

放物線飛行の耳石頸反射に及ぼす影響

富山大学医学部耳鼻咽喉科 渡辺行雄、將積日出夫、坪田雅仁

名古屋女子大学家政学部 片山直美

Effect of the parabolic flight on the vestibular evoked myogenic potentials (VEMP) in human

Department of Otolaryngology, University of Toyama

Yukio Watanabe, Hideo Shojaku, Masahito Tsubota

Department of Domestic Science, Nagoya Woman's College

Naomi Katayama

The origin of vestibular evoked myogenic potentials (VEMP) is considered to include the saccles as a sense receptor of vertical linear acceleration. In this paper, we report the influences of VEMP amplitude and latency to changes in the acceleration of gravity during a parabolic aircraft flight experiment.

The parabolic flight was performed between an altitude of 7,000 and 9,500 meters and the detailed time course was as follows: 1.horizontal flight (1G), 2.rapid ascending at 45deg pitch up causing 2G for 20sec, 3.free falling causing microgravity for 20sec, 4.descending at 35deg pitch down causing 1.5G.

VEMP was recorded for 60sec from the start of flight condition 2 to the end of flight condition 4, during which the stimulating intensity was 105dBnHL, and the stimulating frequency, 5Hz. Seven healthy adults (6 males and 1 female) who had no history of vertigo, deafness, or ear disease were selected as subjects, and VEMP was recorded from the left sternocleidomastoid muscles when the left ears were stimulated.

The VEMP amplitude during microgravity was significantly greater than that during excessive gravity. By contrast, there were no differences among the three conditions which regard to latent VEMP.

Changes in the sensitivity of the peripheral vestibular organ, i.e., saccles, and/or the neural pathway of VEMP might increase the amplitude of VEMP during the microgravity condition. Furthermore, parabolic flight would be appropriate stimulation for evaluating saccular function on brief changes in vertical acceleration.

1.はじめに

宇宙酔いの発現機序には耳石からの入力情報の変化が大きく関与していると推定される。しかしながら、これまで宇宙酔いと耳石機能との関係を説明した報告は数少ない。その理由として、従来の耳石機能検査では、得られる反応が小さく、個体差が大きいため得られた結果を一般化することが困難であるという問題点があげられる。これらの問題点を解決し、耳石機能の理解を進めるためには、個体差が少なく定量評価可能な耳石機能検査の導入が望まれる。今回の研究では、再現性が高く、簡便・低侵襲な球形囊機能検査と考えられる前庭誘発筋電位(Vestibular Evoked Myogenic Potentials: VEMP)を用いて、航空機実験により放物線飛行時の重力加速度変化(微小重力~2G)に対するVEMPの応答性を検討した。

2.方法と対象

1)放物線飛行

放物線飛行は、急速上昇(2G)、自由落下(μ G)、緩降上昇(1.5G)を各20秒間づつ行い、これを約5分間隔で反復するもので、準備飛行も含め1飛行実験(60分)で概ね10回程の放物線飛行を施行することができる。

2)VEMP記録

被検者の頸部(胸鎖乳突筋)に筋電図記録用表面電極

を接着し、実験時には胸鎖乳突筋の筋緊張を高めるよう指示した。音刺激には、ヘッドフォンにて片側耳にクリック音(105dBnHL)を負荷した。帯域フィルタは5Hzから1.5KHzとした。音刺激の刺激頻度は5Hz、1回の放物線飛行で、急速上昇(2G)開始直前から音刺激を開始し、緩降上昇(1.5G)終了直後に音刺激を終了した。VEMP反応は音刺激毎に加算処理し、各加速度条件毎のVEMP振幅(p13-n23)を計測した。音刺激装置は専用アンプを使用し、ノートパソコンとAD-DA変換カード(6024E:ナショナルインスツルメント)を用いて自家開発のソフトで制御した。

3)対象

対象被験者はめまい、難聴、耳疾患の既往のない健康成人8例(男7、女1)として、左耳刺激左胸鎖乳突筋でのVEMPを記録した。

3.結果

図1に典型的な放物線飛行中のVEMP反応を示した。自由落下(μ G)では2G、1.5Gに比較してVEMP振幅の増大が確認された。図2は正常被験者7名43反応のVEMP振幅平均値を各加速度毎に示したもので、 μ Gでは1G、2Gに比較して振幅の有意な増大が観察された。なお、本図では対照試験としての1Gの平均値を示してある。

