

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 30 日現在

機関番号：15301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23791987

研究課題名(和文) 3次元眼球運動解析と臨床評価

研究課題名(英文) Three-dimensional eye movement analysis and clinical evaluation

研究代表者

濱崎 一郎 (Hamasaki, Ichiro)

岡山大学・大学病院・助教

研究者番号：50600532

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円、(間接経費) 780,000円

研究成果の概要(和文)：1) 画像解析に有用なMATLABを用いて、撮像した前眼部の動画から1枚の画像を抽出し、一連の画像を連続して解析することで回旋運動を含めた眼球運動を測定できるプログラムの開発を行い、微細な眼球運動の上斜筋ミオキミアの評価ができた。

2) 斜視患眼位・眼球運動を測定できる3次元(水平、垂直、回旋成分)の小型ビデオ画像解析システム、および完全暗室下にて撮影可能な高解像度カメラを用いた眼位測定システムを開発した。

3) 完全暗室下でヒト患者が中心と思っている眼位を測定した。臨床でホールインカードテストで判定された優位眼との測定眼位との間に違いが見られた。ただし、より測定精度の高い方法を考える必要がある。

研究成果の概要(英文)：1) Software programmed in MATLAB was developed for analysis of horizontal, vertical and torsional eye movement that was extracted from a sequence of captured images of anterior ocular segment. Small eye movement in superior oblique myokymia could be evaluated with this software.

2) Compact video image analysis system that provided measurement of eye movement in three-dimensional (horizontal, vertical and torsional component) and photographing system with high-resolution camera that provided taking images in complete dark room were developed for analysis of eye movement in normal subjects and patients with strabismus.

3) Ocular alignments assumed center position by human patients with strabismus were measured in complete dark room. Difference in ocular dominant between the hole-in-the-card test and ocular alignments assumed center position was indicated. More accurate method was needed for analysis of ocular alignments assumed center position.

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：外科系臨床医学・眼科学

キーワード：眼球運動測定 3次元画像解析 上斜筋ミオキミア 外眼筋固有感覚

1. 研究開始当初の背景

国内、国外の研究動向と本研究の位置づけ

(1) ビデオカメラ撮影による3次元解析の位置づけ

現在有力な Eye Tracking System (視線追跡装置) には、ビデオ型眼球運動記録法とサーチコイルシステムの2方法がある。サーチコイル法は精度が高く1ミリ秒単位のレベルでの運動の記録が可能で、3次元解析が可能である。しかし、サーチコイルを埋め込んだコンタクトレンズを眼球に装着させるため、瞬目で生じるスリップが全く無いとはいえず、眼球反対回旋といった微小の眼球運動を測定する上ではスリップが測定結果に影響を及ぼすことが問題になる。さらに、コンタクトレンズに連結するサーチコイルの導線が眼球運動の邪魔になり、周辺視時にサーチコイルの動きが制限されるという問題点がある。さらに、この計測機器は非常に高価なシステムであり、高度な技術的なサポートも必要となり、臨床的に応用するには難しく研究室レベルの段階に留まっているのが実情である。それに比べビデオ型眼球運動記録法は、低費用かつ低侵襲の面から最も普及している測定法であり、近年の装置の発達により軽量化、高解像度化が進んでおり、その手軽さから臨床応用も十分に可能であると考えられる。したがって両眼の軽量かつ高解像度のデジタルビデオカメラを用いて水平、垂直、回旋成分の3次元眼球運動測定装置の開発も可能となってきたと考えられる。

(2) サーチコイルによる3次元で眼位・眼球運動の解析した報告

近年のサーチコイル法を用いた研究には、ヒトでは後天性上斜筋麻痺が先天性や健常者に比べ眼位が耳側に偏位しており、斜視の術後に改善したという報告がある (Straumann IOVS 2003)。また、サルでは急性上斜筋麻痺を人為的に作成し経過を調査

した報告がある。この研究では遮閉した麻痺眼の上偏位が麻痺後の約2日に最大となり術後約1週間後に改善したこと (Shan IOVS 2007, 2008) や、視運動性回旋眼振が減少したこと (Shan IOVS 2008) を3次元解析によって明らかにしている。しかし、上斜筋麻痺の3次元解析の報告は少なく十分な研究はされていない。

(3) 外眼筋の固有知覚の眼位・眼球運動への関わりを調査した報告

上斜筋麻痺のサルにおいて外眼筋の固有知覚を傷害した状態でさらに上偏位が悪化したという報告 (Lewis Exp Brain Res 2001) や固視眼を動かさないように外眼筋に撮子で力を加えると固有知覚が働き他眼の眼位が変化するという報告 (Mitsui BJ0 1981) があり、眼位のコントロールにおいて外眼筋の固有知覚の関与もあると考えられている。しかし、その存在・役割については未だに明らかにされておらず議論されているところである。

