

学内グラント 報告書

平成24年度 学内グラント終了時報告書

携帯型眼振記録装置による、新しいめまい診療システムの確立

研究代表者 新藤 晋 (大学病院 耳鼻咽喉科)

緒 言

Electro nystagmography (ENG), またはVideo nystagmography (VNG) を用いた眼振検査はめまいの診断に欠かせないが、装置の大きさのため、一般には耳鼻咽喉科外来など限られた環境でしか行なうことができない。一方、めまい発作は自宅など病院外で生じることが大半であるが、発作時間が短いか、発作から耳鼻科受診までの日数が長い場合、耳鼻咽喉科外来受診時にはめまい発作がすでに治っていることが多い。このような場合、所見が乏しいために正確な診断が下せず、適切な治療が行なわれていないことがある。さらに診断のためにより多くの検査を必要としたり、必要以上の薬剤が投与される傾向にあることから、医療費抑制のためにもより正確な診断と的確な治療が多方面から強く望まれている。

これらの課題を克服すべく、1980年代から90年代にかけて携帯型ENGに関する論文がいくつか報告された^{1,2)}。しかしいずれの装置も、センサー（電極）の装着を患者自身が行なえないことに加え、発作時に速やかにセンサーの装着・記録が行なえる訳でなく、発作時に備え長時間装着したまま記録を行なう必要があること、記録中は顔面に複数のセンサーを装着したまま生活しなければならないこと、ENGでは眼振における3成分（水平・垂直・回旋）の内、回旋成分の計測ができないことなど問題点が多く、普及することはなかった。

携帯型ENGの報告とほぼ同じ頃から、VNGによる眼球運動記録法が開発された。VNGはENGと異なり、眼球の動きをCCD/CMOSなどの撮像素子を通して、ビデオ画像としてディスプレイ上に投影させたり、ハードディスクなどに記録して解析等を行なう方法である。VNGは映像をそのまま患者に見せることができることに加え、回旋成分の解析により眼球運動の3次元解析が可能となるなど、大きなインパクトをもたらした。但し、当時のVNGは最先端の技術であり、装置が大きく、また構成機器が高価であったことなどの

理由から、装置はすべて据え置き型であり、患者ひとりで操作可能な携帯型VNGは存在しなかった。

今回われわれは、病院外で不意に生じためまい発作時においても、患者自身が操作・記録可能な携帯型VNGの構築と、同装置を用いた新しいめまい診療システムの確立を目指した研究を行なった。

材料と方法

携帯型VNG 1号機 (pVNG-1) の試作

永島医科器械製の遮眼用ゴーグル (IEM-2用) に民生用ワイヤレス式赤外線LED付小型CMOSカメラ及び無線受信機能付デジタルビデオレコーダーのセット (YK-873) を組み合わせることで、携帯型VNGを試作した (Fig.1)。

pVNG-1に使用している無線の安全性についての検証

pVNG-1は情報伝達に無線を用いている。無線はその周波数や電力の強度によっては、ペースメーカーを始めたとした他の医療機器への影響が考えられる。そのため、臨床の場で使用するには、装置が発生する無線が他の医療機器へ影響を及ぼさないか確認する



Fig. 1.

ことが必要である。そこで我々は、スペクトラムアナライザーを用いて、pVNG-1が発生する無線の周波数および電圧測定を行なった。

健常者をもちいた検討

対象は健常者7名。男性5例と女性2例、年齢は25歳から38歳、平均29.6歳であった。これらの被験者に対し、予め水平、垂直の各成分について10度校正を行なった後、温度眼振検査を行ない、出現した眼球運動の記録を行なった。方法は、まず仰臥位で頭部を約30度拳上した状態でpVNG-1を装着した。次に20℃の生理食塩水5 ccを約10秒かけて右もしくは左外耳道内に注入し、誘発された眼振を専用のレコーダーで記録した。

