアルを参照しながらの操作は困難である．また，現状の紙マニュアルは，文章のみで説明されるのが一般的であり，初めて学習する者にとっては分かりにくい．なお，取扱説明書に記載されている操作方法はその操作方法が正しく，分かりやすく記載されているかを客観的に評価する方法には確立されたものは見当たらない．一般的に，日常業務と並行して新しい技術を習得するために割ける時間は少なく，短時間で効果的な学習方法が求められる．さらに，習得した技術を実践する際は，業務を安全に実施するために早く正確であることが求められる．早く正確に実施できなければ，医療事故につながるためである．操作の品質向上には，製造者が提示した取扱説明書から医療従事者が操作方法を抜粋した手順書を作成し，これに従って作業し，その結果を評価し，改善する作業を繰り返す必要がある．紙マニュアルでは作業結果確認の自動化は不可能である．以上の検討から紙マニュアルに頼る事には限界があり，ハンズフリーが実現でき，操作結果を判定できる新たなマニュアルが期待される．

AR とは，視野における現実世界の物事に対してコンピュータによる情報を付加することである．近年，国内外で AR テクノロジーのひとつとして注目されているのが AR 化マニュアルである．作業者は現実世界を見ながらグラス画面に投影された AR 化マニュアルを確認しハンズフリーで作業ができる．現在，AR 化マニュアルは，日本において製造業や物流業，航空業界など産業用としての導入が進んでおり，製造ラインでの点検等に使用されている[1,2]．しかし，医療分野においては，医療材料管理や手術器具の準備[3]，麻酔中の患者管理における情報出力装置[4]，外科手術のナビゲーションへの試みに使用されているが臨床において本格的導入には至っていない[5]．AR 化マニュアルは，ハンズフリーで操作できるほか，常に目の前に必要な情報の表示が可能であるため，両手を使って複雑な手技をおこなう医療従事者にとって最適なデバイスの一つである．

今回，我々は AR 化マニュアルを応用した医療技術の習得効果を検討することとしたが，先行研究では，12 歳の生徒が AR で物理を学び，学習後の感想で「もっと学習したいという意欲が湧いた」と報告されている[6]．新しい技術を学習に用いることで，学習意欲の向上を図り，技術の定着に効果が期待できる．

認知心理学によれば記憶の種類には様々な分類がある[7]．本研究における一定の間隔をおいて複数回実施した操作の学習は，行動に再生される記憶である「手続き記憶」に分類される．この「手続き記憶」は，知覚入力とそれに対する運動反応が高度に統合されており，この能力は学習の積み重ねによって獲得される記憶であるとされている[8,9]．以上の背景から医療技術の「手続き記憶」に関する AR 効果の研究を試みた．

2．方　法

今回，医療技術の習得効果を検討するため，必要物品とその名称，操作手順，最終チェックを含む 42 工程について文章で構成された紙マニュアル（例を図 1 に示す）と AR 化マニュアルを作成し（例を図 2 に示す），操作未経験者に必要物品の確認と操作をさせ，操作の完了，操作精度，操作時間を計測し，アンケートによる評価をした．

1）対象

最終的な目標は，医療現場において医療機器を使用する医療従事者に使用してもらうことである．しかし，現状の AR 化マニュアルは試作段階であること，カメラが付いた SG の使用は患者個人情報保護の面などにより，医療現場に

血液透析プライミングマニュアル

1. 血液透析器をホルダにセット（青：静脈側が上）
2. 動脈チャンバを反転してセット、静脈チャンバは正規の向きにセット
3. 圧力モニターライン、液面調整ラインのラインクランパとロックを閉じる
4. 圧力モニターラインを閉鎖【鉗子①】、静脈側液面調整ラインを閉鎖【鉗子②】

