

令和 4 年 9 月 14 日現在

機関番号：35413

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19H03877

研究課題名（和文）シミュレーション医療教育標準化のための日本発仮想患者モジュールの開発

研究課題名（英文）Development of virtual patient module from Japan for standardization of simulation-based education in healthcare from Japan

研究代表者

二宮 伸治（Ninomiya, Shinji）

広島国際大学・保健医療学部・教授

研究者番号：60237774

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,300,000円

研究成果の概要（和文）：本邦における生体の循環・呼吸・代謝・神経制御状態を再現する数値モデルを内蔵し、各種医療シミュレータが連携して統合的な教育環境を構築するために、循環動態再現のための新しい心機能制御アルゴリズム、穿刺シミュレーションのための表層・感覚器モジュール、気道管理およびカテーテル操作シミュレーションのための気道荷重測定モジュール、人工呼吸器およびECMO操作トレーニングのための仮想医療機器モジュール、循環系臓器モジュールを新規開発した。手術室や介護現場における危機資源管理トレーニングにおいて、有機的に連携するシミュレーションモジュール群の基盤となる要素技術を確立することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、これまで形状のみを模擬した簡易的シミュレータが用いられていた気道管理、呼吸療法およびECMOトレーニングを対象として、生体反応を再現できる仮想患者シミュレーションのための形状、制御、センシングなどの基盤技術を構築した。現在普及している高機能患者シミュレータでは、内部構造、生体反応のアルゴリズム等がブラックボックス化されているが、全てのシミュレーション医療教育分野で汎用的に使える、患者の生体反応を再現するための仮想患者シミュレーションの基盤技術が無償提供されることでシミュレーション医療教育環境の向上が期待される。

研究成果の概要（英文）：In order to build an integrated educational environment in cooperation with various medical simulators, we aim to develop a system in which numerical models that reproduce the circulation, respiration, metabolism, and neural control states of virtual patients, organs, and surface modules are organically linked. I did. Therefore, we have developed a simple cardiac function control algorithm that reproduces hemodynamics, a surface and sensory organ module for puncture simulation, and a module that reproduces airway shape and spacing for airway management and catheter manipulation simulation. .. In addition, we have developed a virtual medical device module and a circulatory organ module for ventilator and ECMO operation training.

We have established the underlying elemental technologies for organically linked simulation modules used in critical resource management training in operating rooms and long-term care facilities.

研究分野：シミュレーション医療教育

キーワード：シミュレーション医療教育 医療技術教育 体外循環 ECMO 呼吸療法 穿刺シミュレータ 仮想患者

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

本邦のシミュレーション医療教育環境が抱える重大な課題は、本来ゲーム技術やロボット技術で世界をリードしている日本の得意分野であるはずの医療教育用シミュレータ開発において、高機能患者シミュレータの市場が海外に独占されていること。そのためシミュレーション医療教育のコストが莫大なものとなっていることである。

この理由としては、現在使用されている高機能患者シミュレータの内部がブラックボックス化されており、インストラクターの希望する生体反応を再現するには多大な労力とコストが必要となり、医学分野におけるシミュレーション教育手法発展の妨げになっていることがあげられる。そこで、体外循環分野だけでなく、全てのシミュレーション医療教育分野で汎用的に使える、患者の生体反応を再現するための仮想患者シミュレーションのプラットフォームが無償提供されることで、本邦のシミュレーション医療教育環境が飛躍的に向上するのではないかとこの着想にいたった。

2. 研究の目的

本研究では、本邦における生体の循環・呼吸・代謝・神経制御状態を再現する数値モデルを内蔵し、各種医療シミュレータが連携して統合的な教育環境を構築するために仕様が標準化されたインターフェースを持つ仮想患者モジュールを新規開発、公開共有する。本システムを手術室や介護現場における危機資源管理トレーニングに適用し、その有用性を検証する。

本研究で新規開発する仮想患者モジュールは、これまでシミュレータ固有の仕様にしがってプログラム(あるいはスクリプト)をインストラクターが記述することでかろうじて実現していた生体反応のバリエーションを、プログラミングなどの工学的な知識を要さず生体機能に対する知識のみで構築することを可能とする。

