原 著

聴神経腫瘍例における歩行時頭部運動の3次元動作解析
—特に末梢前庭機能との関係を中心に—

板坂 芳明・石川 和夫・近江 永豪・小泉 洸

Three-dimensional motion analysis of head movements during locomotion
in patients with acoustic neuromas. - focused on the relationship
with peripheral vestibular function -

Yoshiaki Itasaka, Kazuo Ishikawa, Eigo Omi, and Kou Koizumi

*Department of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery,
Akita University Graduate School of Medicine*

Most acoustic neuromas (ANs) arise from the superior or inferior vestibular nerve. In our previous study, we demonstrated that the presence of vestibular disorders could cause unstable gait in patients with an AN. The purpose of this study was to investigate the influence of vestibular nerve function on head movements during walking. Fifteen patients (5 males, 10 females; mean age: 52.9 ± 11.4 years old; mean height: 162.2 ± 8.6 cm) with unilateral AN were enrolled in this study. Nine healthy subjects (4 males, 5 females; mean age: 60.1 ± 8.5 years old; mean height: 162.7 ± 8.1 cm) served as controls. All patients underwent ocular vestibular evoked myogenic potential (oVEMP), cervical VEMP (cVEMP), and caloric tests. Subjects were asked to walk at a comfortable speed with eyes open or closed. Head movements during walking were analyzed with a 3-dimensional motion analysis system. For the vestibular test results, the percentages of abnormal oVEMP, cVEMP, and caloric responses were 66.7% (10/15), 66.7% (10/15), and 73.3% (11/15), respectively. The oVEMP test results correlated well with the caloric test results. In comparison with horizontal head movements of normal subjects, those of AN patients, especially with abnormal oVEMPs in the eyes closed condition, were greater. Vertical head rotations (pitch movements) of AN patients, especially those with abnormal cVEMPs, were greater than those of normal subjects. These results suggest that the dysfunction of the vestibular nerve in patients with an AN could affect head stability during walking.

Key words: acoustic neuroma, locomotion, three-dimensional motion analysis, vestibular evoked myogenic potential

はじめに

聴神経腫瘍は内耳道内の第8脳神経から発生する神経鞘腫であり、その多くは前庭神経由来であると言われている¹⁾。そのため、いくつかの神経耳科学的検査は聴神経腫瘍例における前庭神経の機能異常を示し²⁾³⁾、歩行検査における動作解析ではそれを反映した歩行異常を示す^{4)~6)}。

Colebatch ら⁷⁾は、大きな音（振動）刺激により同側の胸鎖乳突筋に誘発される反応（cervical vestibular evoked myogenic potential：cVEMP）を報告し、Rosengren ら⁸⁾は、大きな音（振動）刺激により対側の外眼筋（下斜筋）に誘発される反応（ocular vestibular evoked myogenic potential：oVEMP）を報告した。現在これらの反応に関して様々な基礎的および臨床的研究が行われ、cVEMPは球形囊、下前庭神経系の反応、oVEMPは卵形囊、上前庭神経系の反応と推測されている^{9)~17)}。

そこで今回、前庭神経障害の違いに基づく歩行動作、特に歩行時頭部運動を検討するため、聴神経腫瘍例に対してVEMP検査および歩行検査を行い、VEMP所見と歩行時頭部運動の3次元解析結果との関連について検討を行った。

対象と方法

対象は、2011年1月から2013年9月までの間に当大学病院耳鼻咽喉科を受診した一側性の聴神経腫瘍例15例（男性5例、女性10例）、および耳疾患やめまい疾患の既往の無い健康成人9例（男性4例、女性5例）である。それぞれ平均年齢は52.9±11.4歳、60.1±8.5歳、平均身長は162.3±8.6 cm、162.7±8.1 cmであり、年齢と身長をマッチさせて検討を行った。聴神経腫瘍例において、患側が右側7例、左側8例、腫瘍径が2 cm以下の症例は11例、2 cmより大きい症例は4例であった。今回聴神経腫瘍例に対しては、標準純音聴力検査、聴性脳幹反応（ABR）検査、ENG（electro-nystagmograph）検査（温度刺激検査を含む）、oVEMP検査、cVEMP検査および歩行検査を行った。健康成人に対しては歩行検査のみを行い、ABR、oVEMPおよびcVEMP検査における正常値（平均値±標準偏差値）については、以前我々が求めた値を用いた。また正常値の上限は平均値+2×標準偏差値とした。