以下、略

図１　マニュアル群マニュアル一部

マニュアル群の紙媒体の文章のみのマニュアルの一部を示した．図はなく，文章のみで操作手順が記載されている．従来の学習方式である。

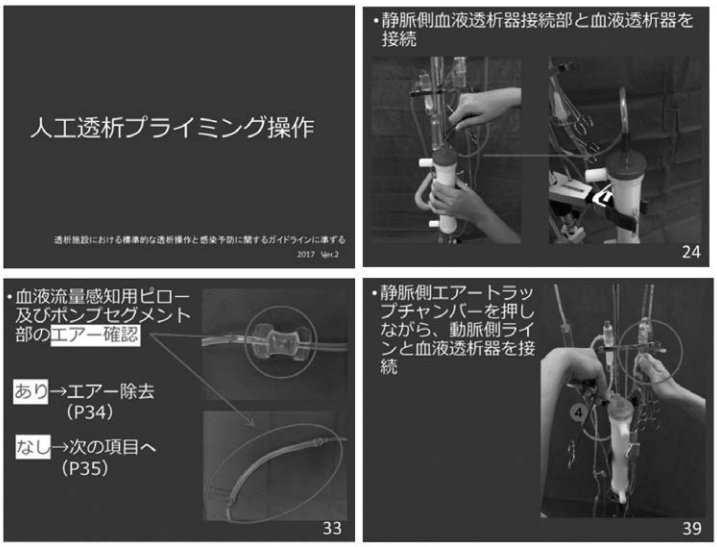

図２　AR 化マニュアル一部

AR 化マニュアルの一部を示す．SG 画面に１枚ずつ投影され，シースルータイプの画面なので操作者は，周りの状況や手元と画面を確認しながら操作を進めることができる．

おける使用が困難なため，対象者には大学在学中に医療機器の操作を習得する必要がある臨床工学技士を目指す学生を選択した．研究内容を説明し，研究に同意が得られた医療機器操作未経験の東京工科大学医療保健学部臨床工学科の１，２年生から無作為抽出した健常な男女学生46 名の協力を得た．男女比は，男性 22 名，女性 24 名，年齢は 18 ～ 19 歳である．

サンプル数として，文科省の高等学校１クラス推奨人数 40 名程度を想定した人数とした．対象者を無作為に AR 群 18 名（男性７名，女性 11 名）とマニュアル群 28 名（男性 15 名，女性 13 名）に振り分けた．AR 群とは，SG に投影された画像付きマニュアルを確認しながら操作を実施する群である．マニュアル群とは，従来の紙マニュアルを確認しながら操作を実施する群である．さらに，操作の結果を評価する評価者として操作に熟練した４年生５名程度に協力を得た．

２）マニュアル作成

透析施設における標準的な透析操作と感染予防に関するガイドライン四訂版[10] に準じて，

２種類の42工程の血液透析プライミング操作マニュアルを作成した．マニュアルの構成は，必要物品の数量，その名称と形状，操作手順，最終チェック項目の４つである．最初に，従来の紙マニュアルを作成し，次にAR化マニュアルを次の手順で作成した．文章に対応した操作状況を撮影し，撮影した画像をパソコン上のPPTに記録，そこからアンドロイドに移植し，SG画面（以下画面）に文章と図が表示されるようにした．また，画面は，自動で５秒ごとに切り替えられるように設定した．５秒に設定したのは，コンピュータの画面切り替え処理がスムーズであるからだ．また，手動で外部スイッチにより任意に画面の切り替えが可能とし，データ収集時は対象者と評価者のペアとなるので，評価者が外部スイッチを持ち対象者の合図で手動により画面を切り替えた．なお，画面は，外部モニタに映し出されるように設定し，評価者も画面を外部モニタで確認できるようにした．AR化マニュアルのシークエンスを図３に示す．