具体的には、「中枢神経モジュール」、「自律神経モジュール」、「循環調節モジュール」、「代謝調節モジュール」、「循環系臓器モジュール」、「代謝系臓器モジュール」そして「表層再現モジュール」の7セグメントのモデルで構成される。従来のソフトウェアベースの仮想患者シミュレーションモデルではこれらの構成はブラックボックス化されていたが、本研究では、プログラムの知識を要さずにインストラクターが自由に構成を変更することを可能にするため、調節機能を分担する「自律神経」、「循環調節」、「代謝調節」モジュールをそれぞれ小型マイコンとインターフェースで構成する。2つの臓器モジュールおよび表層再現モジュールは、形態や物性を再現した物理モデルにセンサとアクチュエータを内蔵し、調節系モジュールとのインターフェースを持つ構造とする。

3. 研究の方法

3-1. 循環動態再現モジュールのための新しい心拍数制御アルゴリズムの開発と応用

本研究で提案する仮想患者モジュールにおける血行動態制御モデルでは、より実際の臨床に近い血行動態変化をマイコン等に実装可能とするシンプルなアルゴリズムが必要となる。このため、順調に推移する透析患者の透析記録の分析により、最低血圧を心拍数で除したパラメータがほぼ一定となる傾向があるとことから、最低血圧と心拍数の除した値(血管抵抗に1回拍出量に乗じたものであるため以後 RSV と称する)を目標値とした制御アルゴリズムについて検討した。これまでの血管制御モデルおよび心機能制御モデルとして血液量変化時の体循環抵抗、unstressed volume、心収縮コンプライアンスおよび心拍数の応答を、自律神経の神経伝達バランスおよび制御強度から決定するモデルが適用されていたが、心拍数については、Robinsonらが健常成人に対して実施した循環作動薬投与時の心拍数、血圧変化記録に基づくロジスティック回帰モデルを適用している。これに対して、最低血圧が血管抵抗と心拍出量の積となると仮定した場合、血管抵抗と1回拍出量が一定となる時、最低血圧を心拍数で除した値は定数となる。そこで本研究では、最低血圧をある定められた定数 (RSV) で除した値を心拍数とする単純な心拍数制御を ECCSIM の血行動態制御モデルに導入し、失血時の血行動態変化を Shock モデルと比較検討した。

3-2. 表層・感覚器モジュール(自己修復血管、穿刺シミュレーションシステム)の開発と応用

臓器・感覚器モデルの試作研究として、硬度が低く生体組織に近い特性を有する PU ゲルをシリコン薄膜で被覆し、PVA ゲルと架橋剤の混和物をコーティングした模擬血管を埋め込むことにより防漏性を持たせた新しい表層血管モデルを開発し、その有用性を検証した。

模擬血管モデルと、止血状態の押圧分布および穿刺状態の良否を可視化することで、臨床と同じ条件を再現し、効果的な指導を行うウェアラブルシステム (HINT-Armor: Hemostasis and Intravascular Needling Training Armor) の研究開発を実施した。

本装置は、皮下組織および表皮の物性を模擬するポリウレタンゲル、押圧測定のための感圧導電センサおよび制御用マイコンで構成される。自己修復血管とは、表面に8%PVA(ポリビニルアルコール)溶液とチタン系架橋剤(TC-400, マツモトファインケミカル製)原液を塗布したラテックスチューブ製模擬血管である。穿刺孔より漏出する模擬血液(2%PVA溶液)が架橋剤と反応し凝固することで自己修復される。本研究では、臨床に近い状態を再現する穿刺・止血訓練を実現

するために、1本の模擬血管3つの圧感電素子で押圧部分、さらに1本の模擬血管では長い圧センサで全体の圧を測定し、Arduinoで測定・表示できる機構を付加した。

本システムを臨床経験者および学内実習を終了した臨床工学専攻学生の穿刺止血模擬訓練に適用し、測定された押圧分布の差異について比較検討した。

さらに、本技術を適用した穿刺シミュレーションシステムを、非接触抜針検知システム開発のための評価に適用した。皮膚への影響および誤作動を抑制しつつ、コストの面でも優れた新しいモニタリング手段を模索するため、穿刺部位の湿度変化を連続的にモニタリングすることにより精度よく抜針状態を検知できる抜針検知システムの可能性について検討を行った。

