

原 著

視覚と身体平衡機能に関する研究 第2報 —後天性眼球運動障害患者の年齢による治療効果の比較—

難波哲子*^{1,2} 田淵昭雄*³ 彦坂和雄*¹

要 約

本研究では後天性眼球運動障害 (AOMD) 患者の静的身体平衡機能を測定し、治療前後を比較して治療後に健常者の標準値に近づけることが可能かを検討する。また、静的身体平衡機能が AOMD 治療前後の若年患者と中高年患者の間で、年齢による相違があるかを検討することである。対象は視能矯正を行った AOMD 患者で、19~34歳の若年患者10例 (男性8例, 女性2例), 42歳~66歳の中高年患者16例 (男性9例, 女性7例) であった。方法は Balance Master を用いて、静的身体平衡機能の重心位置と重心動揺を3条件 (開眼, 閉眼, 視覚フィードバック) にて測定した。また、治療前後の重心位置と重心動揺について、AOMD の若年患者と中高年患者の変化率を比較した。その結果、治療後に視機能の正面視眼位, 両眼視機能と頭位異常は全ての患者において改善がみられた。若年患者と中高年患者の重心位置と重心動揺は著明に改善した。しかし、改善は若年患者と中高年患者では異なる条件下で起こった。すなわち、視覚フィードバック条件下の重心位置の割合は中高年患者で有意に改善した ($P<0.05$)。一方、開眼条件下の重心動揺は若年患者で有意に改善した ($P<0.05$)。若年患者と中高年患者では治療後にそれぞれの健常者と近似値を示したことは、AOMD 患者の身体平衡機能の改善には、年齢は関係しないと結論づけられた。AOMD 患者では治療後に健常者と近似値を示すことから静的身体平衡機能検査は治療効果の客観的評価としての指標になり得ることが示唆された。

1. 目的

人が直立姿勢を保持するために、視覚系からの種々な情報は重要な役割を果たしている。視覚情報の量や性質に依存して身体動揺機構が変化し、視覚の障害は身体動揺を増幅することが明らかにされている。すなわち、視覚に関する身体平衡機能には、眼位異常^{1,3)}、眼優位性と両眼視機能⁴⁾、視力低下^{5,6)}、視野異常^{7,8)}、白内障^{9,10)}、緑内障¹¹⁾、加齢黄斑変性症¹²⁾、多発性硬化症¹³⁾など多くの研究報告がある。しかし、後天性眼球運動障害 (Acquired ocular movement disorder: AOMD) についてはまだ述べられていない。

AOMD では眼位、両眼視機能、眼球運動、輻湊近点、融像域、頭位などの異常を呈し、自覚的な症状として動揺視、船酔い気分、眩暈、吐き気を誘起し、日常生活動作の不自由を訴える^{14,15)}。これらの

症状は身体平衡機能の異常をもつ患者の症状に類似している。AOMD 患者は視能矯正の対象となり、衝動性眼球運動訓練、輻湊訓練、融像訓練あるいは斜視手術など、複数の視能矯正の適応によって両眼視機能、眼球運動など視機能の回復が計られる。しかし、視能矯正の効果の判定には明確な客観的評価基準がなく、その効果は視能矯正後に視能矯正前と比較し、検者の判断による検査結果および患者の自覚症状の認知によって判定される場合が多い。患者の自覚症状は効果判定に重要であることは否定できないが、継続的視能矯正の策定だけでなく、視能矯正の効果の判定にも困難を要することが多い。このことから現在、客観的な治療評価方法の開発が望まれている。

本研究では身体平衡機能測定装置 Balance Master を使用し、AOMD をもち視能矯正対象患者

*1 川崎医療福祉大学 医療技術学部 感覚矯正学科

*2 川崎医科大学 眼科学1教室

*3 川崎医療福祉大学 名誉教授

(連絡先) 難波哲子 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学

E-mail : namba@mw.kawasaki-m.ac.jp

の安静立位姿勢での身体動揺の特徴と、視覚情報の負荷を与えたときの身体動揺の変化を、客観的指標として定量化することを試みた。さらに、AOMD患者の静的身体平衡機能がAOMDの治療後に健常者の標準値に近づくことが可能かどうか、また若年患者と中高年患者の間で年齢による治療効果に相違があるかを検討した。