ABRの測定は、Navigator PRO（MASTER, Bio

-Logic社）を用い、関電極（陽極）を頭頂部（Cz）、不関電極（陰極）を左右の乳様突起部（A1, A2）、接地電極を前額部とし、刺激音は80 dBnHLのクリック音、刺激頻度は9.5 Hz、加算回数を1000回として、左側右側それぞれ2回行った。左側および右側における各波（I, II, III, IV, V波）の潜時は、それぞれ2回の平均値として求めた。ABRの正常異常の判定は、各波の出現状況、V波潜時、I-V波間隔について検討し行った²⁾（正常V波潜時左右差：0.10±0.10 ms、I-V波間隔左右差：0.13±0.11 ms）。今回患側と健側のV波潜時差が0.30 ms以上をV波潜時延長、患側と健側のI-V波間隔差が0.35 ms以上をI-V波間隔延長とした。

温度刺激検査には電気眼振計（FNG 1004, 第一医科）を用いた。検査は頭部30度挙上（まくらを使用）仰臥位で、4℃の生理食塩水（5 cc）を検側の外耳道に10秒間で注水し、さらに10秒間保持し行った。半規管機能麻痺（低下）の程度（CP%）は、健側の最大緩徐相速度と患側の最大緩徐相速度の差を、それらの和で割った値の百分率とした。またCP%が20%以上を半規管機能麻痺（低下）とした。

oVEMPの測定⁹⁾は、関電極（陰極）を下眼瞼下、不関電極（陽極）を関電極から2 cm下方、接地電極を前額部とし、刺激音は500 Hzのトーンバースト（95 dBnHL）、刺激頻度は5 Hz、加算回数を100回として、被検者に上方視を指示し行った（測定装置：Navigator PRO）。また測定は左側右側それぞれ3回を行い、測定中、外眼筋筋電図のモニターを行った。左側および右側におけるn1潜時、p1潜時、n1-p1振幅値は、それぞれ3回の平均値として求めた。oVEMPの正常異常の判定は、n1潜時、p1潜時、asymmetry ratioについて検討し行った¹⁴⁾¹⁵⁾（正常n1潜時：10.5±1.1 ms、p1潜時：15.9±1.3 ms、asymmetry ratio：8.7±6.4%）。ここでasymmetry ratio⁹⁾¹⁴⁾¹⁵⁾は、正常例においては、左側と右側の反応（n1-p1）振幅値を比較し、大きい反応振幅値と小さい反応振幅値の差を、それらの和で割った値の百分率とし、聴神経腫瘍例においては、健側の反応振幅値と患側の反応振幅値の差を、それらの和で割った値の百分率として求めた。今回n1潜時が12.7 ms以上をn1潜時延長、p1潜時が18.5 ms

表1 聴神経腫瘍例における神経耳科学的検査結果（患側）

ABR 検査において、患側と健側の V 波潜時差が 0.30 ms 以上を V 波延長、患側と健側の I-V 波間隔差が 0.35 ms 以上を I-V 波間延長とした。「#」は高度聴覚障害による判定困難例、「—」は検査未施行例である。oVEMP 検査において、asymmetry ratio が 21.5% 以上を振幅低下および消失とした。cVEMP 検査において、p 13 潜時が 15.7 ms 以上を p 13 潜時延長、asymmetry ratio が 32.7% 以上を振幅低下および消失とした。asymmetry ratio とは、健側の反応振幅値と患側の反応振幅値の差を、それらの和で割った値の百分率とした。

症例	性別	年齢 (歳)	患側(腫瘍径: mm)	患側4分法平均 聴力レベル(dB)	ABR	温度刺激 CP(%)	oVEMP	cVEMP
1	F	58	R (20)	36.25	V 波, I-V 波間延長	4.3	正常	消失
2	F	51	R (20)	48.75	V 波, I-V 波間延長	42.9	振幅低下	p 13 潜時延長
3	F	32	L (10)	16.35	V 波, I-V 波間延長	77.8	消失	消失
4	M	57	L (20)	35.00	V 波, I-V 波間延長	71.4	正常	p 13 潜時延長
5	F	37	R (30)	63.75	V 波, I-V 波間延長	38.5	振幅低下	振幅低下
6	M	47	R (18)	37.50	V 波, I-V 波間延長	100.0	振幅低下	p 13 潜時延長
7	F	57	R (23)	42.50	V 波, I-V 波間延長	100.0	消失	消失
8	M	38	L (5)	58.75	正常	12.5	正常	正常
9	F	59	R (40)	13.75	V 波, I-V 波間延長	9.1	消失	振幅低下
10	F	72	L (13)	88.75	#	70.0	振幅低下	正常
11	F	57	R (17)	40.00	V 波延長	64.7	振幅低下	正常
12	M	52	L (18)	52.50	V 波延長	28.0	振幅低下	正常
13	F	72	L (7)	38.75	—	18.5	正常	消失
14	F	49	L (9)	21.25	V 波, I-V 波間延長	25.0	正常	正常
15	M	55	L (30)	81.25	#	100.0	振幅低下	振幅低下