３）実証方法

初回は，両群の対象者が操作未経験のため，評価者より操作に必要な物品の説明と透析回路の各部位の説明，操作手技の基本的な説明を20分程度受けた．必要物品は，血液透析回路・鉗子５本・ダイアライザ１本・生理食塩水１リットルパック・排水用容器・ホルダ付きスタンドである．次に，対象者は周りの人の手技が見えないように，１人ずつ評価者とペアになって個別ブースへ移動した．評価者は，対象者の操作と画面をモニタした．AR群，マニュアル群共にそれぞれのマニュアルを確認しながら，すべての物品が準備されていることを確認し，操作した．初回から２週間後，１か月後と同じ環境で，それぞれの群のマニュアルを確認しながら操作した．マニュアルを確認しながら操作を進めるが，どうしても分からない場合は，ギブアップとし操作を中止した．そして，ギブアップ率をマニュアル比較のパラメータに用いた．最後まで操作することができたら評価者に伝える．評価者は，操作ミスの件数（精度）と物品の確認から操作終了までの所要時間（速度）を

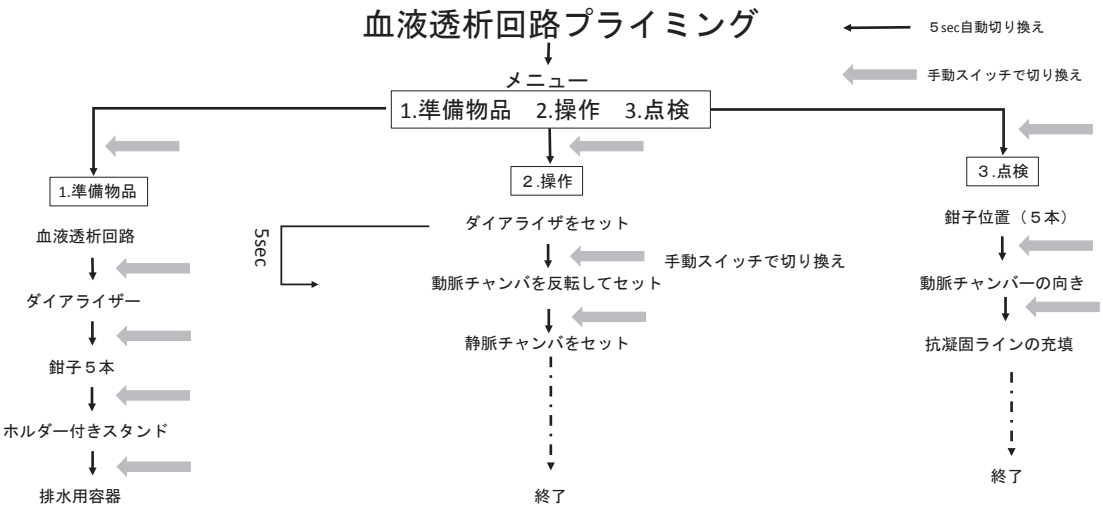

図３　ARマニュアルシークエンス

ARマニュアルのシークエンスを示す．マニュアルは，準備物品，操作，点検の項目に分かれている．画面は，自動で５秒ごとに切り替わる設定．
評価者が持つ外部スイッチにより任意に画面の切り替えが手動でおこなえる．
←は５秒で自動切り替えを示す．⟸は評価者が持つ外部スイッチで切り替えを示す．操作者が声掛けをし，任意に確認したいページに切り替えることが可能である．

(a) AR 群　　(b) マニュアル群

図４　実証中の状況

(a) 操作者はSGを装着し，グラスに投影された画像付きマニュアルを確認しながら操作を実施する．ハンズフリーになるため両手を使って操作することが可能である．ARマニュアルを外部モニタに映し出した．評価者もグラス画面を外部モニタによって確認することができる．
(b) 操作者は紙媒体の文章のみのマニュアルを確認しながら操作をおこなう．マニュアルを持っているため片手はふさがってしまう．

計測し，この時，操作途中で間違った手技があった場合は，操作終了後に評価者からの指導を受けた．最後に，３ヶ月後は両群ともマニュアルを確認せずブラインドで操作した．対象者には，計測日以外に予習や復習をしないように説明し学習回数が対象者全員同等になるようにした．図４は各群の実証中の状況を示す．

