 原 著

 自覚的視性垂直位 (SVV) 検査の測定条件について
 —特に視標の位置と視覚条件の影響—

 増田圭奈子¹⁾・斎藤 晶²⁾・神崎 仁³⁾・國弘 幸伸⁴⁾

 Subjective Visual Vertical (SVV): Effects of Head Position
 and Visual Conditions

 Kanako Masuda¹⁾, Akira Saito²⁾, Jin Kanzaki³⁾, Takanobu Kunihiro⁴⁾
¹⁾ *Department of Otolaryngology, National Tokyo Medical Center*
²⁾ *Department of Otolaryngology, Saitama Social Insurance Hospital*
³⁾ *Department of Otolaryngology, International University of Health and Welfare,
Atami Hospital*
⁴⁾ *Department of Otolaryngology, Keio University School of Medicine*

The subjective visual vertical (SVV) is often used to evaluate asymmetry of otolithic function clinically. However, there is no established method of measuring SVV.

This study assessed the effects of head location and visual (monocular or binocular) condition on measurements of SVV. The reproducibility of SVV was also examined.

The normal subjects with no history of ear diseases participated in this study. When myopic or astigmatic, they were allowed to wear glasses or contact lenses during the measurements. SVV was measured with the seated subject's head loosely fixed in the upright position. A bar was placed 30 cm in front of the subject's face to assess SVV using a joystick. To eliminate clues for verticality, a hemispheric dome 60 cm in diameter and covered with a random pattern of dots covered the entire visual field behind the target.

Each session consisted of a total of nine head and visual conditions (three different head locations times three different visual conditions). Ten measurements were carried out for each condition. In all, 90 measurements were carried out in each session. Two measurement sessions were carried out daily, 15 minutes apart, on five consecutive days.

Our findings showed that (1) the reproducibility of the results was poor, even under the same head and visual conditions; (2) of all nine conditions used, measurement in the binocular condition while the visual target was precisely in front of the face produced the most reproducible results with the least variance; (3) when the visual target was placed to the right of the subject's field of view, the average SVV tended to shift in a counter-clockwise direction from the same perspective; and (4) the average SVV when viewed in the binocular condition was close to that when viewed in the monocular condition using the predominant eye.

These results suggest that the gravity vector is not fixed, but is moving constantly, even in normal subjects. They also showed that when possible, it is desirable to measure SVV in the binocular condition, with the target precisely in front of the subject.

Key words: subjective visual vertical (SVV), head location, visual condition (monocular or binocular), predominant eye

はじめに

空間認知（水平認知，垂直認知）における前庭の関与についてはこれまでに広く研究されている。そして水平あるいは垂直認知の計測方法の一つとして自覚的視性垂直位（Subjective Visual Vertical: 以下，SVV）の測定が行われている^{1)~7)}。SVV は前庭機能の影響を受けることが知られており，前庭障害者における垂直認知方向を知る手段としても利用されている。

前庭機能と SVV との関係について Halmagyi ら³⁾，Curthoys ら⁴⁾，Taguchi ら⁵⁾ は，一側の前庭機能障害により，眼球が患側方向に回旋し SVV が患側に偏位したと報告している。また Taguchi ら⁶⁾ はカロリック検査と SVV 偏位に相関がみられたことから，SVV が前庭機能を反映するものと考察している。更に Bohmer ら⁷⁾ は前庭障害の中でも，耳石器に障害が存在すると考えられる BPPV では半規管機能と SVV との間に解離がみられたことから，SVV の偏位は耳石器の障害に起因すると述べている。SVV は耳石器機能を直接反映するものではないが，臨床の場では耳石器機能を示す一つの指標として利用されるようになってきている^{8)~10)}。

ただ，SVV の測定法には確立されたものはまだない。今回我々は健常者において頭部と視標との位置関係や視覚条件（両眼視かまたは左右単眼視か）を変えて SVV を測定を行い，測定条件による SVV の影響や，再現性について検討した。また単眼視測定における優位眼と SVV との関係についても分析を行ったので，その結果を報告する。