以上を p 13 潜時延長、asymmetry ratio が 21.5% 以上を反応 (n 1-p 1) 振幅低下および消失とした。

cVEMP の測定⁹⁾ は、関電極（陰極）を胸鎖乳突筋筋腹上、不関電極（陽極）を胸骨上縁部、接地電極を前額部とし、刺激音は 95 dBnHL のクリック音、刺激頻度は 5 Hz、加算回数を 100 回として、被検者に仰臥位で頭部挙上を指示し、左側右側それぞれ 2 回行った（測定装置：Navigator PRO）。また測定中、胸鎖乳突筋の筋電図をモニターし、胸鎖乳突筋の緊張度に左右差のないことを確認した。左側および右側における p 13 潜時、n 23 潜時、p 13-n 23 振幅値は、それぞれ 2 回の平均値として求めた。今回 p 13-n 23 振幅値を求める際に、筋緊張に基づく補正⁹⁾ は行わなかった。cVEMP の正常異常の判定は、p 13 潜時、n 23 潜時、asymmetry ratio について検討し行った^{14)~17)}（正常 p 13 潜時：13.7±1.0 ms、n 23 潜時：23.0±1.8 ms、asymmetry ratio：15.9±8.4%）。ここで asymmetry ratio の定義^{9)14)~17)} は oVEMP の場合と同じとした（ただし反応振幅値は p 13-n 23 振幅値）。今回 p 13 潜時が 15.7 ms 以上を p 13 潜

時延長、n 23 潜時が 26.6 ms 以上を n 23 潜時延長、asymmetry ratio が 32.7% 以上を反応 (p 13-n 23) 振幅低下および消失とした。

歩行検査は、3 次元歩行動作解析システム（M-Eye 620、ネットセンチュリー）を用い、16 個の反射マーカー（約 3 cm）を頭頂部、前額部、後頭部、隆椎部、そして左右の肩、肘、手首、膝、踵、足先（第 1 中足骨骨頭背部）にそれぞれ接着し、開眼および閉眼下で行った。歩行は自由歩行とし、その動作解析には 3 次元動画計測ソフトウェア（Move-tr/3 D、ライブラリー）を用いた。各歩行動作解析パラメータ値は、往復路（約 4 m）の歩行を 2 m 四方の定空間領域で別々に解析し、その平均値とした⁶⁾。

検査は対象症例に対する十分な説明後に行われた。また統計学的解析において、健康成人と聴神経腫瘍例の比較には、対応のある t 検定および対応のない t 検定を用いた。また VEMP 検査結果に基づいて分類した聴神経腫瘍例群における解析には、各群とも症例数が少なかったため、Mann-Whitney U-test（対応のない 2 群間の比較）、Wilcoxon signed rank test（対応のある 2 群間の比

表2 健康成人と聴神経腫瘍例における歩行動作の時間・距離因子

聴神経腫瘍例における閉眼下の歩行速度は、開眼下の値に比較して遅く、ストライド長は短く、頭頂部偏倚量は大きく、それぞれ有意差が見られた。また閉眼下において聴神経腫瘍例の立脚期の割合は、健康成人の値と比較して有意に大きく、頭頂部偏倚量には大きい傾向が見られた。(*:p<0.05, **:p<0.001)

解析項目		健康成人 (n=9)	聴神経腫瘍例 (n=13)	
歩行速度 (cm/sec)	開眼	108.5±11.9	102.9±14.1	】**
	閉眼	101.2±20.0	93.1±10.6	
ストライド長 (cm)	開眼	117.0±13.1	111.9±13.5	】*
	閉眼	113.0±14.6	103.9±10.5	
歩行率 (steps/min)	開眼	114.7±9.7	110.9±14.8	
	閉眼	110.6±13.1	107.2±13.3	
立脚期の割合 (%)	開眼	60.4±2.4	62.7±3.0	*]
	閉眼	60.7±3.0	63.4±1.9	
歩隔 (cm)	開眼	10.6±4.9	12.2±5.7	
	閉眼	12.4±5.1	15.4±6.4	
頭頂部偏倚量 (cm) (2 m 歩行後)	開眼	4.9±3.2	5.2±5.6	】*
	閉眼	4.8±3.7	12.3±10.4	