2. 研究の目的

ビデオカメラ撮影法による眼位・眼球運動の3次元解析システムの開発、ならびに同手法を用いて斜筋に關係する疾患を対象に眼位・眼球運動の3次元解析、および外眼筋固有知覚の関わりを定量化することを研究目的とする。

3. 研究の方法

(1) ビデオ画像による眼位・眼球運動の3次元解析システムの開発

3次元画像解析プログラム開発と応用
画像解析に有用な工学系研究でよく用いられているソフトウェアである MATLAB (Mathworks, U.S.A.) を用いて、撮像した前眼部の動画から1枚の画像 (1フレーム) を抽出し、一連の画像を連続して解析することで眼球運動を測定できるプログラムの開

発を行う。それを用いて眼球の回旋成分の微細な運動を測定し、過去のサイーチコイルの方法と比べ評価する。

小型ビデオ画像撮影装置の開発

両眼の眼球運動を同時に測定できる小型かつ軽量の装置の開発を行い、正常者を対象に眼球運動を測定する。得られた動画は3次元画像解析プログラムを用いて定量化する。その精度を明らかにし、臨床に応用できるか評価する。

(2) 斜視患者への応用

上斜筋麻痺等の斜筋（回旋）に関する患者を対象に上記のシステムを用いて定量化し、斜視治療に応用できるか評価する。

(3) 外眼筋固有知覚の解析

外眼筋には骨格筋とは違うものの固有知覚の受容体がいくつか組織学的に存在する。斜視患者や外眼筋切除術・移動術後には筋の固有知覚が関係している可能性がある。眼位は視覚入力の影響を受けるため、固有知覚のみからの眼位を測定するには、視覚情報除去下（完全暗室下）で測定することが必要となる。ヒト以外の動物で固視させるためには固視目標を用意しなければならず、完全暗室下では測定ができない。本調査では、ヒトの被験者を対象に完全暗室下で“中心とと思っている眼位”を測定し、斜視患者でのどちらが中心にあるか（優位眼）、また術前術後での変化を測定、定量化し、外眼筋の固有知覚の関連性を評価する。

4. 研究成果

(1) ビデオ画像による眼位・眼球運動の3次元解析システムの開発

3次元画像解析プログラム開発と応用

MATLABを用いて、3次元画像解析プログラムを開発した。精度の高い測定にするには高解像度で撮影する必要があるが限界があるた

め、1ピクセルの濃淡からも位置を判定する補正プログラムを組み込んだ。また、光源の角膜反射のアーチファクトの影響による測定誤差を最小限にする補正プログラムを組み込んだ。解析を視覚的に表したものを写真に示す。

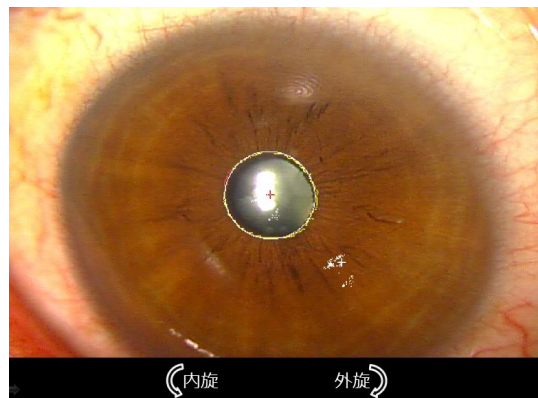


写真 3次元画像解析 赤十字は瞳孔中心、白十字は虹彩紋理の一部、白いリングは瞳孔縁を表す。その位置を追跡し運動を測定する。

また、そのプログラムを用いて頭部を傾斜させたときに生じる微細な回旋性眼球運動である動的反対回旋運動の解析[図1]を行った。また、上斜筋の異常な収縮である上斜筋ミオキミアの回旋性眼球運動の解析[図2]を行い、中枢性ではなく末梢性の障害であると判定できた。これらは過去のサイーチコイルを用いた報告と比較して同様の結果が得られ、この方法によっても微細な回旋性眼球運動を測定可能であった。

