

在宅療養生活に対応した眼球運動意思伝達装置の開発とその臨床評価

宮坂智哉[札幌医科大学大学院保健医療学研究科/博士課程]

背景・目的

ALS(筋萎縮性側索硬化症)などで、残存運動機能が眼球運動に限られた方を対象とした意思伝達装置に、眼球運動や視線を利用したものがある。これらは基礎的な研究、開発から、製品開発などの応用的な開発にシフトしており、すでに商品化がなされているものもあるが、装置が高価で取り扱いが複雑なものが多く、在宅医療現場ではほとんど普及していない。本研究は、安価で在宅環境に対応した眼球運動入力装置を開発し、普及を促すことにより、在宅療養生活者及び介護者の生活環境改善の一助となすことを目的とする。

内容・方法

本研究は安価で使いやすい眼球運動意思伝達装置を設計、製作し、臨床的な評価を実施するものとした。対象者の使用環境を在宅で家族介護者とともに過ごすことと想定して使用条件を設定し、それに基づいた開発指針を策定した。開発指針に基づいて、使用者の眼球運動情報を取得する手法を検討し、眼球運動の動画像を撮影し、その動画像から運動情報を取得する方法を採用した。具体的には、撮影した眼球運動画像を表示するモニタ上に光センサを配置し、眼球の強膜反射に伴う明暗(白黒)像の変化を光センサが検出するものとした。

製作は基礎開発用に1セット、臨床評価用に2セットの計3セットとした。製作人員は1名で、製作日数は約3ヶ月だった。装置の部品コストは1台あたり約6万円だった。装置製作後、装置動作などの基礎的な動作試験などを実施した後、健常者による臨床的評価試験を実施した。

結果・成果

本装置は、本体重量15gの超小型CMOSモノクロビデオカメラを眼鏡フレームに固定したヘッドユニットと、眼球表示モニタ、眼球運動検出センサ、制御回路装置を擁する装置本体の構成とした。

装置の操作方法は次の通りである。1.介護者はビデオカメラのビデオケーブルを装置本体に接続する。2.介護者はビデオカメラ及び装置本体の電源を入れる。3.介護者は表示モニタを見ながら、使用者の虹彩像がセンサ内に収まるようにカメラ位置を調整してヘッドユニットを使用者に装着する。4.使用者は、閉眼時眼球中立位で中立位ランプが点灯するのを確認する。5.使用者は、眼球を外転、あるいは内転し、設定秒数以上保持すると意思伝達信号が出力され、音声、ランプ点灯、外部出力端子から接点信号が出力される。

装置製作後、評価を実施した。最初に装置の基本的な動作試験を行い、感電や異常な発熱がなく240時間以上連続で動作することを確認した。次に健常者を被験者とした動作確認試験を実施した。被験者にヘッドユニットを装着し、閉眼時、閉眼時眼球中立位のときは中立位信号が送出され、本体装置にある中立位ランプが点灯した。眼球外転後、1.5秒間保持した時には、意思伝達信号1が送出され、本体装置にある意思伝達信号1ランプ及び音声信号が送出された。同様に眼球内転後、1.5秒間保持した時には、意思伝達信号2が送出され、本体装置にある意思伝達信号2ランプ及び音声信号が送出された。眼球を上転した時には制御離脱信号が送出され、ランプ、音声信号は送出されなかった。被験者3名に対して同じ試験を繰り返し実施し、同様の結果が得られ、装置の設定どおりの動作を確認した。

次に座位姿勢において、頭頸部の角度を変化させたときの動作試験を実施した。被験者にヘッドユニットを装着後、自動運動で頭頸部を屈曲・伸展、左右回旋、左右側屈した。頭頸部を任意に角度変化させた後に眼球を外転、内転し、2種類の意思伝達信号が送出された角度範囲を確認した。結果はほぼ参考可動域で動作が可能なことが確認された。屈曲(うつむき)方向での動作範囲に若干の制限があったが、これは、頭頸部を屈曲することで検出面が影になり、画像での明暗変化が少なくなったからだと思われる。

また、動作可能な照度範囲は180~5000Lxだった。JISが推奨する居室内照度(照度基準(JIS Z 9110))は、家庭内で作業をすることを前提にして、居間では150~2000Lx、寝室では300~750Lxである。試験結果はJISの推奨範囲には届かなかったが、照明などの追加で対応は可能と思われる。

在宅で療養生活をしている患者さんに対する臨床評価試験は、試験希望者の死亡や入院などで実施できなかった。しかし、現在大学病院のリハビリテーション室や、福祉施設、病院などと連絡を取り合っており、試験希望者が出了段階で実施する予定である。

今後の展望

今後も研究を継続し、在宅療養者に対する臨床評価を実施し、臨床でのニーズを調査し、本装置のような特殊な意思伝達装置が普及するのに必要な情報を収集する。

本装置は制御中心に16chの入出力制御が可能なシーケンサボードを用いている。これにより意思伝達装置のほか、家電品などを制御する環境制御装置やパソコン入力装置などを複合して使用できる可能性を持っている。試作した3台は、新たな開発のためのプラットホームとして、多機能で様々なニーズに応えるようにする。また、一方では移動しながら、あるいは屋外など、よりいっそアクティビティの高い条件での使用も想定される。使用する方達のさまざまな生活場面で使えるようより汎用的な装置についても検討していく。