較), Kruskal-Wallis test (対応のない3群間の比較)を用いた。

結 果

聴神経腫瘍例15例における神経耳科学的検査結果について表1に示す。ここで、ABR検査で異常を示した症例の割合は91.7% (11/12)、温度刺激検査の場合73.3% (11/15)、oVEMP検査の場合66.7% (10/15)、cVEMP検査の場合66.7% (10/15)であった。またENG検査の際に、自発眼振は開眼下で2例 (13.3%)に、閉眼下で9例 (60.0%)に見られた。次に15例に対するoVEMPとcVEMP検査結果の検討では、oVEMPとcVEMPが共に異常であった症例は7例 (oVEMP異常cVEMP異常群)、どちらか一方が異常であった症例はそれぞれ3例 (oVEMP異常cVEMP正常群およびoVEMP正常cVEMP異常群)、oVEMPとcVEMPが共に正常であった症例は2例であった。今回聴神経腫瘍例15例中oVEMP正常cVEMP正常例は2例と少なかったため、歩行動作の3次元解析には残りの13例について検討を行った。聴神経腫瘍例13例において、温度刺激、oVEMPおよびcVEMP検査で異常を

示した症例の割合は、すべて同じで76.9% (10/13)であった。そして温度刺激検査結果とoVEMP検査結果との一致率 (共に正常2例+共に異常9例)は84.6% (11/13)であった。

表2に、健康成人と聴神経腫瘍例 (13例)における代表的な歩行動作に関する時間・距離因子を示す。聴神経腫瘍例における閉眼下の歩行速度は、開眼下の値に比較して遅く、ストライド長は短く、2 m歩行後の頭頂部偏倚量は大きく、それぞれ有意差が見られた。また閉眼下において聴神経腫瘍例の立脚期の割合は、健康成人の値と比較して有意に大きく、2 m歩行後の頭頂部偏倚量には大きい傾向が見られた。しかし、歩行速度、ストライド長、歩行率において、健康成人と聴神経腫瘍例の間に、開眼下閉眼下ともに明らかな差は見られなかった。また聴神経腫瘍例における歩隔は、健康成人の値と比較して大きい傾向があったが、明らかな差は見られなかった。今回、表2に示した各解析項目において、聴神経腫瘍例内のoVEMP異常cVEMP正常群、oVEMP正常cVEMP異常群、oVEMP異常cVEMP異常群の3群間に明らかな差は見られなかった。

表3 健康成人と聴神経腫瘍例における歩行時頭部運動

聴神経腫瘍例における頭頂部左右動は、健康成人の値と比較して、開眼下と閉眼下で有意に大きく、頭部運動 pitch の変動値は、閉眼下で有意に大きかった。健康成人と聴神経腫瘍例における閉眼下の頭頂部左右動は、開眼下の値と比較して有意に大きかった。(*:p<0.05)

解析項目		健康成人 (n=9)	聴神経腫瘍例 (n=13)
頭頂部上下動 (cm)	開眼	3.1±0.7	2.8±0.8
	閉眼	3.2±0.8	3.0±0.8
頭頂部左右動 (cm)	開眼	4.9±1.1	6.6±1.8
	閉眼	5.6±1.1	7.6±2.3
頭部運動 yaw 変動 (度)	開眼	2.9±0.7	3.4±0.7
	閉眼	3.0±0.7	3.5±0.9
頭部運動 pitch 変動 (度)	開眼	4.0±1.2	4.9±1.5
	閉眼	3.2±0.7	4.4±1.6
頭部運動 roll 変動 (度)	開眼	4.4±1.0	5.5±1.8
	閉眼	4.1±0.8	4.7±1.4

