

論文内容の要旨

博士論文題目 パルスオキシメータでの SpO₂ 測定精度向上の研究

氏 名 木本 奈津子

(論文内容の要旨)

パルスオキシメータによる経皮的動脈血酸素飽和度 (以下 SpO₂) は、生命維持に欠かせない重要なパラメータのひとつである。2 波長の光源を持つセンサを指に装着し、簡便に非侵襲で連続的に計測できる。しかし、センサの不適切な装着により測定精度が低下する場合がある。特に新生児や小児のテープ式センサでの測定では、装着部位の指が細い場合、発光部と受光部の装着位置のずれや、生体組織を透過せず直接受光部に回り込んで検出される光 (これを“迷光”とする) が発生し、測定精度低下の原因となる。本研究は、これら装着位置のずれと迷光が、SpO₂ 測定値に与える影響を実験によって明らかにし、精度向上を実現するセンサの構造を検討することを目的としたものである。

まず、装着位置のずれの影響について、健常成人 6 名を対象に、センサの発光部と受光部が対向する位置と、および、90° ずれた位置で SpO₂ を測定し、受光位置の違いにより生じる測定値の差を確認した。その結果、対向位置に比べ、90° 位置の測定値が全例で低値となり、その平均値の差は -0.75% であった。

次に、迷光の影響について、センサを適正な装着位置から 1mm ずつ横方向にずらし迷光を発生させながら、SpO₂ を測定し、迷光と測定値の変化を観測した。その結果、迷光の増加により SpO₂ 値に誤差が生じること、および、発光部もしくは受光部のいずれか一方を指に密着固定させると、他方がずれても大きな誤差は生じないことを示した。さらに、この迷光による SpO₂ 測定誤差のメカニズムを、数学モデルにより理論的に説明した。

これらの知見に基づき、小児用センサを試作し、その効果を乳児の細い指で評価した。試作センサは、迷光を遮光し、入射光の漏れを防ぐ効果のある黒色のテープを、市販のセンサの構造に追加したものである。乳児の第 1 指と第 4 指で SpO₂ を測定し、従来のセンサと比較した。試作センサは、迷光の影響を受けず、細い第 4 指で太い第 1 指と同等の精度で SpO₂ を測定することができた。

氏名	木本 奈津子
----	--------

(論文審査結果の要旨)

平成24年12月21日に開催した公聴会の結果を参考に、平成25年2月20日に本博士論文の審査を実施した。

以下に述べる通り、本博士論文は、本学位申請者が情報科学の生命機能計測応用分野で研究開発活動を続けていくために必要な素養を備えていることを示すものである。

木本奈津子は本学位論文において、まず、パルスオキシメータのセンサ装着に関して、特に新生児や小児の測定において精度低下の原因とされる、センサ装着位置のずれの影響と迷光の影響を実験によって明らかにした。健常成人に対する発光部と受光部の対向位置のずれは、1%程度で大きな影響のないことが明らかになる一方、特に乳幼児の細い指については、迷光の影響が大きいことを明らかにした。さらにこれらの知見に基づき、センサ装着の際に迷光を排除し受光部が生体組織透過光のみを検出できる黒テープを用いた簡便な構造のセンサを試作し、乳児を対象にした評価実験によって、従来製品に比べて精度が向上することを示した。すなわち、従来のセンサでは装着部位として適用外である細い指での測定ができれば、現在は足の甲や手のひらで測定されている未熟児や新生児のSpO₂測定精度向上に寄与できる。これらの評価実験の信頼性と新しいセンサの新規性は高く評価できる。

本論文で提案された、パルスオキシメータによる血中酸素飽和度の精度評価と迷光の影響を排除できるセンサの開発は、情報科学と医療の境界領域における生命機能計測学の発展に大きく貢献するものである。よって、本論文は、博士(工学)の学位論文として十分な価値があるものと認める。