図1 放物線飛行時の典型的VEMP振幅
(VEMP振幅を加速度毎に表示)

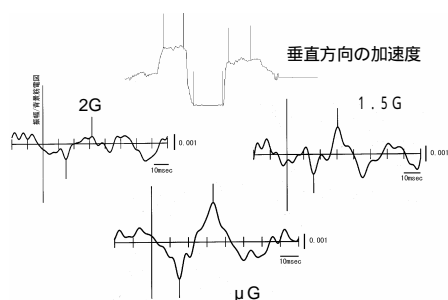


図2 正常被験者のVEMP振幅平均値

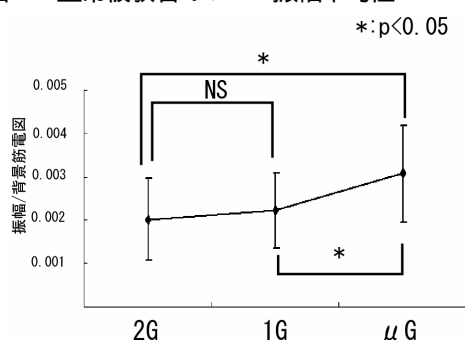
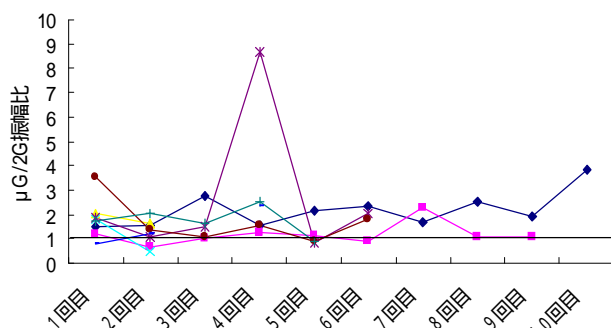


図3は各被験者の2G刺激時の振幅とμG時のVEMP振幅の比を放物線飛行回数毎に示したものである。μG時の振幅は2Gよりも大きいことを示し、この傾向は3回目飛行以降に特に著明であった。これは実験飛行を重ねるにつれて被験者が実験系に慣れ、VEMP記録が順調に行われるようになった結果と考えられた。

一方、p13-n23発現潜時は各加速度間で有意な差は見られなかった。

図3 μG/2G振幅比



4. 考察

球形嚢は垂直直線加速度を受容する耳石器で、前庭器ではあるが強大音に反応して発現する胸鎖乳突筋筋電位(VEMP)の起源と考えられている。耳石器の機能評価は刺

激装置との関連で臨床的応用が困難な分野であったが、VEMPの導入で簡易に、しかも耳石器機能を左右別に評価することが可能となった。球形嚢が垂直直線加速度の受容器であることから、重力加速度の急激な変化を起こす放物線飛行中に、VEMPがどのような反応変化を示すかは極めて興味深い事項である。

今回、VEMP振幅が重力加速度の影響を受け、μGでは1G、2Gに比較して振幅増大、即ち閾値が低下することが初めて明らかになった。この点に関しては、末梢前庭器である球形嚢への直接的影響と中枢レベルの関与の双方が考えられる。このうち、球形嚢への直接的影響としては、1G下では重力の影響で可動性が規定されている耳石-感覚細胞の反応が、垂直方向加速度が減少による可動性の向上により増加した可能性を示すものであり、もっとも受け入れやすい仮説と考えられる。

一方、中枢機能関与の可能性も考えられるが、重力加速度変化に対してVEMP反応潜時が変化しないことと、μGに対するVEMP変化が即時的に発生している点を考慮すると、現時点では末梢前庭器としての球形嚢への直接影響の可能性がより高いものと考えられる。

以上、短時間に重力加速度が変化する放物線飛行が球形嚢機能評価に有力な情報を提供することを示した。球形嚢は前庭自律神経反射により発生する宇宙酔いに大きく関係するとされており、従来困難であった重力加速度変化に対する球形嚢機能評価がVEMPを指標として可能となり、この研究と自律神経機能評価を組み合わせること宇宙酔いの機序解明の研究への応用が期待される。

5. 結語

放物線飛行中のVEMP反応(球形嚢機能)の解析により、微少重力下でVEMP振幅が1G、2G下に比較して増大することが明らかとなった。球形嚢は宇宙酔いの発生に大きく関与しており、今後、この研究結果を前庭自律神経反射と組み合わせること宇宙酔いの機序解明の糸口となることが期待された。