対 象

耳鳴，難聴，めまいの既往がなく，純音聴力検査でも異常が認められなかった健常成人10名（男性7名，女性3名，23~42歳，平均年齢31.9歳）を対象とした。近視や乱視のある被験者では，眼鏡またはコンタクトレンズを装用した状態で測定を行った。

方 法

1. 測定装置

SVV の測定には自作の SVV 測定装置を用いた（図1）。ランダムドット模様の半球状のドーム（直径 60 cm）で被験者の視野全体を覆うよう設計されている。ドームは，左右どちらの方向にも任意の角速度で回転させることができる。このドームの中心に直径 10 cm の透明な円盤を固定し，その表面に貼られた長さ 10 cm，幅 1 cm のテープを視標とした。視標（円盤）は被験者がジョイスティックを用いて，ドームの回転とは独立してどちらの方向にも回転させることができる。

2. 測定方法

図1に示したように，被験者を椅子に座らせ，

図1 SVV 測定装置

1) 国立病院東京医療センター耳鼻咽喉科

2) 埼玉社会保険病院耳鼻咽喉科

3) 国際医療福祉大学付属熱海病院耳鼻咽喉科

4) 慶應義塾大学医学部耳鼻咽喉科学教室

支持台に顎と額をつけて頭部を垂直方向に半固定した状態で測定を行った。視標と被験者の距離は30 cm とした。検者が任意の角度に傾けた視標を、その長軸が垂直となるように被験者にジョイスティックを用いて合わせさせた。その際の真の垂直方向からの視標のずれを SVV 値とした。被験者から見て反時計回りへの視標のずれをプラス、時計回りへの視標のずれをマイナスで表示した。なお1回測定するごとに被験者を閉眼させた上で、背景となるドームを回転させ、ランダムドットの位置を変えた。

被験者の頭部と視標の位置関係（位置条件）および視覚条件を変え、9条件下で SVV の測定を行った（図2）。位置条件は正面（C₋）、右眼前（R₋）、左眼前（L₋）の3条件とした。視覚条件は両眼視（₋B）、右眼視（₋R）、左眼視（₋L）の3条件とした。最初に正面両眼視（C₋B）の条件下で測定を行い、次いで正面右眼視（C₋R）、正面左眼視（C₋L）、右眼前両眼視（R₋B）、右眼前右眼視（R₋R）、右眼前左眼視（R₋L）、左眼前両眼視（L₋B）、左眼前右眼視（L₋R）、左眼前左眼視（L₋L）の順で測定した。1条件下での測定回数は10回とし、9条件における90回の測定を1コースとした。

1コース測定終了後、座位のまま15分間開眼状態で休憩させた後、再度1コース測定を行った。これら2コースの測定を5日間連続で行った。

優位眼の決定には Miles test¹¹⁾ および Porta¹²⁾の方法を用いた。

結 果

1. 優位眼

被験者10名中、右眼が優位眼であった被験者は8名、左眼が優位眼であった被験者は1名（被験者2）であった。残る1名の被験者（被験者1）では優位眼の決定ができなかった。

2. 測定条件による SVV への影響

1条件あたり1000回の測定結果（10回×2コース/日×5日間×10名）について検討した。被験者の優位眼の違いによる影響を考慮し、右眼が優位眼であった8名の被験者だけの800回の測定結果についても同様の検討を行った。平均値の検定には Fisher's PLSD、分散の検定には F-test を用いた。優位水準は5%とした。

（1）左眼前左眼視（L₋L）、正面両眼視（C₋B）および右眼前右眼視（R₋R）

SVV の測定によく用いられる3条件（左眼前左眼視、正面両眼視、右眼前右眼視）での SVV

図2 測定条件

位置条件は3条件である。被験者の顔面の正面に視標が位置する条件を正面（C₋）、そこから視標が右眼視の正面となるまで被験者を椅子ごと左へ移動させた位置を右眼前（R₋）、左眼視の正面となるまで右へ移動させた位置を左眼前（L₋）とした。視覚条件は両眼視（₋B）、右眼視（₋R）、左眼視（₋L）の3条件とした。それぞれの位置条件で視覚条件を変え計9条件下で SVV の測定を行った。