４）測定と結果の評価

手続き記憶の習得効果を確認する目的で，所要時間と精度およびギブアップ率の３項目を測定し，所要時間と精度については，箱ひげ図とコルモゴルフースミルノフ検定を用いて比較検討した．また，ギブアップ率については，棒グラフによる比較をした．さらに３ヶ月後には自由記述のアンケート調査をした．

所要時間は物品の点検からプライミング終了までの時間とし評価者がストップウォッチで計測した．また，精度は，透析施設における標準的な透析操作と感染予防に関するガイドライン四訂版のプライミング終了時のチェック項目10項目を１項目１点とし点数化したもので評価し，チェック項目の内容は，鉗子位置の確認５項目（静脈圧ライン，液面調整ライン，静脈側患者接続部，補液ライン，動脈側患者接続部）とその他の５項目（動脈チャンバの向き，抗凝固ラインの充填，回路各部のエアーの有無，静脈チャンバの水位, 回路の絡まり）とし（図５），採点基準を正しければ１点，誤っていれば０点とした．コルモゴルフースミルノフ検定には，㈱社会情報サービス社（東京）製のエクセル統計2.13を用い，危険率５％未満を統計学的に有意とした．各試行毎に対象者中に占めるギブアップ者の比率をギブアップ率とした．アンケートは，AR群，マニュアル群共に３ヶ月後の操作後に自由記述式とし，評価者からのバイアスがかかることを避けるため，説明抜きでアンケート用紙とペンを渡し，今回の操作学習方法について感想を自由に記述させた．

５）使用機器

SGは，MOVERIO BT-300（EPSON，長野県諏訪市）を用いた．カメラは500万画素，プラットフォームはAndroidTM5.1，メインメモリー２GB，ユーザーメモリー16GBを搭載し，必要に応じて外部メモリーmicroSD（最大２GB），microSDHC（最大32GB）とより多くの情報の記録が可能である．駆動時間は６時間，質量はヘッドセット69 g，コントローラー129 gと軽量である．画面の切り替えは，プ

学籍番号:　　紙・SG　時間:

名前:

最終チェック①

鉗子位置の確認　1回 2回 3回 4回

1 【鉗子①】→ 静脈圧ライン
2 【鉗子②】→液面調整ライン
3 【鉗子③】→静脈側患者接続部
4 【鉗子④】→補液ライン
5 【鉗子⑤】→動脈側患者接続部

最終チェック②　1回 2回 3回 4回

1 動脈側エアートラップチャンバは反転していないか？
2 抗凝固薬注入ラインは充填されているか？
3 回路各部にエアーは見られないか？
4 静脈側エアートラップチャンバの水位は適切か？
5 回路の絡まりはないか？

感想

図５　精度チェック表

操作終了時における最終チェック項目の内容を示す．鉗子位置の確認５項目とその他の５項目である。
評価者が操作終了時にこのチェック表を用いて確認し，正しく実施できれば１点，誤っていれば０点とした．合計 10 点満点である．

ラットフォーム上で動作する Java 言語を用いたプログラムで動作させた．また，データ整理は，パーソナルコンピュータ上で動作する Microsoft® Excel® を用いた．

６）倫理

本研究は，東京工科大学倫理委員会から審議は不要な研究であるとして承認された．

３．結果

１）所要時間

初回，２週間後，１ヶ月後，３ヶ月後の AR 群，マニュアル群の所要時間を図６，平均所要時間を表１に示す．初回の操作説明直後における所要時間の平均は，AR 群は 28.7 分，マニュアル群は 27.2 分であり有意な差はなかった．２週間後，AR 群は 20.6 分，マニュアル群は 27.0 分と有意に AR 群の方が早かった（$P < 0.05$）．１ヶ月後，AR 群は 17.1 分，マニュアル群は 19.0 分であり有意な差はなかった．３ヶ月後，両群ともブラインドで操作したところ，AR 群は 18.3 分，マニュアル群は 17.4 分と有意な差はなかった．総合的にみると，AR 群は操作時