次に、健康成人と聴神経腫瘍例における歩行時の頭部運動について表3に示す。頭頂部上下動では、健康成人と聴神経腫瘍例の間に明らかな差は見られなかった。頭頂部左右動では、聴神経腫瘍例における開眼下および閉眼下での値が、健康成人の値に比較してそれぞれ有意に大きく、健康成人および聴神経腫瘍例における閉眼下の値は、開眼下の値に比較して明らかに大きかった。頭部運動 yaw の変動では、聴神経腫瘍例における値は、健康成人の値と比較して大きい傾向があったが、明らかな差は見られなかった。聴神経腫瘍例における頭部運動 pitch の変動値は、健康成人の値と比較して開眼下で大きい傾向を示し、閉眼下で有意に大きい値を示した。頭部運動 roll の変動では、聴神経腫瘍例における値は、健康成人の値と比較して明らかな差は見られなかったが、大きい傾向があった。

表4は、VEMP 検査結果に基づいて分類した聴神経腫瘍例3群における歩行時頭部運動を示したものである。頭頂部左右動において、聴神経腫瘍例の各群と健康成人との比較では、oVEMP 異常 cVEMP 正常群における開眼下での値に大きい傾向が見られ、閉眼下での値は有意に大きかった。また oVEMP 異常 cVEMP 異常群においては閉眼下での値が有意に大きかった。頭部運動 pitch

の変動では、聴神経腫瘍例の各群と健康成人との比較では、閉眼下において、oVEMP 正常 cVEMP 異常群における値が有意に大きく、oVEMP 異常 cVEMP 異常群における値に大きい傾向が見られた。頭部運動 roll の変動では、oVEMP 異常 cVEMP 異常群における閉眼下での値が、健康成人における値に比較して有意に大きかった。一方、頭頂部上下動および頭部運動 yaw の変動では、聴神経腫瘍例における各群と健康成人の間において明らかな差は見られなかった。また検討した頭部運動値において、聴神経腫瘍例の3群間に明らかな差は見られなかった。

今回聴神経腫瘍13例において、腫瘍の大きさが2 cm 以下の症例は9例、2 cm より大きい症例は4例であった。そして腫瘍の大きさが2 cm より大きい4例は、oVEMP 異常 cVEMP 異常群に見られた。そこでこの群内において腫瘍径が2 cm 以下の症例と2 cm より大きい症例間で、頭部運動各解析項目について検討を行ったところ両群間に明らかな差は見られなかった。

考 察

歩行運動が正常に働くためには、視覚、前庭、体性感覚系を介する反射機構、歩行運動制御に関わる神経機構、筋肉骨格関節系、精神心理状態等が正常に働くことが必要であり¹⁸⁾、特に歩行運動

表 4 健康成人と VEMP 所見に基づいて分類した聴神経腫瘍例 3 群における歩行時頭部運動

oVEMP 異常 cVEMP 正常群の頭頂部左右動は、健康成人の値と比較して、閉眼下で大きい傾向が見られ、閉眼下で有意に大きかった。oVEMP 正常 cVEMP 異常群の閉眼下における pitch の値は、健康成人の値と比較して有意に大きかった。また閉眼下で、oVEMP 異常 cVEMP 異常群における頭頂部左右動および roll の値は、健康成人の値と比較して有意に大きく、pitch の値には大きい傾向が見られた。(oV : oVEMP, cV : cVEMP, (o) : 正常, (X) : 異常, AN : acoustic neuroma, p 値は0.1以下を表示)

解析項目		健康成人 (n=9)	oV(x)cV(o) AN 例(n=3)	oV(o)cV(x) AN 例(n=3)	oV(x)cV(x) AN 例(n=7)
頭頂部上下動 (cm)	開眼	3.1±0.7	2.6±0.7	3.2±1.3	2.7±0.6
	閉眼	3.2±0.8	2.9±0.9	3.3±1.4	2.9±0.6
頭頂部左右動 (cm)	開眼	4.9±1.1	7.5±2.5	7.0±1.8	6.0±1.6
	閉眼	5.6±1.1	8.0±2.1	6.8±3.0	7.8±2.3
		0.0522 0.0335 0.0300 0.0180			
頭部運動 yaw 変動 (度)	開眼	2.9±0.7	3.1±0.3	3.7±0.2	3.5±1.0
	閉眼	3.0±0.7	3.2±0.6	3.3±0.8	3.8±1.1
頭部運動 pitch 変動 (度)	開眼	4.0±1.2	4.1±1.1	4.8±2.0	5.3±1.5
	閉眼	3.2±0.7	3.1±1.5	5.2±1.0	4.7±1.7
		0.0208 0.0640			
頭部運動 roll 変動 (度)	開眼	4.4±1.0	5.4±1.4	5.7±2.9	5.5±1.8
	閉眼	4.1±0.8	3.0±1.7	5.0±1.2	5.2±0.9
		0.0229			