3-3. 臓器モジュール（上気道モデル、カテーテル動作・気道荷重測定デバイス）の開発と応用

9軸加速度センサによるカテーテルの動作記録システムと、荷重測定デバイスを内蔵した気道モデルを試作し、カテーテル操作の客観的評価を行った。また、このモジュールを気管内吸引カテーテルの操作手技を測定するトレーニングへ応用した。表層臓器モジュールとして、気道管理、喀痰吸引時に必須の操作となる体位変換時の気道粘膜に対するカテーテル接触荷重を測定できる3次元気道荷重測定モジュールを新規開発した。本装置は、ポリウレタンゲルにより気道粘膜に近似した硬度を有する気道モデルを、トルソー内に格納できる寸法内に配置したロードセルにより固定し、3軸方向の荷重をリアルタイムモニタリングする。トルソーに挿入されたカテーテルは、模擬痰を注入した気道モデルに接触する。接触荷重のXYZ方向の3分力を、ロードセル（アルミ薄板）に接着した箔ひずみゲージの抵抗変化より4ゲージ法を用いて測定し、表情提示装置や記録装置、解析装置にシリアル信号として出力する。気道モデルは、気道の物性に近似した軟素材で構成することが望ましい。しかし製作コストと耐久性に課題があるため、2mmの凹凸（リップル）を設けることで、軟素材と同等の接触荷重となることから、耐久性とコストに優れた気道荷重測定デバイスの実現が可能となった。また、CT画像より気道形状を抽出し、平均値よりその形状を再現したモデル（Adult model, Young adult model, Child model）を試作して、気道荷重測定モジュールへの実装を可能とした。

3-4. 仮想医療機器モジュール（人工呼吸器・ECMOシミュレータ）の開発と応用

COVID19の世界的感染拡大に伴い、肺機能を補助するECMOの重要性が注目されており、厚生労働省の主導によって感染拡大に備えたECMO装置の配備が急速に進められている。しかし、肺機能の補助に重点をおくV-V ECMOの適切な運用ができる技士が不足するという問題がある。そのため、生体の状況を再現できる患者モデルを内蔵した教育用シミュレータの必要性が増しているが、密を避けるために多人数に対してPCのみで操作でき、リモートで同時教育ができるソフトウェアシミュレータの適用が望ましい。

そこで、本研究では仮想医療機器モジュールとして人工呼吸器およびECMOの臨床で要求される技術を習得できる要素をシミュレーションシステムに導入可能となるソフトウェアシミュレータを新規開発した。

体外循環教育用仮想患者シミュレータECCSIMをベースとして、人工呼吸器およびECMO操作のためのインターフェースを構築する。ECMOの適正使用における努力呼吸の重要な指標とされるP0.1のモニタリングを可能とするため、呼吸器および気道抵抗、肺コンプライアンスを模擬する4要素モデルを実装し、呼吸器抵抗の増減によりP0.1を再現した。さらに、適切なカニューレの選択により送血圧、肺前圧を適正に保つ訓練を可能とし、臨床に即した血液ガスモニタリングを再現するため、模擬採血機能を付加した。さらに、仮想患者モデルを内蔵した呼吸療法トレーニングシミュレータの継続開発と応用として、昨年度開発したECMOシミュレーション機能を内蔵した呼吸療法トレーニングシミュレータに、呼吸療法の管理に必要な人工呼吸器の主要なモードおよびトリガーコントロールなどの機能およびその点検機能を実装した新規の呼吸療法トレーニングシミュレーションソフトウェアを開発した。

3-5. 循環系臓器モジュール（右心房血管モデル）の開発と応用

V-V ECMOにも適用可能となる仮想患者シミュレーションシステム開発を通して、再循環による酸素化率の低下を再現する必要性が発生した。カニューレ挿入位置により再循環率が変化し、患者への酸素供給状態が大きく変化するからである。このためには、再灌流を実験的に評価することのできる右心系の循環系モデルが必要となる。また、X線透視下でのカニューレ挿入を再現することも同時に必要となる。これらの観点から、当初予定していた循環系仮想臓器モジュールとして、特に右心系の再現にフォーカスした右心房臓器モジュールを開発した。右心房モデルの形状設定については、NIHにより公開されているMRIデータ（NIH 3D Print Exchange, <https://3dprint.nih.gov/collections/heart-library>）を元にした3D形状モデル（3DPX002636, Adult Female, NIH 3D Exchange Library）に対して、手法的に楕円柱モデルのデータフィッティングを行って決定した。この形状を3Dプリンタ（M300, Zortrax製）で造形し、形状モデルの表面に進展性に優れた透明シリコン（特注品、MAF製）を積層成型した。