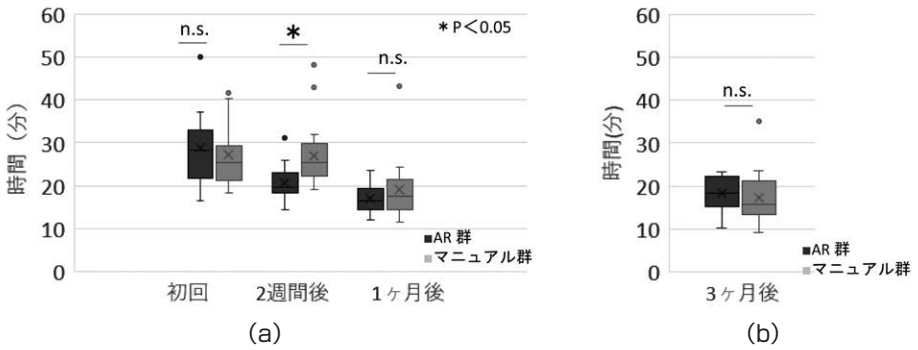

図６　所要時間（a），（b）

縦軸を時間とし，初回，２週間後，１ヶ月後，３ヶ月後の操作時間を AR 群とマニュアル群で比較した．（n.s. : not significant）
（a）は，初回，２週間後，１ヶ月後の精度を示す．（b）は，３ヶ月後の精度を示す．
上下のひげがそれぞれの最大値と最小値を示し，箱の上下が 75%，25%，箱の中央の横線が中央値を示している．X は平均値で，上部のプロットは，外れ値を示す．

間が短縮する傾向があったが，最終的には両群ともほぼ同じ速度となった．

表１ 平均所要時間

	初回（分）	２週間後（分）	１ヶ月後（分）	３ヶ月後（分）
AR 群	28.7	20.6	17.1	18.3
マニュアル群	27.2	27	19	17.4

２）精度

初回，２週間後，１ヶ月後の精度変化と３ヶ月後のブラインド操作における精度を図７，平均精度を表２に示す．初回の操作基本的説明直後の精度の平均は，AR 群は 8.1 点，マニュアル群は 8.9 点と有意な差はなかった．２週間後，AR 群は 8.8 点，マニュアル群は 8.4 点と有意な差はなかった，１ヶ月後，AR 群は 9.6 点，マニュアル群は 8.7 点と有意な差はなかった．３ヶ月後，AR 群は 8.6 点，マニュアル群は 7.1 点と有意に AR 群の方が高い点数を示した（$P < 0.05$）．AR 群の方が初期は精度が劣ったが，回数を重ねるごとに徐々に向上する傾向がみられ，マニュアル群を追い越す傾向がみられた．

表２ 平均精度

	初回（点）	２週間後（点）	１ヶ月後（点）	３ヶ月後（点）
AR 群	8.1	8.8	9.6	8.6
マニュアル群	8.9	8.4	8.7	7.1

３）ギブアップ率

ギブアップ率の推移を図８に示す．初回から１ヶ月後まで AR 群が少ないギブアップ率であった．これは，AR 化マニュアルの方が分かりやすいことを示している．また，３ヶ月後のブラインド操作では AR 群の方が高いギブアップ率を示した．ギブアップしなかった群に関しては，AR 群の方が高い精度を示したことと合わせて考察を加える必要が示された．

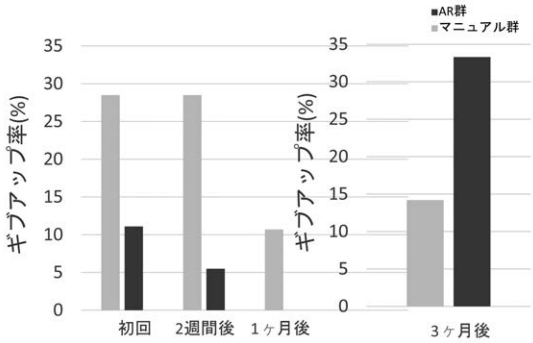

図８ ギブアップ率（a），（b）

縦軸をギブアップ率（%）とし，初回，２週間後，１ヶ月後，３ヶ月後でギブアップ率を AR 群とマニュアル群で比較した．
（a）は，初回，２週間後，１ヶ月後のギブアップ率を示す．（b）は，３ヶ月後のギブアップ率を示す．

