

一般口演 | 医療支援

一般口演2

医療支援

2021年11月19日(金) 09:10 ～ 11:10 F会場 (2号館2階224)

[2-F-1-01] 人工知能を用いた在宅輸血患者の危険行動検知システムの開発

*西川 彰則^{1,3}、楠本 嘉幹²（1. 和歌山県立医科大学, 2. 株式会社サイバーリンクス, 3. 赤坂クリニック）

*Akinori Nishikawa^{1,3}, Yoshiki Kusumoto²（1. 和歌山県立医科大学, 2. 株式会社サイバーリンクス, 3. 赤坂クリニック）

キーワード：Home care, AI, Home transfusion, alert system

【目的】 通院困難な輸血を必要とする患者にとって在宅輸血は有効な治療である。しかし、輸血中の見守りや合併症出現に対応するため、医療者が輸血実施中に患者宅で常に付き添うことは人的資源から難しい。我々は、安全な輸血実施のため患者の映像を、人工知能を用いて解析し、危険行動を医療者に通知するシステムを構築し、家族による見守りの負担を軽減することを目的とした。【方法】赤坂クリニック（神戸市）にて在宅輸血を定期的に行っている患者の在宅輸血時の映像を14回（1輸血当たり2時間弱）記録した。録画した映像をもとに、インテル社 OpenVINOツールキット（2D人物姿勢推定モデル：human-pose-estimation-0001）を使用し、両耳、両目、鼻、首、両肩、両肘、両手首、骨盤左右、両膝、両足首の計 18個のキーポイントの位置を検出した。それぞれの位置を XY座標軸に展開し、頭部の傾き、体幹の傾き、四肢の傾きを計算し、臥位、座位、立位などの体位、上肢の屈曲を判定するアルゴリズムを作成した。更に、体位変換時（転倒などにつながる）、上肢の屈曲（輸血滴下不良に影響）が3分以上続く場合にアラート内容をメール通知する機能を実装した。【結果】 1回の輸血中の平均メール通知数は7.5回であり、臨床上十分対応可能な件数と考える。アルゴリズムが判定した座位や臥位、上肢屈曲といったメール通知と実際の体位の一致率は8～9割程度であったが、立位は判定できなかった。2D人物姿勢推定モデルを利用したため正面座位を立位と誤認識した結果であった。【考察】 高齢者や認知症患者の見守りは家族だけでは困難で、本システムのサポートにより在宅輸血の安全性向上につながる可能性がある。今後、3D人物姿勢推定モデルを利用し、体位判定精度の向上を目指したい。

人工知能を用いた在宅輸血患者の危険行動検知システムの開発

西川彰則^{*1,3}、楠本嘉幹^{*2}

*1 和歌山県立医科大学、*2 株式会社サイバーリンクス、
*3 赤坂クリニック

Development of dangerous behavior detection system for home transfusion patients using artificial intelligence

Akinori Nishikawa^{*1,3}, Yoshiki Kusumoto^{*2}

*1 Wakayama Medical University, *2 CYBERLINKS CO., LTD
*3 Akasaka Clinic

Home transfusion is an effective treatment for patients who require blood transfusions that are difficult to go to the hospital. However, it is difficult for medical staff to always accompany the patient at the patient's home during home blood transfusion due to human resources. For safe blood transfusion, we have developed a system that analyzes patient images using artificial intelligence and notifies remote medical staff of dangerous behavior in real time.

The video of a patient undergoing home transfusion at the Akasaka Clinic with the consent of this study was recorded 14 times. We have developed a system to judge the posture such as lying down, sitting, standing and the flexion of the upper limbs by using the recorded video with Intel's OpenVINO toolkit (human-pose-estimation-0001). In addition, we have implemented a function to notify the doctor by e-mail when changing the position or when the upper limbs are flexed.