時における眼球および頭頸部の位置調節には、前庭動眼反射および前庭頸反射が重要であると考えられている¹⁹⁾²⁰⁾。また、平衡調節に重要な受容器に三半規管と耳石器があり、三半規管（外側半規管、前半規管、後半規管）はあらゆる方向の頭部回転角加速度の検出、耳石器は水平方向の直線加速度や傾き（卵形囊）および垂直方向の直線加速度（球形囊）の検出に関与していると考えられている²¹⁾。近年 2 種類の VEMP 反応が報告され⁷⁾⁸⁾、oVEMP は耳石器（卵形囊）系前庭動眼反射の関与が推測され、卵形囊・上前庭神経系の機能検査として、cVEMP は耳石器（球形囊）系前庭頸反射として、球形囊・下前庭神経系の機能検査として臨床応用されている^{9)~17)}。

以前より前庭系障害例においては身体の動揺、歩行運動の異常、そして歩行時頭部運動の不安定化などが見られると報告されているが^{19)22)~24)}、これらの症例における前庭障害は温度刺激検査によ

り確認されたものである。今回歩行動作解析を行った聴神経腫瘍例は全例 oVEMP および cVEMP 検査により一側の前庭障害が認められた例であり、そして聴神経腫瘍例はその検査結果に基づき前庭障害の違いごとに分類され比較検討が行われた。また歩行動作パターンは、年齢、身長そして歩行速度らによって影響を受けると言われていることから^{25)~29)}、聴神経腫瘍例の年齢と身長にマッチした健康成人を比較対照例として用いた。今回歩行は自由歩行としたが、健康成人および聴神経腫瘍例の歩行速度、ストライド長、歩行率において、両群間で開眼下閉眼下共に明らかな差はなかった。

歩行運動中、身体は上下左右に数 cm の振幅で動く。この際頭部は、その補償運動により空間内で安定化し、また頭部と眼球の間に協調的運動も生じると考えられている³⁰⁾³¹⁾。上村ら³²⁾は、健康者および一側前庭障害例において、遮眼歩行時に

おける頭部上下動, pitch 運動, roll 運動が開眼時に比較して減少したことを示し, このことは視覚入力遮断に伴う空間識の変化が歩行動作様式へ影響を及ぼしたものであると推測している。我々の結果では, 健康成人および聴神経腫瘍例において, 閉眼下の頭頂部上下動, yaw 運動は開眼下の値に比較してほとんど差はなかったが, pitch 運動, roll 運動においては同様に小さい傾向を示した。また, 閉眼下の歩行速度, ストライド長, 歩行率は, 開眼下の値に比較して, それぞれ小さい傾向を示し, 立脚期の割合, 歩隔は大きい傾向を示した。このことは, 閉眼下での歩行に対する不安感, そして視覚入力遮断による身体動揺の増加等に対する歩行動作パターンの変化が, さらに頭部運動に影響を与えたものと推測される。一方, 閉眼における頭頂部左右動は, 開眼下での値に比較して有意に大きい値を示した。高橋ら²⁸⁾は, 歩隔の増大に伴い, 歩行中の左右動揺量は有意に増大すると述べた。我々の結果でも, 歩隔と頭頂部左右動の間に同様な傾向が見られ, また閉眼における歩隔が, 開眼下での値に比較して大きい傾向を示したこと等から, その歩隔の変化が頭頂部左右動に影響を及ぼしたものと推測された。

聴神経腫瘍例と健康成人の比較では, 聴神経腫瘍例における頭頂部上下動には明らかな差は見られなかったが, 頭頂部左右動は有意に大きい値を示した。また頭部運動 yaw, pitch, roll の値は, それぞれ大きい傾向を示した。これら頭部運動の変動, 不安定化は, 聴神経腫瘍例における前庭障害が歩行時頭部運動に影響を与えていることによるものと思われた。次に聴神経腫瘍例を3群に分類し, 健康成人と比較検討した結果では, oVEMPのみ異常を示した群では頭頂部左右動が, cVEMPのみ異常を示した群では頭部 pitch 運動が, 開眼下では大きい傾向を示し, 閉眼下では有意に大きかった。また oVEMP と cVEMP の両者が異常を示した群では, 開眼下では頭部 pitch, roll 運動が大きい傾向を示し, 閉眼下では頭頂部左右動, 頭部 roll 運動が明らかに大きく, 頭部 pitch 運動に大きい傾向が見られた。この様に聴神経腫瘍例における VEMP 所見の違いが, 歩行時における頭部運動の違いとして現れた。また oVEMP 異常 cVEMP 異常群において, 頭部運動の各項目が腫瘍の大きさと関連は見られなかったことから, こ