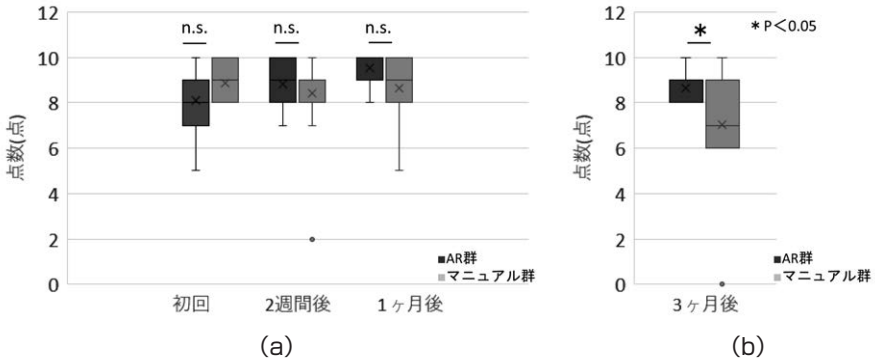

図７ 精度（a），（b）

縦軸を点数とし，初回，２週間後，１ヶ月後，３ヶ月後の操作精度を AR 群とマニュアル群で比較した．（n.s. : not significant）
（a）は，初回，２週間後，１ヶ月後の精度を示す．（b）は，３ヶ月後の精度を示す．
上下のひげがそれぞれの最大値と最小値を示し，箱の上下が 75%，25%，箱の中央の横線が中央値を示している．X は平均値で，上部のプロットは，外れ値を示す．

4）アンケート

（1）AR 群肯定的結果

AR 群の肯定的結果として，「手にマニュアルを持つ必要が無いのは良い」，「初めて操作したが，映像を見ながら組み立てたので記憶に残った」，「画像があるので分かりやすい」，「常に目の前のマニュアルを見ながら操作できるので便利だった」などがあった．

（2）AR 群否定的結果

AR 群の否定的結果として，「目が疲れた」，「SG が重たかった」という SG のハード面に関する記述や，「別の画面に移りたい場合，時間がかかる」といったソフト面に関する記述があった．

(3) マニュアル群肯定的結果

マニュアル群に対するの肯定的記述はなかった．

(4) マニュアル群否定的結果

マニュアル群の否定的記述として，「マニュアルを見ながらの操作は大変だった」，「マニュアル文章中の用語が分からなかった」，「マニュアルに絵や図を入れてほしい」などがあった．

学生にとって新しいテクノロジーを用いた学習方法は，効果的であることがアンケート結果から明らかとなった．

4．考察

1）所要時間

時間については図６に示す通り，AR 群はマニュアル群より早く習熟したことが分かった．AR 群は，画像付きのマニュアルを常に確認しながら操作できるので効果的であった可能性を示す．また，両群ともに回数を重ねるごとに操作が速くなるという傾向を示した．これは，両群とも操作に慣れてきたということが分かる．１ヶ月後と３ヶ月後のブラインド操作でも変わらないことから，一度手続き記憶により操作を習得するとどちらも同じ速度になることが示された．

操作中，操作者が評価者に依頼して画面を切り替えることが多くあった．操作者自身が音声や，その他の手段により画面が切り替えられる機能が必要である．この機能を持たせれば，AR 群の操作時間が短縮できる可能性がある．

最初に AR 群の速度が遅かったのは，対象者全員 SG の使用が初めてで不慣れだったことも速度に影響を与えたと推測されるため，あらかじめ SG に習熟する機会を与え同様の実験で確認する必要がある．