シリコンの選定に関しては、心臓外科医複数名に対して触感についての意見聴取を実施し、最も実物に近い触感を有する材質を選択した。

右心系循環臓器モジュールの構築とトレーニングシステムへの応用として、CT 画像を再構成し、実物と近似した形状を用いて右心房モジュールを試作し、静脈への脱血カニューレの吸いつきも再現できる静脈モジュールを付加し、拍動流を含む実際の循環系と同様の状態を再現できる模擬循環シミュレーション回路を構築した。新たに注入色素吸光度の光学的測定による再循環流量比の定量評価手法を開発した。

本右心房モデルを、長さ 200mm、幅 100mm、深さ 150mmの亚克力製水槽に固定し、右心室流入部への流入角度は、複数の右心房の CT データを検討した結果、45 度に設定した。

右心房を模擬したモデルと、人体の循環を模擬したオーバーフロー型模擬循環回路を接続した定常（遠心）ポンプ、拍動（補助人工心臓）ポンプを接続したそれぞれの模擬循環回路を構築し、V-V ECMO 施行時の体循環流量、送血流量と再循環率の関係を実験的に計測した。

本装置では、オーバーフローモックのリザーバ部分の水頭圧により中心静脈圧（Central Venous Pressure : CVP）値を変更できるが、本研究における CVP は 6mmHg と固定した。

再循環率は右心房内部の流場（流線のパターン）に強く依存するため、送血カニューレから注入した色素の移動を吸光度センサで定量測定する事とした。

カニューレ位置に対する再循環率の変化を系統的に把握するため、ECMO の運転条件として、送血流量については 5~80/min の区間を 10 間隔で、心拍出量に関しては 2~60/min の区間を 20 間隔で計測を実施した。計測には水道水（21.4 ， 1.11mPa・s）を用いた。ECMO カニューレサイズは送血カニューレ 16Fr、脱血カニューレ 20Fr（以下 A16V20）と送血カニューレ 20Fr、脱血カニューレ 24Fr（以下 A20V24）の 2 パターンに対して測定を行った。

指示薬としては、赤色染料(Dianix Red, 三菱化学製) 0.2 % 溶液を用いた。

4 . 研究成果

4-1. 循環動態再現モジュールのための新しい心拍数制御アルゴリズムの開発と応用

本研究で提案する RSV モデルは、失血時の血圧変化に対して、より生体に近い挙動を示すことが確認された。

心血管制御のない状態において、RSV=0.7 で最も血圧が安定し、SvO₂ = 75%、HR=70 となった。失血に対する Shock モデルと RSV モデルの血圧変化の傾向は近似しているが、血圧が下降する領域で RSV モデルの駆出率が Shock モデルと比較して高くなる傾向があった。

仮想患者モジュールのための血行動態制御モデルとして、RSV を目標値とした簡便な心拍数制御アルゴリズムを導入し、Shock モデルと比較検討した結果、血圧変化の傾向は近似しているが、血圧低下時の駆出率が高いことから、1 心拍数当たりの有効仕事が大きくなり、効率の良い心拍制御になると予測される。このことから、従来の制御に比べ、RSV モデルは生体の挙動により近い心拍数制御を実現している可能性が示唆される。生体の心拍数制御は、交感神経と副交感神経による 2 重支配を受けていることが知られているが、複雑な心拍数制御をより簡便なアルゴリズムで表現できる可能性が示唆された。さらに、RSV は血行動態の変化に大きく依存するパラメータであるため、生命維持管理装置における患者血行動態の指標としても利用できることが期待される。