(a)

(b)

図3 左眼前左眼視 (L_L), 正面両眼視 (C_B) および右眼前右眼視 (R_R) での SVV 値
ns: 有意差なし

値について比較検討を行った。図3aに全被験者10名, 図3bに右優位眼の被験者8名のSVV平均値と標準偏差を示した。どちらを対象にした場合でも3条件間におけるSVV平均値に有意差は認められなかった。しかし左右単眼視の場合と比較し, 両眼視ではSVV測定値の分散が優位に小さかった。

(2) 正面左眼視 (C_L), 正面両眼視 (C_B) および正面右眼視 (C_R)

視標が被験者の正面にある場合のSVV値を視覚条件により比較検討した。図4aは全被験者, 図4bは右優位眼の被験者のSVV平均値と標準偏差である。どちらの対象においても両眼視の場合と比較し, 左眼視ではプラス (反時計) 方向へSVV平均値が偏位する傾向が認められた。両眼視と右眼視のSVV平均値との間には, 統計学的有意差は認められなかった (全被験者: $p=0.61$, 右優位眼の

(a)

(b)

図4 正面左眼視 (C_L), 正面両眼視 (C_B) および正面右眼視 (C_R) での SVV 値
ns: 有意差なし

被験者: $p=0.80$)。

(3) 位置条件の違いによる影響

視覚条件が同じで位置条件が異なる場合のSVV値を図5に示した。左眼視, 両眼視, 右眼視のいずれの視覚条件下でも, 視標が被験者に対して右方向へずれるにしたがって, SVVがプラス (反時計) 方向に偏位する傾向が認められた。全被験者における, 左右単眼視での6条件 (図5aと図5c) のSVV値を同一グラフ上に示したものが図6である。同様に, 測定に用いている眼 (以下, 被験眼) に対し, 視標が右方向へずれるにしたがって, SVVがプラス (反時計) 方向へ偏位した。

3. 再現性

同一日に測定された2コース間のSVV値を比較し, SVVの再現性について検討した。各被験者および各測定日ごとに, 同一日の1コース目と2コース目のSVV平均値に有意差が認められな

SVV(度)

図5 位置条件の違いによる SVV への影響

a, b, c に全被験者 (10名), d, e, f に右眼が優位眼であった被験者 (8名) の SVV 平均値と標準偏差を示した。a, d は左眼視, b, e は両眼視, c, f は右眼視の場合の SVV 値である。

ns: 有意差なし

SVV(度)

図6 左右単眼視での SVV 値

全被験者における, 左右単眼視での6条件の SVV 値を同一グラフ上に示した。図5aと図5cを左右入れ替えて合わせたグラフである。被験眼に対し視標が最も左に位置する条件は左眼前右眼視 (L_R) で, 正面右眼視 (C_R), 右眼前右眼視 (R_R) と左眼前左眼視 (L_L), 正面左眼視 (C_L), 右眼前左眼視 (R_L) の順に視標は右方向へずれる。ただし R_R と L_L では, 視標の位置はともに被験眼の正面である。

表1 同一日のSVVの再現性

同一日に測定された1コース目と2コース目のSVV値に有意差が認められなかった(再現性がみられた)組合せの数を示した。差の検定には paired t-test を用いた。有意水準は5%とした。組合せの数は各被験者、各条件ごとに5組ある(1日目の1コース-2コース間, 2日目の1コース-2コース間, 3日目の1コース-2コース間, 4日目の1コース-2コース間, 5日目の1コース-2コース間)。