2）精度

精度については，図７に示す通り，初回，２週間後，１ヶ月後は AR 群とマニュアル群で大きな変化は無かった．しかし，３ヶ月後のブラインド操作では AR 群の方が有意に高い精度を示した．ギブアップ率が AR 群の方が高かったことと合わせると，人が用いる諸感覚のうち，表象システムと言われる「視覚」「聴覚」「体感覚」は，外界を認知するための情報の経路となり，人によって得意な優位表象システムは違っている．この表象システムには,「言語」と「非言語（視覚イメージ)」との２つの様式があり，この２つが強調することで学習効果が高まるとされている[11]．AR 群の「言語」優位の対象者は，ギブアップ率が高まり，「非言語」優位の対象者にとっては精度が高まることを示唆している．精度のばらつきに関して，マニュアル群については初回と３ヶ月後で大きな変化は無かったが，AR 群は初回には，ばらつきが多く平均値も低かったが３ヶ月後にはばらつきが少なく精度も向上した．SG を装着することで AR 群の操作技術習得において，非言語優位の対象者にとっては，早く正確な技術習得が可能であったと示唆される．今回，操作中にはアドバイスせず，操作終了後，習熟した技術者によって評価したが，操作状況をアイカメラなどで記録し，人工知能（artificial intelligence : AI）技術を応用して，その場で操作の正確さを点検し音声などでフィードバックできると，より精度の高い手続き記憶習得が期待できる．

また，初回，２週間後，１ヶ月後には２群間において有意な差は無かったが，３ヶ月後に有意な差があったことに関して，先行研究では，学習は複数回実施することで積み重ね効果が働き手続き記憶の習得効果が高まるとある[8,9]．本研究では，学習効果の高い人と低い人（ギブアップした人）が存在した．学習効果の低い人

は操作回数が不足であり，高い人は AR という新しいテクノロジーに接して意欲が高まったと推測する．

今回は学生への医療教育への応用について検討したが，実際の医療現場への応用として，短時間で確実な技術習得が可能なことから新入職員への効果的な初期教育や新しい医療機器の操作や医療技術の習得用として期待される．

3）ギブアップ率

初回から1ヶ月後までマニュアル群のギブアップ率が高いことから，従来のマニュアルでは理解しにくく，AR 化マニュアルは理解しやすいことが示唆された．3ヶ月後の両群のギブアップ率に関して，成功者の精度と関連付けると，AR 群のギブアップ率は高くなったが成功者の精度はマニュアル群より有意に高く，マニュアル群の精度にはばらつきがある．このことより，ある程度手続き記憶による操作を習得しても，安全で確実な操作を実施するにはマニュアルを確認することの重要性が示された．常に確認しながら操作をするにはハンズフリーな AR 化マニュアルが優れている．マニュアルの内容については，特に初期のギブアップ率の多さから改善の必要がある．

4）アンケート結果

AR 化マニュアルは，理解しやすいとの評価を得た．紙マニュアルは安価で簡単に作成できることが利点であるが，アンケート結果で示されたように理解しにくい．AR 化マニュアルは，文章を読んで理解するのではなく，画像と少ない文字のため，直感的に理解しやすい．医療機器の操作は両手を使って操作することが多く，複雑な手技が多い．そのため，複雑な手技を説明した文章を読み理解するよりも画面と手元を見比べながら操作をおこなう方が短時間で理解しやすかったと推測する．画面変更については操作者が直接おこなえない点について改善の必要がある．音声認識システムなど操作者の指示によって画面変更可能なシステムを検討したい．また，SG が重い，目が疲れるという感想に関しては，技術の進歩によって解決される．

5）手続き記憶の習熟度

ギブアップ率は未熟な程度を表し，短時間で精度得点の高いものは習熟度が高く，時間のかかるものと精度得点の低いものは未熟と考え，横軸に時間の逆数，縦軸に精度得点を取るとある程度の習熟度を表すように予測したが，実際には相関がみられなかった．