当初目標として掲げていた「仮想患者論理モジュールの設計と試作」については、手術時の生体情報（血圧、心拍数の変化）と操作情報（送血流量・脱血流量・循環血液量変化）を同時収集、記録するシステムの構築と運用が必須となるが、COVID-19 による医療現場の活動制限により実現が困難となったため、維持透析時の血圧・心拍数変化より得られた新しいアルゴリズムを構築した簡易心拍数制御モデルの開発に目標変更を行った。今後、手術時の生体情報変化データの収集と解析によりモデルの妥当性を検討する必要がある。

4-2. 表層・感覚器モジュール（自己修復血管、穿刺シミュレーションシステム）の開発と応用

穿刺時の押圧分布の比較では、経験者が出血を少なくするために患者側の指に大きな圧力をかけているのに対して、学生は、穿刺部のみに圧力をかけている。穿刺時、経験者の穿刺時間は短い、学生の場合ゆっくり穿刺している。また、穿刺時の圧分布は経験者が指 3 本の押圧が等しいのに対し、学生は穿刺場所の指 1 本だけで押圧していることがわかる。

止血時経験者は穿刺場所に 500 mm Hg と 1 番押圧がかかっている。学生は穿刺場所ではなく、学生側の指に 200 mm Hg の押圧がかかっている。一方、穿刺針の抜針時経験者は押圧がかかっていないが学生は抜針時に止血時と同じくらいの押圧がかかっている。さらに、経験者は穿刺時間と止血時間では止血時間が長い、学生は穿刺止血とも同じ時間かかることが確認された。

穿刺に対する患者の反応は手技に大きく影響するにもかかわらず、これまでは、そのような臨床に即した状況でのトレーニングはできなかった。しかしウェアラブルシステムを装着した模擬患者が演技することで、センサが検知する情報を訓練者にリアルに伝達できることが確認された。そのため穿刺止血状態が視覚的に判断できるため、HINT-SST-Arm は穿刺止血訓練に有用であることが判明した。

設置式のシミュレータでは、表皮を引っ張ることで血管を見つける手技ができなかったが、模擬患者の腕に湾曲したゲルパッドを装着する形態としたことで、臨床に近い血管探索手技が可

能になった。さらに穿刺部位の出血状態や、止血効果も確認できた。モデル下部に圧力センサを埋め込み、さらにウェアラブルトレーニングシステムとすることで、より臨床に近い穿刺トレーニングが可能となった。

自己修復血管の触感を臨床に近づけるための多層モデルの検討を行った結果、3層モデルでは、穿刺部分で模擬血液(2%PVA 溶液:粘度 3mPa·s at 20℃)が架橋剤により重合反応を起こして凝固することにより漏血を防止することが確認された。しかし、3層モデルでは感触が実際の血管より硬すぎるため、穿刺経験者による評価ではトレーニング用模擬血管としては適切でないと評価された。

血管の感触の再現を重視した2層モデルでは、浸潤による血管接続部からの漏出が発生し、3層モデル改は防漏性能が著しく損なわれた。6層モデルと5層モデルでは、いずれも耐圧試験における模擬血液の浸潤は観察されず、自己修復することが確認された。また、3層モデルに比べて柔らかく、繊維層を追加したことで針が血管を通過する感触を再現できた。6層モデル間での違いは積層順であるが、性能の観点からすると特に積層順位の差は観察されなかった。また、穿刺後に止血操作を実施しなかった場合、穿刺後模擬血管とポリウレタゲルの間に模擬血液が浸潤した。その後、チューブに内圧がかかっていることによりチューブ内からさらに模擬血液が浸潤し、血腫状の凝固塊を形成した。一方で5分間の止血操作を行った場合は、模擬血管から模擬血液は漏れず、チューブに内圧がかかる状態における血腫状の凝固塊は形成されなかった。

自己修復血管を用いた穿刺シミュレータを用いた抜針検知システムの評価を実施した結果、静電容量の変化率が負値となる経過時間あるいは静電容量変化曲線の字定数を予測することで、誤作動の生じにくい抜針検知システムを構築できる可能性が示唆された。また、ガーゼ間に挿入して使用することから皮膚への影響も少なく、スリーブのみの交換でセンサを複数回使用できることからコストの面でも利点があると考えられる。