2. 対象および方法

2.1 対象

対象は1994年1月～2002年12月まで川崎医科大学附属病院眼科を受診して入院の上、視能矯正を行ったAOMD患者で、治療効果の客観的評価を行った26例である。19～34歳の若年患者は10例で、内訳は男性が8例（平均年齢±SDは22.5±4.4歳）、女性が2例（28.0±8.5歳）であった。42～66歳の中高年患者は16例で、内訳は男性が9例（53.2±7.3歳）、女性が7例（56.4±5.9歳）であった。診断名は若年患者では片眼上斜筋麻痺8例、片眼外転神経麻痺1例、片眼外直筋外傷性裂傷1例であった（表1）。中高年患者では片眼上斜筋麻痺7例、両眼上斜筋麻痺1例、片眼動眼神経麻痺3例、片眼外転神経麻痺2例、片眼動眼・滑車神経麻痺・眼窩蜂窩織炎1例、片眼眼窩先端症候群1例、片眼外直筋麻痺1例であった（表2）。AOMDの原因は頭部外傷が17例、炎症が2例、脳血管障害が1例、原因不明が6例であった。症例は核および核下性麻痺とし、甲状腺眼症および眼窩吹き抜け骨折、上下肢が運動障害を呈する片麻痺の症例は除外した。

2.2 方法

2.2.1 静的身体平衡機能の測定方法

実験、記録および分析方法はすでに報告¹⁶⁾したので略記する。身体平衡機能はBalance Master MPS-1102 (NeuroCom® International Inc. 製, USA) を用いて測定した（図1）。また、本装置のCathode Ray Tube (CRT) 画面に描画された結果は記録紙に記録された（図2）。測定はCRT画面中央より1mの位置に安静立位姿勢の状態で行った。記録はBalance Masterを用いた1回の検査を1サンプリングとし、同一条件のサンプリングは2回行い、値の安定している方を採用した。

静的身体平衡機能の測定は上腕を体側に接して自然に降ろした安静立位姿勢での重心位置 (Postural Position: P.P., 単位は %LOS, deg.) と重心動揺 (Target Sway: T.S., 単位は %Max Area: %MA) を求めた。測定条件は①両眼を開眼して、固視目標を提示しない正面のCRT画面全体を見ている開眼条件 (No target, eyes open: EO), ②両眼を閉

眼したままの閉眼条件 (No target, eyes closed: EC), ③CRT画面中央のX軸とY軸の交点に提示した固視目標内に自分の重心位置を合わせる条件 (Target, Visual Feedback: VF) であった。各条件における測定時間はすべて20秒間とした。静的身体平衡機能検査は、治療前および治療判定が行われた治療後に実施した。複視がある場合には患者の見やすい方の視標を見るよう指示した。

2.2.2 Romberg 率

安静立位時の平衡における視覚寄与の指標とされるRomberg率はEC条件の重心動揺をEO条件の重心動揺に対する比率 (R値) で求めた。

2.2.3 重心位置と重心動揺の変化率

変化率はPPとTSを別々に、治療前の値を100とした時の治療後の値として求めた。治療前後の値を比較して「改善」、「不変」、「悪化」の3つに分類した。「改善」とは治療前に比較して、治療後にPPとTSの値が改善しているもの、「不変」とは治療前と治療後の値が変わらないもの、「悪化」とは治療前に比べて治療後に値が悪化したものとした。「評価」ではAOMDの若年患者と中高年患者にみられた改善群の平均値±SDを求めた。そしてEO, EC, VFの3条件における改善群のAOMDの若年患者と中高年患者の間の有意差の有無について検討した。

2.2.4 視機能検査と臨床症状

AOMD患者の視機能検査では治療前後に視力、Titmus Stereo test (TST) による立体視、大型弱視鏡を用いた検査、斜視角、眼球運動、輻湊近点、Hess chart、融像域、頭位異常の有無について行った。

2.2.5 治療

治療は視能訓練^{14,17,18)}、斜視手術¹⁸⁾、Botulinum毒素療法¹⁹⁾、Steroid pulse療法²⁰⁾等を行った。視能訓練の開始は全例とも自然治癒傾向がみられないことを確認後、早期発見・早期治療を原則とした。視能訓練は以下の3段階の訓練を順次施行した。①衝動性眼球運動訓練、輻湊訓練、②大型弱視鏡を用いた融像幅増強訓練および融像側方移動訓練、③Bagolini線条眼鏡による融像の強化訓練等を行った。斜視手術は局所麻酔下にて手術可能な場合、計測斜視手術を施行した。

2.2.6 統計処理

統計処理にはバートレット検定を用いて分散が不均一でないことを確認後、パラメトリック検定の一元配置分散分析法 (One-factor ANOVA) を用いた。変化率にはt検定を用いて有効水準5%未満を有意差ありとした。