結果

pVNG-1に使用している無線の安全性について

カメラの電源をoffにした場合、周囲の無線機器が発する、IEEE.802.11g規格の最大約40 dBμVの電圧波形が記録された (Fig. 2a)。次に pVNG-1のカメラ電源をONにした所、IEEE.802.11gの電圧波形に加えて、pVNG-1が発する周波数2.430～2.435 GHz、最大電圧72.43 dBμVの電圧波形が記録された (Fig. 2b)。測定された最大電圧 (約70 dBμV) にアンテナ補正 (+30 dBμV) を行なうと電界強度 (E) = 約100 dBμV/m=0.1 V/mとなることから、電力P (W) の送信電波が距離r (m) 離れたところでの電界強度E (V/m) を示す式 (理想的な半波長ダイポールアンテナの場合)

$$「E=7\times\sqrt{P/r}」$$

にE=0.1 V/m、r=1 mを代入すると、最大電力 (P) は約0.2 mWであることが判明した。病院内で汎用さ

れており、他の医療機器への影響がないと認知されている無線LANの最大出力が10 mWであることから、pVNG-1が発生する無線は他の医療機器に影響を及ぼすことはなく、安全に使用できることが明らかとなった。

健常者をもちいた検討

全例において、明瞭な水平回旋性混合性眼振を視認することができた。さらに一例の眼球運動画像に対し、我々が従来から使用している眼球運動解析装置 (VIAS; video image analyze system) を用いて解析を行なった所、垂直成分の眼振は明らかでなかったものの、眼振の水平、回旋の各成分について解析が可能であった (Fig. 3a, b)。

考察

眼振検査は得られた眼球運動によりめまいの病巣を推定することが可能となることから、問診と並んでめまいの診療において欠かすことができない検査となっている。眼振検査には色々な種類があるが、中でも頭位眼振検査および頭位変換眼振検査は、めまいの原因で最も多い前庭性由来のめまい発作時に出現する異常な眼球運動を検出しやすいことから特に重要とされている。

めまい発作時もしくは発作直後には異常所見が高頻度で認められるが、めまい専門施設を紹介されて、精密検査を受けるまでの間にはめまいが治癒もしくは軽快し、眼振が認められなくなる症例を多く経験する。めまいの専門機関において、めまいを主訴に受診された患者の中で自発性眼振が認められる頻度は、注視眼振検査で19%、フレンツェル眼鏡を使用した眼振検