The match rate between the email notification and the actual posture was about 90%, but the standing position could not be determined. This was the result of erroneously recognizing the front sitting position as a standing position because a 2D human pose estimation model was used.

We believe that the support of this system may lead to improved safety of home blood transfusion. In the future, we would like to use the 3D human pose estimation model and increase the types of dangerous behaviors that can be detected.

Keywords: Home care, AI, Home transfusion, alert system

1. 緒論

高齢のため通院が困難であったり、コロナ禍で外出を控えている患者にとっては、定期的な輸血のための通院は大きな負担である。しかし、輸血治療を必要とする骨髄異形成症候群や再生不良性貧血の患者にとって、定期的な輸血の継続は死活問題である。そのため、多くの患者は、家族のサポートを得ながら通院している現状がある。家族のサポートが得られず通院が困難である場合には、継続的な入院を予後なくされることもある。

在宅輸血とは、輸血を要する血液疾患患者に対して、通常病院で実施される輸血治療を在宅で実施するものである。患者の通院の負担や外来の待ち時間がなくなるだけでなく、終末期を自宅で過ごすための重要な手段となる。一方で、輸血療法には、重篤な輸血関連合併症発症のリスクがあるため、在宅で実施するにあたり、安全性の担保や合併症出現時の対応が課題となり、在宅輸血は一部の施設での実施に限られている。

在宅輸血の安全性を向上する目的で、日本輸血・細胞治療学会のガイドライン¹⁾では「医療者が患者宅を退出した後も患者に付き添う患者付添人がいる」ことが、在宅輸血の適応条件になっている。医療者が輸血実施の全時間に付き添うことが最善ではあるものの、人的な資源から現実的には難しく、その為上記のガイドラインの通り、医療者が患者宅を退出した後も患者に付き添う患者付添人がいることが必須となっている。

筆者は、この医療者が退出した後の患者付添人の見守り時の安全性を向上すること、および患者付添人の負担を軽減する目的のため遠隔バイタルモニターを利用した患者観察の研究²⁾を進めてきた。輸血中の輸血関連合併症などの有害事象をできるだけ早期に検知し、緊急的な介入を可能とすることで安全性の向上と患者付添人（多くは家族）の負担軽減をめざしてきた。重篤な輸血関連合併症は、ひとたび発症すれば致死性であるものの、実際の頻度はまれである。一方で研究を進める中で、高齢であるが故の転倒や点滴ルートの誤抜針、上肢屈曲による滴下不良といった在宅診療ならではの危険性があることに直面した。患者付添人がいるとは言え、約2時間の輸血時間を通じて、患者のベッドサイドでずっと観察することはなかなか難しく、目を離した隙に上記のことが発生する事例も経験した。そこで我々は、在宅輸血患者の危険行動を早期に検出して患者付添人と連携することで安全な輸血実施のサポートとなるシステムを開発するに至った。

2. 開発目的

本システムは、在宅輸血患者の危険行動をリモートでリアルタイムに検知し、輸血中の転倒や上肢屈曲による滴下不良などを遠隔地の医療者に通知することを目的とする。通常、患者は、輸血中はベッド上で安静の姿勢を維持していることが多いが、点滴台を押しながらのトイレ移動などの体位変化時に転倒するリスクが高いと考えられる。また何等かの理由でベッドから起き上がったたりする行動に伴い、誤抜針が起きたり、

上肢の屈曲による輸血の滴下不良が生じる。これら危険行動の起点となる体位変化を検出した際に、実際に患者映像を確認し、安全な輸血が実施できているかを確認する仕組みを実装した。本研究は、和歌山県立医科大学での倫理委員会にて承認され、患者および家族の同意を得て実施した。

3. システム概要

本システムは、患者宅に設置するスマートフォン、危険行動検知システムが稼働する Windows PC (Intel Core i5、標準メモリ:8GB、RAM16384MB、メモリタイプ DDR4 SDRAM、Home(64bit)、Windows 10)、往診医が携帯するスマートフォンで構成される。映像の送受信は ZOOM meeting を利用した。