	C_B	C_R	C_L	R_B	R_R	R_L	L_B	L_R	L_L
被検者1	4	2	1	4	1	4	3	3	3
2	2	2	3	4	3	1	4	2	4
3	1	2	4	3	4	4	3	5	4
4	3	2	5	3	4	3	1	2	2
5	4	4	2	4	3	2	4	4	4
6	4	2	1	4	2	4	3	3	2
7	4	3	4	3	3	3	4	5	3
8	2	4	3	2	3	2	4	3	2
9	3	2	3	1	4	3	2	2	3
10	3	3	2	1	4	3	2	2	2
合計(%)	30(60)	26(52)	28(56)	29(58)	31(62)	29(58)	30(60)	31(62)	29(58)

表2 測定条件とSVV値の分散との関係

値が大きい測定条件ほど、測定値のばらつきが小さく再現性が高いことを表す。

	C_B	C_R	C_L	R_B	R_R	R_L	L_B	L_R	L_L
被検者1	2	3	9	4	7	8	6	1	5
2	8	5	9	6	3	4	7	2	1
3	1	6	5	2	7	8	4	9	3
4	2	8	3	6	9	4	1	7	5
5	1	3	9	7	8	5	4	6	2
6	1	2	8	3	6	7	4	9	4
7	3	6	5	1	2	9	4	7	8
8	1	7	2	6	8	5	3	9	4
9	1	2	7	5	4	6	3	8	9
10	1	3	7	5	4	9	2	6	8
合計(10名)	21	45	64	45	58	65	38	64	49
1/合計	0.047	0.022	0.015	0.022	0.017	0.015	0.026	0.015	0.02

かった組合せの数を表1に示した。測定条件ごとに有意差が認められなかった組合せの数を合計した。有意差が認められなかった割合は、測定条件ごとに26/50(52%)~31/50(62%)にすぎなかった。全体では236/450(58.4%)であった。測定条件の違いによる差は認められなかった($p=0.98$)。

測定条件とSVVの再現性との関係を更に検討するため、各被験者における測定条件ごとの100回のSVV測定結果(10回×2コース/日×5日)の分散を比較した。被験者ごとに分散の小さい測定条件から順位(1~9)をつけた。このようにして決定した各被験者の順位を測定条件ごとに合計し、その逆数を計算した(表2)。その結果を

図7 測定条件とSVV値の分散との関係

図8 SVVの5日間の推移

棒グラフとして図7に示した。被験者の正面にある視標を両眼視した場合(C_B)の測定値のばらつきが最も小さいという結果が得られた。

また測定条件ごとのSVVの変化を検討するため、各被験者において検査日ごと(2コース, 20回)のSVV平均値の5日間の推移を調べた。検査日ごとにSVV平均値には変化がみられた。しかし測定条件とSVV平均値の関係は、どの被験者でも5日間を通してほぼ一定であった。代表例(被験者6)を図8に示した。

考 察

今回我々は、測定条件の違いによるSVVへの影響を調べることを目的として、位置条件や視覚条件を変えて実験を行った。その結果9条件におけるSVVの平均値は0.2~1.2度、標準偏差は0.7~1.0度であった。この結果は、我々とほぼ同じ測定装置を用いて測定を行ったDichgansら¹³⁾、Dieterich and Brandt¹⁴⁾¹⁵⁾の報告結果とほぼ一致する。また異なった測定装置を用いた中川ら¹⁰⁾の報告結果ともほぼ同じであった。ただ、これまで、位置条件や視覚条件を変化させるとSVVの測定結果にどのような影響が生じるかという点について検討した報告はほとんどみられない。今回、位置条件や視覚条件とSVVとの関係に特に注目して検討を行った。

健康成人においては、両眼視でも単眼視でも視標が被験眼の正面(両眼視の場合は被験者の顔面の正面)にある場合には、SVVに有意差は認め

られなかった。

同じ視覚条件下では、視標が右方向へずれるほどSVVはプラス(反時計)方向へ、視標が左方向へずれるほどSVVはマイナス(時計)方向へ偏位する傾向が認められた。また視標が被験者の顔面の正面に位置する位置条件では両眼視の場合と比較し、左眼視ではプラス(反時計)方向へ、右眼視ではマイナス(時計)方向へSVVが偏位する傾向が認められた。これら二つの結果はともに、視標と被験眼(両眼視の場合は両眼の中央)を結ぶ視線の方向が左へずれるほどSVVはマイナス(時計)方向へ偏位し、視線が右へずれるほどSVVはプラス(反時計)方向へ偏位していることを表している。