4-3. 臓器モジュール(上気道モデル、カテーテル動作・気道荷重測定デバイス)の開発と応用

本装置の構造では、X方向で約2.4%、Z方向で約4.4%の系統誤差が発生する。また、X方向の荷重に対してZ方向に23.9%の干渉を生じる。Z方向の荷重に対してX方向に8.9%の干渉を生じる。トレーニングに適用するには、誤差は5%以内とすることが望ましいが、本装置の系統誤差は許容範囲にあると考えられる。ただ、壁面方向の荷重に対して長軸方向に20%以上の干渉を有することが本装置の限界となる。長軸方向の荷重は、壁面方向の荷重に対して5~10倍となるため、干渉の影響は小さいが、より小さくするための構造改良が必要である。本装置を北海道大学で開発中の気管内吸引VRトレーニング装置に実装し、視線および手の移動量解析と関連させることで、その機能を検証していきたい。

4-4. 仮想医療機器モジュール(人工呼吸器・ECMOシミュレータ)の開発と応用

P0.1の再現および自発呼吸と呼吸器モードの実装により、人工呼吸器の操作とECMOの操作が生体に及ぼす影響を再現可能となった。また、カニューレの選択によって、肺前圧、送血圧、脱血圧の数値が適切に変化することを確認した。

努力呼吸の重要な指標とされるP0.1のモニタリングおよび、適切なカニューレの選択により送血圧、肺前圧を適正に保つ訓練を可能とした。臨床に即した血液ガスモニタリングを再現するため、模擬採血機能を付加した。P0.1の再現および自発呼吸と呼吸器モードの実装により、人工呼吸器の操作とECMOの操作が生体に及ぼす影響を再現可能となり、多人数教育ができるシミュレータとしての有用性が示唆された。しかし、ECMOと呼吸器以外の医療機器や治療行為については再現できないという限界がある。今後はカニューレシミュレーションにおける適切なブラッドアクセスの訓練なども可能とする総合的なECMOシミュレーションシステムへ発展させたい。

4-5. 循環系臓器モジュール(右心房血管モデル)の開発と応用

本研究で新規開発した右心系模擬循環回路を用いて、送血カニューレ先端を、三尖弁近傍に設置し、脱血カニューレ先端を三尖弁位置より7cm上行大静脈側に設置したものをSVC部、三尖弁近傍に設置したものをMID部、4cm下大静脈側に設置したものをIVC部として再循環率の測定を実施し、体循環流量、送血流量、カニューレサイズ、位置が再循環率に与える影響が明らかになった。

本モジュールを広島大学に設置されている拍動型人工心臓駆動装置と接続し、実際の循環系と同様の状態を再現して、シミュレーショントレーニングに応用するための再循環に関する情報をさらに収集する予定である。カニューレシミュレーションの状態による再循環の影響を定量評価できることから、その操作の良否を判定するトレーニング手法の可能性が示唆された。