患者の危険行動を判定するもとなる姿勢を検出するために、インテル社 OpenVINO ツールキット(2D 人物姿勢推定モデル: human-pose-estimation-0001)を使用した。人物姿勢推定モデルを用いて、患者映像から両耳、両目、鼻、首、両肩、両肘、両手首、骨盤左右、両膝、両足首の計 18 個のキーポイントの位置を検出した。それぞれの位置を XY 座標軸に展開し、頭部の傾き、体幹の傾き、四肢の傾きを計算し、臥位、座位、立位などの体位、上肢の屈曲を判定するプログラムを作成した。更に、体位変化時(転倒などにつながる)、上肢の屈曲(輸血滴下不良に影響)が 3 分以上続く場合にアラートメッセージをスマートフォンにメール通知する機能を実装した。システムの概要は図1の通りである。



図1

危険行動検知システムの体位変換アルゴリズムは図2の通りである。観察対象の患者は、布団をかぶっている場合もあり、常に全身が観察できる状態ではないため、まずは B:体幹の傾きを基準にその傾きと C:大腿の傾きの組み合わせにより、姿勢を推定した。B:体幹の傾きが布団に覆われるなどで検出できない場合は、A:頭部の傾きから臥位を推定した。

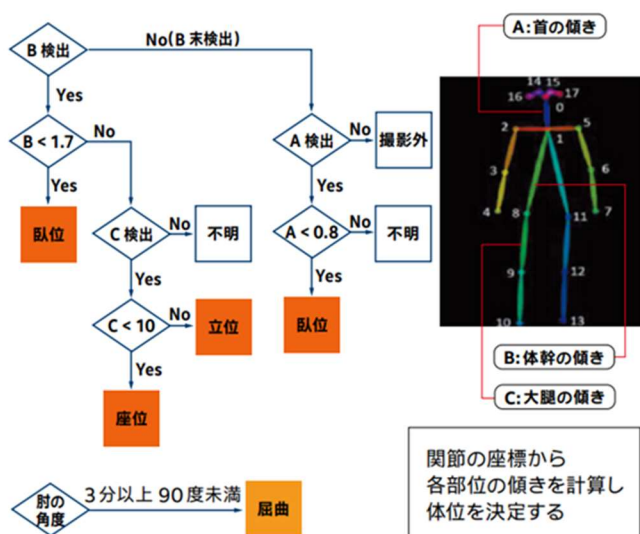


図2

人物姿勢推定モデルは、患者映像にリアルタイムに 18 個のキーポイントの位置を示すが、患者の服の色であったり、映像の照度、動作によって検出位置の揺らぎがあるため、同じ姿勢であってもキーポイントの位置が大きく変動することがある。これをそのままアルゴリズムで判定すると、正確な体位は評価できないため、500 回のアルゴリズムの判定(約 1 分程度)を繰り返し、多数決で多く判定された体位を、その時間での体位と判断することで、学習モデルの揺らぎによる誤った体位の判定を減らした。

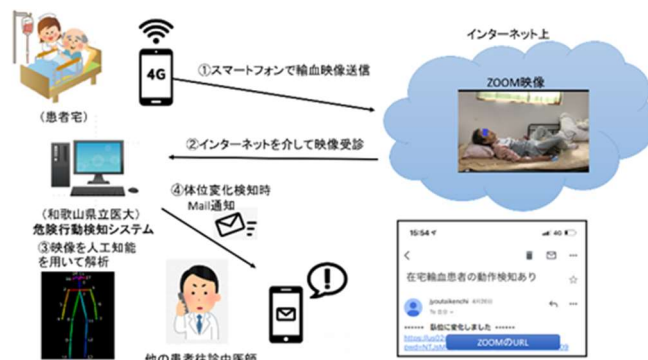


図3

臨床現場での運用モデルは、図3の通りである。患者宅と和歌山県立医科大学を ZOOM で接続し、他の患者往診中の医師が体位変換を示すメール通知を受信したことをきっかけに、リアルタイムで患者映像を確認できるシステム構成をした。現在は、危険行動検知システムをインストールした LTE 対応小型 PC を患者宅に設置し、PC に接続するカメラで対象患者を撮影し、その場で危険行動を判定して、往診中の医師にメール通知を行う形式に変更した。