Nakayamaら¹⁶⁾は、頭位を固定し単眼視で視標を見ている場合には、Listingの法則に従う眼球回旋と同じ方向へSVVが偏位したと報告している。つまりListingの法則では、第一眼位¹⁷⁾に対して眼位が水平あるいは垂直に移動する場合には眼球は回旋しないが、眼位が左上あるいは右下に移動する場合には眼球は被験者から見て反時計方向へ、眼位が右上あるいは左下に移動する場合には眼球は時計方向へ回旋する。したがって、視標が被験者の第一眼位の左右あるいは上下にある場合にはSVVは偏位しないが、視標が被験者の第一眼位の左上あるいは右下にある場合にはSVVはプラス(反時計)方向へ、右上あるいは左下にある場合にはマイナス(時計)方向へ偏位

する。

今回の我々の実験では、視標の位置を左右方向にだけ移動させ測定を行ったにも関わらず、位置条件によって SVV に差がみられた。Nakayamaらの報告に従えば、今回の我々の実験結果からは各被験者の視線が下方を向いていたことが推測される。今回の実験では、被験者の頭位を固定する際、矢状面（左右方向）に関しては厳密な調節を行った。しかし、前額面や水平面に関しては被験者自身の見やすい位置に合わせさせた。したがって被験者の頭位が後屈していたり、被験者の眼球の高さより視標の位置が低かった可能性が否定できない。また、SVV を測定する際、被験者に視標のどの位置を見るかの指示は行わなかったため、被験者が視標の下方を見ていた可能性もある。

今回の我々の検討では、右眼が優位眼であった8名の被験者においては、視標が被験者の顔面の正面にある場合の両眼視と右眼視（優位眼単眼視）の SVV との間に有意差はなかった。これは、両眼視での SVV が優位眼単眼視での SVV に近い値を示したとする、Schneider¹⁸⁾ の報告と同様の結果であった。しかし今回は左眼が優位眼であった被験者が1名しかおらず、優位眼と SVV との関係については明確な結論を出すまでには至らなかった。

また、今回の結果からは、視覚条件と位置条件が同じであっても、SVV の再現性はあまり高くないという結果が得られた。この理由として、上述した頭部の固定方法や視線などの影響も否定できない。しかし、重力の認知方向が生体内で絶えず変動しており、その結果、測定された SVV にばらつきが生じた可能性も考えられる。この点については、頭部と視標の上下方向の位置関係や頭部の向き、視線方向に関する指示の仕方などに十分注意を払いながら、更に詳細な検討を行う必要がある。

これまでの報告では、種々の視覚条件および位置条件で SVV の測定が行われている。個々の測定の目的や状況は異なるため、どの視覚条件と位置条件で SVV の測定を行うかに関しては、ある程度の制約が生じる。しかし、今回の検討結果からは、最も安定した再現性の高い SVV 測定結果を得るためには、被験者の顔面正面にある視標を

両眼で見させながら測定を行うのがよいのではないかと考えられる。これと異なる視覚条件、頭位条件で測定を行う場合には、今回述べた諸点に留意しながら SVV の測定を行う必要がある。

まとめ

1. 両眼視でも単眼視でも視標が被験者の正面（両眼視の場合は被験者顔面の正面）にある場合には SVV に有意差は認められなかった。

2. 被験者に対し視標が左へずれるほど SVV はマイナス（時計）方向へ偏位し、右へずれるほど SVV はプラス（反時計）方向へ偏位した。

3. 右眼が優位眼であった被験者においては、視標が被験者顔面の正面にある場合の両眼視と右眼視（優位眼単眼視）の SVV との間に有意差はなく、優位眼と SVV との関連が示唆された。