生体反応を再現するECMOシミュレーションを始めとした高度な再現性を有するシミュレーション医療教育環境を実現するために、本研究で構築した各種仮想患者モジュールを実際のトレーニングに適用することで、有用性を検証していきたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 小水内 俊介, コリー 紀代, 近野 敦, 金井 理, 浅賀 忠義, 高橋 望, 二宮 伸治	4. 巻 7
2. 論文標題 吸引カテテル操作に応じた生体反応を呈するプロジェクションマッピングシミュレータ ESTE-SIM	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本シミュレーション医療教育学会雑誌	6. 最初と最後の頁 118-119
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Noriyo Colley, Hiroki Man, Shinji Ninomiya, Shunsuke Komizunai, Eri Murata, Hiroka Oshita, Kenji Taneda, Yusuke Shima, Tadayoshi Asaka	4. 巻 24
2. 論文標題 Effective Catheter Manoeuvre for the Removal of Phlegm by Suctioning: A Biomechanical Analysis of Experts and Novices	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J Med Biol Eng	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s40846-020-00521-y.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Colley Noriyo, Taira Yuya, Komizunai Shunsuke, Ninomiya Shinji, Kanai Satoshi, Konno Atsushi, Mani Hiroki, Asaka Tadayoshi, Inoue Sozo, Nakamura Misuzu	4. 巻 51
2. 論文標題 吸引の3Dアニメーション視聴中の仮想的なカメラによる視線の軌道と視点の変化の測定 (Measurement of eye-trajectory and viewpoint change by a virtual camera during three-dimensional animation of suctioning)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 医学教育, (一社)日本医学教育学会	6. 最初と最後の頁 78-78
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yu Kashima, Shinji Ninomiya	4. 巻 25
2. 論文標題 Hemodialysis efficiency management from the viewpoint of blood removal pressure.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Therapeutic apheresis and dialysis	6. 最初と最後の頁 152-159
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 萬井 太規, コリー 紀代, 村田 恵理, 小水内 俊介, 二宮 伸治, 種田 健二, 大下 紘佳, 嶋 勇輔, 浅賀 忠義	4. 巻 47 suppl-1
2. 論文標題 効率的な喀痰吸引動作の特徴 熟練者と非熟練者との比較	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本理学療法士協会	6. 最初と最後の頁 0S4-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takaaki Yoshimura, Noriyo Colley, Shunsuke Komizunai, Shinji Ninomiya, Satoshi Kanai, Atsushi Konno, Koichi Yasuda, Hiroshi Taguchi, Takayuki Hashimoto, Shinichi Shimizu	4. 巻 16
2. 論文標題 Construction of a detachable artificial trachea model for three age groups for use in an endotracheal suctioning training environment simulator.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 PloS one	6. 最初と最後の頁 E0249010
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0249010	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 コリー 紀代, 小水内 俊介, 金井 理, 井上 創造, 近野 敦, 中村 美鈴, 二宮 伸治	4. 巻 38
2. 論文標題 仮想生体反応の呈示・実施者の属性による気管吸引中の視線計測結果と作業負担感への影響	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 人工呼吸	6. 最初と最後の頁 152-168
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 羽原 詠治, 上杉 香鈴, 林田 知優, 北川 未空, 佐久田 朝音, 黒崎 達也, 二宮 伸治	4. 巻 48-3
2. 論文標題 模擬右心房を用いたV-V ECMOの再灌流に関する検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 体外循環技術	6. 最初と最後の頁 229
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 林田知優, 北川未空, 佐久田朝音, 上杉香鈴, 羽原映治, 黒崎達也, 二宮伸治	4. 巻 33. Suppl.1
2. 論文標題 V-V ECMOにおける再循環流量比の光学的定量計測システムの構築	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 医工学治療	6. 最初と最後の頁 148
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 北川 未空, 上杉 香鈴, 羽原 詠治, 二宮 伸治	4. 巻 54. Suppl.1
2. 論文標題 自己修復血管を用いた穿刺シミュレータの構築と評価	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本透析医学会雑誌	6. 最初と最後の頁 352
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 佐久田 朝音, 上杉 香鈴, 二宮 伸治	4. 巻 54. Suppl.1
2. 論文標題 穿刺部湿度変化モニタリングによる非接触抜針検知システムに関する基礎的研究	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本透析医学会雑誌	6. 最初と最後の頁 404