4. システム評価

赤坂クリニック(神戸市)にて在宅輸血を定期的に実施している患者の在宅輸血時の映像を 14 回(1 輸血当たり 2 時間弱)記録した。1 回の輸血中の平均メール通知数は 7.5 回であり、他の患者を往診中の医師が確認可能な件数と考える。アルゴリズムが判定した座位や臥位、上肢屈曲といったメール通知と実際の体位の一致率は 9 割程度(図 4)であったが、立位は検出できなかった。2D 人物姿勢推定モデルを利用したため正面座位を立位と誤認識した結果であった。

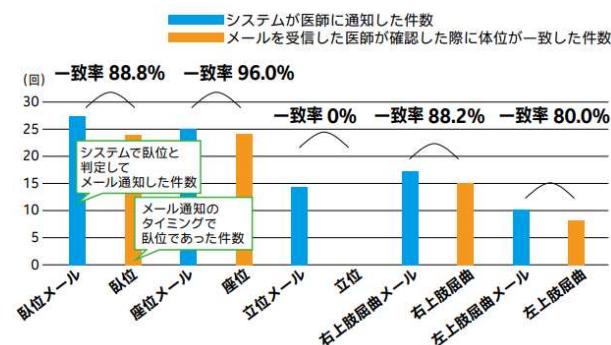


図4

また、図3の運用モデルでメール受診をきっかけにリアルタイムの患者映像を確認することが可能であったが、当初は、1秒ごとに数回程度の体位判定をもとに、体位変化があれば通知を行ったため、学習モデルのキーポイントの判定位置の揺らぎによる誤検知でも体位変化と判定され、誤通知が頻発した。その後、上述の通り、500 回の多数決の判定に変更することで、実用に耐える仕様となった。

5. 考察

輸血を必要とする患者にとって、在宅輸血は有効な手段であるものの、合併症や危険行動への対処が課題であり、実施医療機関は一部にとどまっている。我々は、本システムのサポートにより危険行動につながる可能性のある体位変化を検出するアルゴリズムを開発したが、転倒や誤抜針といった様々な危険行動を検知するには不十分である。人物姿勢推定モデルが決定するキーポイントの判定位置は、対象が動いていなくても、揺らぎ、変化することがあるため、キーポイント位置の急激な変化が、転倒などの急激な体動なのか、誤検知なのかを判定することが困難である。今後、検知できる危険行動を増やすためには、キーポイント位置の誤検知を判別する工夫や3D 姿勢推定モデルの採用など、更なる改良が必要と考えられる。

6. 結論

本システムは、危険行動につながる可能性のある体位変化を検出し、メール通知を行うことで、遠隔地から患者の状態をモニターする一つの手段を提案した。更に、危険行動検知システムの改良を加え、在宅輸血の安全性向上に資することで、在宅輸血実施可能施設の普及に貢献できればと考える。

参考文献

- 1) 北澤淳一, 玉井佳子, 藤田浩ら. 在宅赤血球輸血ガイド. 日本輸血細胞治療学会誌 2017 ; 63 :664-673.
- 2) Nishikawa A, Fujimori Y, Sakano N, et al. Remote vital signs data monitoring during home blood transfusion: A pilot study. Health Sci Rep. in press.
- 3) インテル社 OpenVINO™ツールキット.
[<https://www.intel.co.jp/content/www/jp/ja/internet-of-things/openvino-toolkit.html>](cited 2021-Aug-15)].