れら歩行時頭部運動の違いは, 聴神経腫瘍による様々な程度の前庭神経機能異常によるものと推測された。しかし本研究は, 比較的少数例における検討であり, VEMP 異常と歩行時頭部運動の関係については, さらに多数例での検討が必要であろう。

温度刺激検査は, 主に外側半規管, 上前庭神経系の機能検査として以前より使用されている¹⁾。聴神経腫瘍例13例における温度刺激検査結果では, 10例に半規管機能麻痺(低下)が見られ, その中の9例に oVEMP 検査においても異常(機能低下)が見られた。また温度刺激検査結果が正常であった残りの3例においては, その中の2例において oVEMP 検査で正常を示した。温度刺激検査結果と oVEMP 検査結果が異なった2例は, oVEMP 正常 cVEMP 異常群 と oVEMP 異常 cVEMP 異常群 にそれぞれ1例存在した。Hirasaki³¹⁾は, 歩行中の頭部と体幹部調節は歩行速度によって異なることを示し, 遅い歩行では半規管頸反射により, 歩行速度が速くなるにつれて耳石器頸反射によって, 頭部が空間内で安定すると述べている。また歩行に際し半規管障害では円弧状軌跡を示し, 耳石器障害では直線状軌跡を示す事が知られている³³⁾。今回は自由歩行として, 歩行偏倚については2m歩行の偏倚量についてのみ検討を行った。今後は温度刺激および oVEMP 検査結果それぞれに基づく前庭障害と歩行動作との関連についても検討する必要がある。そのためには症例を重ねて, 歩行速度の変化との関連, 他の歩行動作パラメータとの相関等について検討する必要があると考える。

まとめ

(1) 聴神経腫瘍例に対して VEMP 検査および歩行検査を行い, VEMP 所見と歩行時頭部運動の3次元解析結果との関連について検討を行った。

(2) 聴神経腫瘍例における頭頂部左右動は, 健康成人の変動値と比較して有意に大きく, 特に閉眼下で oVEMP 異常例に見られた。

(3) 聴神経腫瘍例における頭部運動 pitch の変動値は, 健康成人の値と比較して開眼下で大きい傾向を示し, 閉眼下で有意に大きい値を示した。特に cVEMP 異常例に見られた。