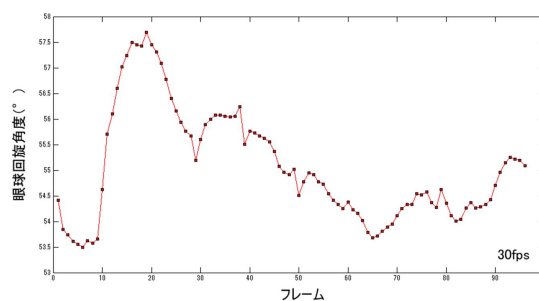
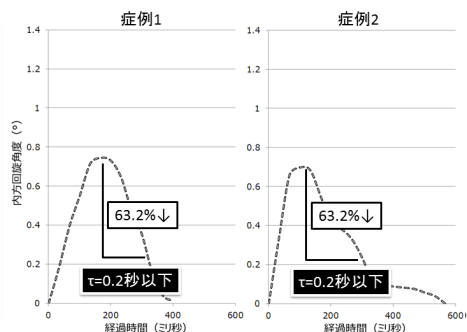


図1 動的反対回旋の測定 横軸はフレーム（0.03秒/1フレーム）、縦軸は回旋角度



※時定数 $\tau=0.2$ 秒以下なら神経積分器が介入していない末梢での反応を表す

図2 上斜筋ミオキミアの回旋運動の評価

横軸は時間、縦軸は内方回旋角度、生じた内方回旋が63.2%戻るにかかった時間が0.2秒以下なら末梢で起こった反応といえる。

小型ビデオ画像撮影装置の開発

水平、垂直、回旋成分の眼位・眼球運動を測定できる3次元のビデオ画像撮影装置の開発を行った。頸眼反射の影響を最小にするために可能な限りの装置の軽量化が重要である。軽量(47g)で瞳孔間距離、ノーズパッド、テンプルの長さを任意に調節可能な万能検眼鏡(ハセガワ・ビコー, JAPAN)に軽量(109g)かつ秒間60フレームでカラーの高画質(FX 1,920×1,080ピクセル, 60i)録画可能なデジタルスチルカメラDSC-TX55(SONY, JAPAN)を片眼ずつにそれぞれ2台搭載し、高解像度プロジェクターVPL-VW90ES(SONY, JAPAN)によって映しだされた光源目標を被験者の眼がハーフミラーを通して固視可能な測定装置の開発・改良を行った。この3次元眼球運動ビデオ画像解析システムを用いて、健常者に対して撮影を試み、できるだけ精度の高い測定できるように改良を繰り返した。超小型高輝度白色LEDを用いることで眼球に反射する照明によるアーチファクトの軽減、虹彩紋理が明確化された。装置としては、改善の余地を残すものの完成に至った。

(2) 斜視患者への応用

期間内に装置を用いて十分な健常者および患者のデータを収集できなかったため、今後も継続して研究を続けていく予定である。

(3) 外眼筋固有知覚の解析

当初予定されていた完全暗室下での撮影が困難であったため、完全暗室下で撮影可能な高解像度カメラを用いた眼位測定装置を本研究用に開発した。本測定を行う上で頭部が水平、垂直、回旋方向にずれがないことが必要である。万能検眼鏡を用い被験者ごとに瞳孔間距離、ノーズパッド、テンプルの長さを調節し適切となるようにしてから被験者に装着させ、検査台の上に被験者の頭部を乗せてもらい、周囲にある水平台、垂直柱と検眼鏡のフレームが平行、直角になる位置で頭部を固定してもらい、それを検査上の頭部ずれがない頭位と定義した。眼鏡には偏光フィルター付きレーザーポインターが固着しており、頭部の水平、垂直、回旋成分の動きが分かるようにした。また、それによって術前後でも同じ位置で測定可能である。ヒトの被験者で完全暗室下に”中心と思っている眼位”を向いてもらい眼位の撮影を行った。期間内に十分なデータは収集できてはいないが、臨床的に用いられているホールインカードテストで判定される優位眼との本測定から判断される優位眼との間に違いが見られることが分かった。ただし、より測定精度の高い測定方法を考える必要がある。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計 2 件)

濱崎 一郎、古瀬 尚、宮田 学、長谷部 聡、大月 洋、上斜筋ミオキミアにおける眼球運動の3次元画像解析の評価、第116回日本眼科学会総会、平成24年4月6日、東京国際フォーラム

濱崎 一郎、3次元眼球運動測定法～画像処理による眼球運動計測～、三海研究会、平

成 23 年 8 月 20 日、岡山コンベンションセンター

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.okayama-u.ac.jp/user/opth/>

6 . 研究組織

(1)研究代表者

濱崎 一郎 (HAMASAKI ICHIRO)

岡山大学・岡山大学病院 助教

研究者番号：50600532