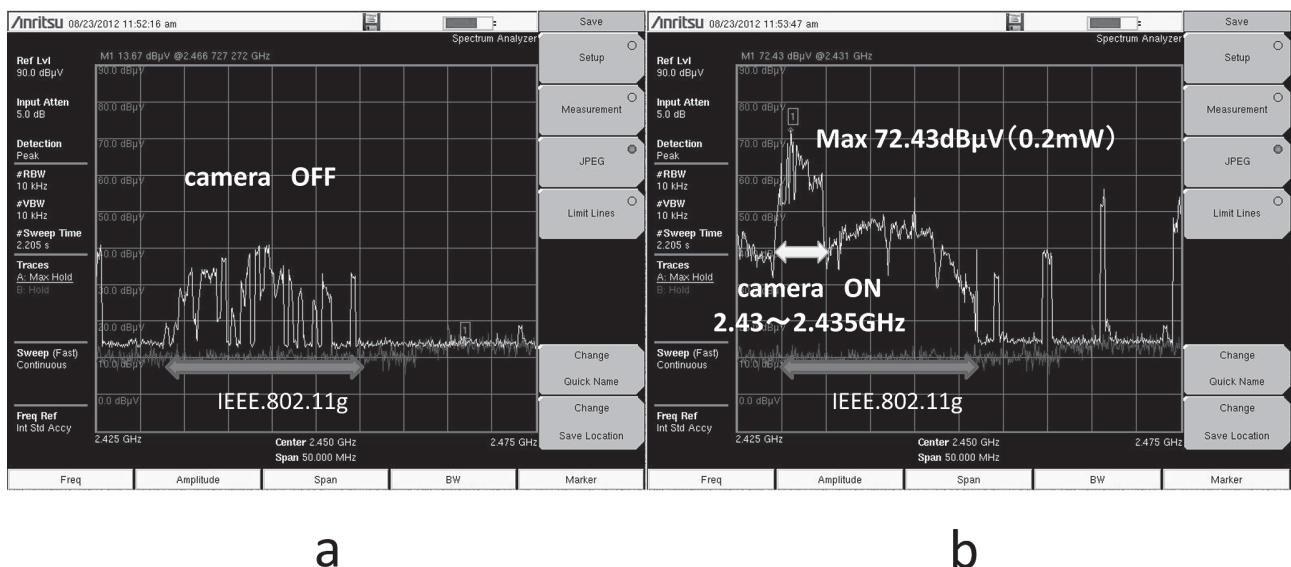


Fig. 2.

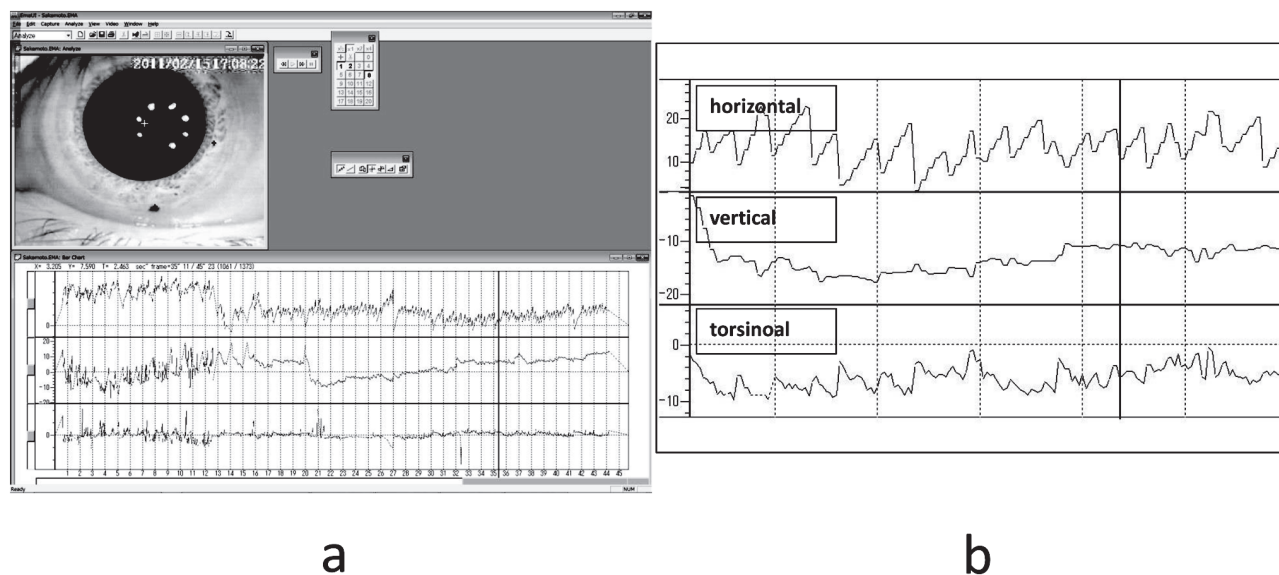


Fig. 3.

査で20%, 赤外線カメラを用いた眼振検査でも48%であり, 例え赤外線カメラを使用しても, 半数以上の患者で眼振が認められなかったとの報告がある. 以上の背景から, めまい発作時もしくは直後の眼球運動が記録できれば, 眼振の検出頻度が高まるのではないかと考えられるようになり, めまい発作時の眼振を記録することができる携帯型眼振記録計の必要性が認識されるようになった. 1970年～90年代には日本を中心に携帯型ENGの論文がいくつか報告された. 渡辺ら, 西川らはそれぞれ携帯型心電計やホルター心電計を使用もしくは応用した携帯型ENGを報告している. これらはいずれも睡眠時など長時間の記録に向いているが, 顔面に5つの電極を装着する必要がある. 発作時に5つの電極を患者自身が速やかに装着することは不可能であり, また装着したまま生活することも困難であることから, 普及することはなかった.