(4) 聴神経腫瘍に伴う前庭神経機能異常が歩

行時の頭部運動に影響を与えていることが明らかとなった。今後、さらに症例数を増やして検討する必要がある。

本論文の要旨は第72回日本めまい平衡医学会総会・学術講演会（2013年11月、大阪）において発表した。

文 献

- 1) 小松崎篤：聴神経腫瘍。野村恭也, 小松崎篤, 本庄巖編. めまい・平衡障害. 421-431頁, 中山書店, 東京, 1999
- 2) 青柳 優：聴覚および平衡機能からみた聴神経腫瘍。耳喉頭頸 68：643-653, 1996
- 3) 石川和夫：聴神経腫瘍の診断と治療の現況。耳喉頭頸 72：397-406, 2000
- 4) Ishikawa K, Wang Y, Wong WH, et al.: Gait instability in patients with acoustic neuroma. *Acta Otolaryngol* 124: 486-489, 2004
- 5) Angunsri N, Ishikawa K, Yin M, et al.: Gait instability caused by vestibular disorders. - Analysis by tactile sensor. *Auris Nasus Larynx* 38: 462-468, 2011
- 6) 板坂芳明, 近江永豪, 石川和夫：聴神経腫瘍例における歩行運動の3次元動作解析。Equilibrium Res 72: 30-36, 2013
- 7) Colebatch JG, Halmagyi GM: Vestibular evoked potentials in human neck muscles before and after unilateral vestibular deafferentation. *Neurology* 42: 1635-1636, 1992
- 8) Rosengren SM, Todd NPM, Colebatch JG: Vestibular-evoked extraocular potentials produced by stimulation with bone-conducted sound. *Clin Neurophysiol* 116: 1938-1948, 2005
- 9) 室伏利久：耳鼻咽喉科・頭頸部外科の検査マニュアル：II. めまい検査, 6. VEMP (vestibular evoked myogenic potential). 耳喉頭頸 82：125-130, 2010
- 10) 室伏利久：前庭誘発筋電位の臨床。内野善生, 古屋信彦編. めまいと平衡障害. 93-97頁, 金原出版, 東京, 2009
- 11) 岩崎真一：気道刺激と骨導刺激, oVEMPとcVEMPを臨床の場でどのように使い分けるか? Equilibrium Res 72: 198-203, 2013
- 12) Manzari L, Tedesco AR, Burgess AM, et al.: Ocular vestibular-evoked myogenic potentials to bone-conducted vibration in superior vestibular neuritis show utricular function. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery* 143: 274-280, 2010
- 13) Curthoys IS, Iwasaki S, Chihara Y, et al.: The ocular vestibular-evoked myogenic potential to air-conducted sound; probable superior vestibular nerve origin. *Clin Neurophysiol* 122: 611-616, 2011
- 14) Chiarovano E, Zamith F, Vidal PP, et al.: Ocular and cervical VEMPs: A study of 74 patients suffering from peripheral vestibular disorders. *Clin Neurophysiol* 122: 1650-1659, 2011
- 15) Huang CH, Wang SJ, Young YH: Correlation between caloric and ocular vestibular evoked myogenic potential test results. *Acta Otolaryngologica* 132: 160-166, 2012
- 16) Murofushi T, Shimizu K, Takegoshi H, et al.: Diagnostic value of prolonged latencies in the vestibular evoked myogenic potential. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 127: 1069-1072, 2001
- 17) Hong SM, Yeo SG, Kim SW, et al.: The results of vestibular evoked myogenic potentials, with consideration of age-related changes, in vestibular neuritis, benign paroxysmal positional vertigo, and Meniere's disease. *Acta Oto-Laryngologica* 128: 861-865, 2008
- 18) 赤平年三：歩行の加齢現象とめまい平衡障害例の歩行分析。日耳鼻 102：277-285, 1999
- 19) 石川和夫, アグンスイー ナカリン, 工藤香見, 他：前庭系障害と歩行異常。耳展 53：92-102, 2010
- 20) 肥塚 泉：環境と耳鼻咽喉科疾患：重力。JOHNS 27: 1857-1860, 2011
- 21) 内藤善生：半規管・耳石器。野村恭也, 小松崎 篤, 本庄 巖編. めまい・平衡障害. 81-91頁, 中山書店, 東京, 1999
- 22) 小林健二, 浅井正嗣, 渡辺行雄：マン姿勢の三次元動作解析。Equilibrium Res 64: 88-93,

2005

- 23) Grossman GE, Leigh RJ: Instability of gaze during locomotion in patients with deficient vestibular function. *Ann Neurol* 27: 528-532, 1990
- 24) Pozzo T, Berthoz A, Lefort L, et al.: Head stabilization during various locomotor tasks in humans. II Patients with bilateral peripheral vestibular deficits. *Exp Brain Res* 85: 208-217, 1991
- 25) 上村隆一郎, 武井泰彦: 歩行時頭部体幹運動における加齢の影響. *Equilibrium Res* 60: 241-249, 2001
- 26) 芳賀信彦: 歩行分析の手法と中高年の歩行. *医学のあゆみ* 236: 477-481, 2011
- 27) 宮田英雄, 白戸弘道: 高齢者の歩行. *Equilibrium Res* 53: 449-457, 1994
- 28) 高橋隆宜, 山田富美雄, 宮野道雄: 高齢者の歩容および身体活動量と転倒危険因子の検討. *日本生理人類学会誌* 16: 115-122, 2011
- 29) Schniepp R, Wuehr M, Neuhaeusser M, et al.: Locomotion speed determines gait variability in cerebellar ataxia and vestibular failure. *Movement disorders* 27: 125-131, 2012
- 30) Pozzo T, Berthoz A, Lefort L: Head stabilization during various locomotor tasks in humans. I Normal subjects. *Exp Brain Res* 82: 97-106, 1990
- 31) Hirasaki E, Moore ST, Raphan T, et al.: Effects of walking velocity on vertical head and body movements during locomotion. *Exp Brain Res* 127: 117-130, 1999
- 32) 上村隆一郎, 武井泰彦: 床歩行時の頭部運動 3次元解析. *Equilibrium Res* 59: 228-235, 2000
- 33) 石川和夫: 足踏み検査, 歩行検査の行い方と結果の解釈. 内藤 泰編. めまいを見分ける・治療する. 129-133頁, 中山書店, 東京, 2012

利益相反に該当する事項はない。