5．結論

1）有用性

本研究では，AR の医療技術習得効果について操作未経験の学生を対象に実証実験した．AR を用いた操作は，手元から目線を外すことなくマニュアルを確認できること，マニュアルが画像であり直感的に理解しやすく記憶に残りやすいという結果であり有効であった．特に初心者の手続き記憶による操作習得を早める効果が期待できる．ブラインド操作におけるギブアップ率が高いのは，学習回数を増やすことによって解決すると予測する．また，操作時間の逆数と精度の相関関係から，習熟度を表現できる可能性も見出した．本研究に用いたのは試作1号機であり，実験の例数も少ないのでマニュアルの仕様設定，質などを改善し検討を続けていきたい．

紙マニュアルに比較し，AR 化マニュアルは SG の価格が高いのが大きな欠点となり，すべてを AR 化マニュアルに置き換えるのは困難であろう．しかし，教育用に使用するのであれば必要な数量が減るので，最初に教育用として出発し徐々に改良を進めて普及を図っていくのが望ましい．

2）機器の改良点

前述のとおり，本研究は AR 化マニュアルおよびそれを実装する SG 機器の最初の試作機について評価した．研究の経過の中で得られた改良点は次の通りであった．

（1）画面の切り替えについては操作者の指示によっておこなえるようにすべきである．

（2）カメラの使用に伴う個人情報の保護機能が必要である．（今回のように患者のモニタを必要としない操作については患者の顔を認識し，モザイクをかけるなど．）

（3）SG は価格が高く，装着感が悪いのが欠点である．AR マニュアルの実用化には SG の小型軽量化，装着性の改善などが必要である．

（4）アイカメラ等を追加して操作の状況が記録され，操作後の反省に使えること，あるいは訓練用として AI などを用いて得点が計算できることが望まれる．実用機としてはその場で AI などを用いてミスの指摘をおこない，修正法についても指示できる機能が必要である．

3）まとめ

今後，本システムは医療従事者の診療・医療技術手技のサポート等の医療安全分野，医療機器管理分野への発展に期待できる．

COI

本研究に関し，申告すべき COI はない．

文　献

1）井上和佳．製造・物流業における IoT．横幹．2017，vol.11，No.6，p.27-31.

2）http://press.jal.co.jp/ja/release/201604/002643.html?Fa=1

3）佐々木麻美，吉田宗一郎，佐藤千景ほか．透過型ヘッドマウントディスプレイを使用した機械出し看護師の補助システム．日本ミニマム創泌尿器内視鏡外科学会雑誌．2015，vol.7，No.1，p.55-60.

4）半田富美，内田整，伊藤博隆ほか．臨床麻酔におけるヘッドマウントディスプレイの応用．麻酔・集中治療とテクノロジー．vol.2000，p.10-13.

5）平中崇文，飛田祐一，中西雄太ほか．スマートグラスによる X 線透視下骨折手術の試み．骨折．2017, vol. 39, No.6, p. 780-783.

6）Hannu Salmi, Helena Thuneberg, Mari-Pauliina Vainikainen. Making the invisible observable by Augmented Reality in informal science education context. 2017, Vol. 7, No. 3, p. 253-268.

7）山鳥重．記憶の心理学，医学書院，2002，213p.

8）Tulving E.; Multiple memory systems and consciousness. Hum Neurobiol. 1987, Vol. 6, p. 67-80.

9）Tulving E.; Episodic memory: from mind tobrain. Ann Rev Psychol. 2002, Vol53, p. 1-25.

10）日本透析医学会．“透析施設における標準的な透析操作と感染予防に関するガイドライン（四訂版）”公益社団法人日本透析医会．http://www.touseki-ikai.or.jp/htm/07_manual/index.html，（参照 2018-11-1）.

11）A.Paivio, T. B. Roger, &P. C. Smythe,; Why are pictures easier to recall than words?, Psychonomic Science. 1968, Vol. 11, p. 137-138.