我々は, 日常診療において携帯型眼振記録計の必要性を考え続けた結果, 携帯型のVNGを構築すれば良いのではないかと考え, 研究を進めてきた. pVNG-1は, 長径14 cm, 重量380 gと軽量・小型の上, 起動から記録開始まで最短6秒で, 解像度, サンプリングレートとも, 現在汎用されている据え置き型VNGとほぼ同等の性能を有しており, 携帯型のVNGとして良好な性能を有していると考えられた.

カメラから記録装置への情報伝達の点から携帯型VNGの形態を考えた場合, ①無線による伝達, ②有線による伝達, ③カメラと記録装置が一体化, の3つが考えられる. pVNG-1は無線を使用して構築した. 無線の利点としてケーブルがないため取り回しが容易であり, 装置を軽量にすることができる. またゴーグルからモニターを取り外すことができるので, 撮影・記

録している最中に, 本人がモニターで画面を確認することができたり, 持ち運ぶ際に小さく分割できるなどのメリットがある. その反面, 無線を使用していることから, ペースメーカー等を使用している患者や他の医療機器への影響が危惧される. そこで実機を用いて無線の周波数・出力を測定した所, 周波数2.4 GHz, 出力は約0.2 mWであった. 日本の病院内で汎用されている無線LANの最大出力が10 mW, 心電図モニターなどで使用されている医用テレメーターの出力が約1 mWであることから, pVNG-1の無線は人体への影響がないことが明らかとなった. その他, 携帯型VNG共通の課題として, めまい発作で動揺している患者が独りで記録する場合, 眼球位置や焦点距離の調整が難しかったり, 瞬きが多い患者や上眼瞼が下垂している患者では, 眼振の確認, 解析が困難となることがある. これらの課題についてはさらなる装置並びにシステムの改良が必要と考えられる.

今まで, 携帯型眼振記録装置について研究があまり進んでおらず, 涉猟し得る限りで患者自身が操作・記録できる携帯型VOG/VNGは報告されていない. 携帯型VNGの適応はメニエール病や前庭神経炎, BPPVだけでなく, 小児良性発作性めまいや偏頭痛関連めまい, さらに恐怖性めまいなど病院外での眼振記録が望ましい反復性めまいすべてである. 携帯型VNGを適用することにより, 自宅など病院外で生じためまいについて, 実際眼振が認められるか, また認められた場合の眼振の強さ, 方向, 頻度等を確認することによって, より正確な診断, 治療が可能となることから, 今後さらなる発展が期待される領域である. 今後, 機器を改良し症例数を蓄積することで, より良い携帯型VNGシステムを構築していきたいと考えている.

謝 辞

本研究の実施にあたり、埼玉医科大学保健医療学部医用生体工学科 加納隆教授、川邊学先生には、pVNG-1に使用している無線の安全性に関する多大なご協力・ご指導を賜りました。心より感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 西川恵子, 他. 携帯用長時間記録眼振計の試作. 耳鼻臨床 1984;77(4):923-30.
- 2) 平塚仁志. 簡易携帯型眼振記録装置の臨床診断的有用性について. 耳鼻臨床(補) 1997;91:1-20.

研究成果リスト(論文, 学会発表, 特許出願)

学会発表

- 1) 新藤晋, 杉崎一樹, 池園哲郎, 柴崎修, 伊藤彰紀, 水野正浩, 加瀬康弘. 携帯型眼球運動記録装置の開発(第二報), 第22回日本耳科学会総会, 平成24年10月, 名古屋
- 2) 新藤晋, 池園哲郎, 杉崎一樹, 松田帆, 堤内亮博, 柴崎修, 伊藤彰紀, 水野正浩, 加瀬康弘. 携帯型ビデオ式眼振記録装置を用いためまい発作時の眼球運動記録, 平成24年度厚労省難治性疾患等克服研究事業 前庭機能異常に関する調査研究, 平成25年1月, 東京