4. 同じ測定条件で同一日に2コース、5日間連続で SVV の測定を行ったが、SVV の平均値の再現性はあまり高くなかった。このことは、健康人においても重力の認知ベクトルは絶えず変動していることを示していると考えられた。

5. 今回の測定条件の中では、被験者の顔面正面にある視標を両眼で見させながらの測定が、最も安定し再現性が高かった。

本論文の要旨は第100回日本耳鼻咽喉科学会総会（1999年5月、仙台）において口演した。

文 献

- 1) Miller FE, Graybiel A: The role of otolith organs in the reception of horizontality. *Am J Psychol* 79: 24-37, 1966
- 2) Friedmann G: The judgement of the visual and horizontal with peripheral and central vestibular lesions. *Brain* 93: 313-328, 1970
- 3) Halmagyi GM, Gresty MA, Gibson WPR: Ocular tilt reaction with peripheral vestibular lesion. *Ann Neurol* 6: 80-83, 1979
- 4) Curthoys IS, Dai MJ, Halmagyi GM: Human ocular torsional position before and after unilateral vestibular neurectomy. *Exp Brain Res* 85: 218-225, 1991
- 5) Taguchi K, Sasaki O, Sato K, et al: Subjective vertical and vestibular lesion. *Acta Otolaryngol Suppl (Stockh)* 519: 201-203, 1995
- 6) Taguchi K, Sakaguchi M, Ishiyama T, et al:

- Clinical significance of the subjective vertical in patients with unilateral vestibular disorders. *Acta Otolaryngol Suppl* (Stockh) 528: 74-76, 1997
- 7) Bohmer A, Rickenmann J: The subjective visual vertical as a clinical parameter of vestibular function in Peripheral vestibular diseases. *J Vestib Res* 5: 35-45, 1995
 - 8) Mittelstaedt H: New diagnostic test for the function of utricles, saccules and stomatic graviceptors. *Acta Otolaryngol Suppl* (Stockh) 520: 188-193, 1995
 - 9) Tabak S, Collewyn H, Boumans MLJJM: Deviation of the subjective vertical in long-standing unilateral vestibular loss. *Acta Otolaryngol* (Stockh) 117: 1-16, 1997
 - 10) 中川 肇, 渡辺行雄, Hans-Christian Larsen, et al: めまい症例における空間識の認識機能—正常人と末梢前庭障害における自覚的視性垂直位の比較検討—. *Equilibrium Res* 57: 69-74, 1998
 - 11) Miles WR: Ocular dominance in human adults. *J Gen Psychol* 3: 412-420, 1930
 - 12) Porta IB: *De Refractione. Optics Parte: Libri Novem. Ex officina Horatij Salvania, Naples: apud Io Iacobum Carlinum and Anotnium Pacem*: 1593
 - 13) Dichgans J, Held R, Young LR, et al: Moving visual scenes influence the apparent direction of gravity. *Science* 178: 1217-1219, 1972
 - 14) Dieterich M, Brandt T: Wallenberg's syndrome: lateropulsion, cyclorotation, and subjective visual vertical in thirty-six patients. *Ann Neurol* 31: 399-408, 1992
 - 15) Dieterich M, Brandt T: Ocular torsion and tilt of subjective visual vertical are sensitive brainstem signs. *Ann Neurol* 33: 292-299, 1993
 - 16) Nakayama K, Balliet R: Listing's law, eye position sense, and perception of the vertical. *Vision Res* 17: 453-457, 1977
 - 17) 鈴木康夫: なぜ今 Listing の法則なのか? *Equilibrium Res* 56: 401-412, 1997
 - 18) Schnider CW: Monocular and binocular perception of vertocality and the relationship of ocular dominance. *Am J Psychol* 79: 632-636, 1966

(原稿到着：平成14年12月24日
 別刷請求先：増田圭奈子
 〒152-8902 東京都目黒区東が丘2-5-1
 国立病院東京医療センター耳鼻咽喉科
 E-mail: kana-y@xc4.so-net.ne.jp)