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計18件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 藤本実和, 西原伶菜, 上杉香鈴, コリー紀代, 黒崎達也, 二宮伸治
2. 発表標題 「自己修復血管を用いたウェアラブル穿刺止血シミュレータの開発
3. 学会等名 RBOMECH2019: ロボティクス・メカトロニクス 講演会 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西原玲菜、藤本実和、上杉香鈴、コリー紀代、黒崎達也、二宮伸治
2. 発表標題 「臨床におけるカテーテル操作手技評価のための吸引圧・加速度情報収集システムの開発
3. 学会等名 ROBOMECH2019: ロボティクス・メカトロニクス 講演会 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Colley Noriyo, Komizunai Shunsuke, Ninomiya Shinji, Asaka Tadayoshi, Mani Hiroki, Takizawa Hana, Umesawa Sarina, Taira Yuya, Murata Eri, Nakamura Misuzu, Inoue Sozo, Kanai Satoshi, Konno Atsushi
2. 発表標題 Hygienic Manipulation Evaluation System During Endotracheal Suctioning Using Bilateral Dorsum Manus Total Travel Distance
3. 学会等名 2020 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (国際学会)
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 胡範明、二宮伸治
2. 発表標題 ECMO用脱血カニューレ周辺流場の可視化解析
3. 学会等名 第37回日本人工臓器学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 平松侃大、藤本実和、西原玲菜、黒崎達也、二宮伸治
2. 発表標題 遠心ポンプ内の気泡動態変化を早期検知できる多点モニタリングシステムの開発
3. 学会等名 第37回日本人工臓器学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤本実和、西原玲菜、平松侃大、黒崎達也、二宮伸治
2. 発表標題 仮想患者シミュレータに用いる血行動態制御モデルのための新しい心拍数制御アルゴリズムの提案
3. 学会等名 第37回日本人工臓器学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 二宮伸治
2. 発表標題 空気誤送リスク軽減のための遠心ポンプ内残留気泡早期検知システムの可能性
3. 学会等名 第45回日本体外循環技術医学会共催セミナー（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 浦山稜汰、二宮伸治
2. 発表標題 聴診法におけるカフ装着状態の良否を判別できる血圧測定トレーニングシステムの開発
3. 学会等名 第9回中祖国臨床工学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 新谷梨沙、コリー紀代、二宮伸治
2. 発表標題 教育用呼吸療法シミュレータのための分岐気道粘膜モデルの試作と訓練効果の検討
3. 学会等名 第9回中四国臨床工学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 萬谷 麗奈, コリー 紀代, 小水内 俊介, 近野 敦, 金井 理, 浅賀 忠義, 中村 美鈴, 井上 創造, 萬井 太規, 二宮 伸治
2. 発表標題 気管内吸引手技の2D/3D動画視聴による学習効果評価指標の開発
3. 学会等名 日本医工学治療学会第37回学術集会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 吉川 孝次, 安田 康晴, 二宮 伸治, 山本 弘二, 友安 陽子, 坂口 英児
2. 発表標題 外傷傷病者に対する修正下顎拳上法の検討 示指法と母指法の比較
3. 学会等名 第24回日本臨床救急医学会総会・学術集会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 上杉 香鈴, 二宮 伸治, 黒崎 達也, 大下 慎一郎, 高橋 晋也
2. 発表標題 ECMOの臨床で要求される高度技術を習得できるソフトウェアシミュレータの開発
3. 学会等名 第58回日本人工臓器学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 二宮 伸治, 上杉 香鈴, コリー 紀代, 黒崎 達也, 北川 未空
2. 発表標題 自己修復血管を用いた高再現性穿刺・止血トレーニングシステムの開発と展開
3. 学会等名 第58回日本人工臓器学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 コリー 紀代, 小水内 俊介, 近野 敦, 金井 理, 浅賀 忠義, 中村 美鈴, 井上 創造, 萬井 太規, 二宮 伸治
2. 発表標題 気管内吸引1施行当たりの所要時間と視線移動量・両手背移動量の関連
3. 学会等名 日本医工学治療学会第36回学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 羽原 詠治, 上杉 香鈴, 林田 知優, 北川 未空, 佐久田 朝音, 黒崎 達也, 二宮 伸治
2. 発表標題 模擬右心房を用いたV-V ECMOの再灌流に関する検討
3. 学会等名 第46回日本体外循環技術医学会学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 林田知優, 北川未空, 佐久田朝音, 上杉香鈴, 羽原映治, 黒崎達也, 二宮伸治
2. 発表標題 V-V ECMOにおける再循環流量比の光学的定量計測システムの構築
3. 学会等名 第37回日本医工学治療学会学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 北川 未空, 上杉 香鈴, 羽原 詠治, 二宮 伸治
2. 発表標題 自己修復血管を用いた穿刺シミュレータの構築と評価
3. 学会等名 第66回日本透析医学会学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐久田 朝音, 上杉 香鈴, 二宮 伸治
2. 発表標題 穿刺部湿度変化モニタリングによる非接触抜針検知システムに関する基礎的研究
3. 学会等名 第66回日本透析医学会学術集会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	コリー 紀代 (Colley Noriya) (80431310)	北海道大学・保健科学研究院・助教 (10101)	
研究分担者	徳嶺 朝子 (Tokumine Asako) (90435058)	近畿大学・生物理工学部・講師 (34419)	
研究分担者	黒崎 達也 (Kurosaki T Tatsuya) (40448270)	広島大学・病院(医)・准教授 (15401)	削除：2020年12月15日

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------