2.2.7 倫理的配慮

本研究の実施にあたり、対象患者に対し、研究の

表1 AOMD 若年患者の臨床所見

症例 No.	年齢 (歳)	性別	診断名	視力		斜視角(治療前)				斜視角(治療後)				原因	治療		
				右眼	左眼	水平(Δ)		垂直(Δ)		両眼視機能 (秒)	回旋(°)	水平(Δ)				垂直(Δ)	
						近見0.3m, 遠見5m	近見0.3m, 遠見5m	近見0.3m, 遠見5m	近見0.3m, 遠見5m			近見0.3m, 遠見5m	近見0.3m, 遠見5m				
1	20	男	右)上斜筋麻痺	1.5	1.5	0 6ET	R/L 18HT R/L 16HT	R) EXT 2 L) EXT 3	—	0 0	R/L 2HP R/L 2HP	R) INT 1 L) EXT 2	40	—	—	視能訓練, 斜視手術(右上斜筋縫縮術10mm)	
2	20	男	左)上斜筋麻痺	1.5	1.5	16XT 4XT	L/R 20HT L/R 20HT	L) EXT 5	—	8X(T) 2XP	L/R 7H(T) L/R 8H(T)	L) EXT 2	40	—	—	視能訓練, 斜視手術(左上斜筋縫縮術10mm)	
3	21	男	左)上斜筋麻痺	1.5	1.5	25X(T) 12XT	L/R 10H(T) L/R 14HT	L) EXT 6	—	14X(T) 8X(T)	L/R 4H(T) L/R 4H(T)	0	40	—	—	視能訓練	
4	22	男	右)上斜筋麻痺	1.2	1.0	16X(T) 16X(T)	R/L 18H(T) R/L 20HT	R) EXT 10	—	8X(T) 6X(T)	R/L 6H(T) R/L 8H(T)	0	40	—	—	視能訓練, 斜視手術(右上斜筋縫縮術10mm, 右下直筋切除短縮術3mm)	
5	22	男	左)上斜筋麻痺	1.5	1.5	8XT 8XT	L/R 3HT L/R 6HT	L) EXT 5	—	4XP 0	L/R 3HP L/R 6H(T)	L) EXT 4	40	—	—	視能訓練, 斜視手術(左下斜筋後転術15mm)	
6	23	男	両)上斜筋麻痺	1.5	1.5	3XP 2XP	L/R 4H(T) L/R 5HT	R) EXT 3, L) EXT 8	200	0 0	L/R 2HP L/R 2HP	R) EXT 2, L) EXT 5	40	—	—	視能訓練, ポツリ, 斜視手術(左上斜筋縫縮術10mm, 左下斜筋後転術11mm)	
7	19	男	左)上斜筋麻痺	1.5	1.5	12X(T) 10XT	L/R 16H(T) L/R 18HT	L) EXT 3	40	6XP 4XP	L/R 5HP L/R 6HP	L) INT 2	40	—	—	視能訓練, 斜視手術(左上斜筋縫縮術10mm, 左下斜筋後転術8mm, 右内直筋切除短縮術2mm)	
8	22	女	右)上斜筋麻痺	1.5	1.5	10X(T) 6XT	R/L 6HT R/L 6HT	R) EXT 3	—	8XP 2XP	R/L 2HP R/L 2HP	0	50	—	—	視能訓練, 斜視手術(右下斜筋後転術8mm, 左内直筋切除短縮術3mm)	
9	34	女	右)外転神経麻痺	1.2	1.2	25ET 35ET	L/R 4HT L/R 4HT	R) EXT 3, L) EXT 3	—	4XP 4XP	—	0	40	—	—	視能訓練, 斜視手術(右上直筋10mm&右下直筋10mm 右外直筋へ移動術)	
10	33	男	左)外直筋外傷性 裂傷	1.5	1.2	4E(T) 4ET	L/R 12HT L/R 14HT	L) EXT 1	40	2XP 0	—	0	40	—	—	視能訓練, 斜視手術(左外直筋修復術, 左結膜縫合術)	

斜視角は治療前・治療後、水平・垂直ともに上段が近見(0.3m)、下段が遠見(5m)、両眼視機能はTitmus Stereo test (TST)により測定、Rは右眼、Lは左眼、XPは外斜位、X(T)は外斜位斜視、XTは外斜位斜視、EPは内斜位、E(T)は内斜位斜視、ETは内斜位斜視、R/Lは右眼上斜視、L/Rは左眼上斜視、HTは上斜位斜視、HTTは上斜位斜視、EXTは外方回旋斜視、INTは内方回旋斜視、0は眼球偏位がない、—は両眼視機能がない、ポツリはポツリヌム毒素療法を示す。

表2 AOMD 中高年齢者の臨床所見

症例No.	年齢(歳)	性別	診断名	視力				斜視角(治療前)				斜視角(治療後)				原因	治療					
				右眼		左眼		水平(Δ)		垂直(Δ)		水平(Δ)		垂直(Δ)								
				近見0.3m, 遠見5m	回視(°)	回視(°)	回視(°)	近見0.3m, 遠見5m	回視(°)	回視(°)	近見0.3m, 遠見5m	回視(°)	回視(°)	回視(°)								
1	44	男	右)上斜筋麻痺	1.2	1.2	4XP 2XP	R/L 6H(T) L) EXT 2	R) EXT 2 L) EXT 2	40	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	視能訓練, 斜視手術(右下斜筋後転術8mm)		
2	52	男	右)上斜筋麻痺	1.5	1.5	4XT 0	R/L 3HP R/L 6HT	R) EXT 3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	視能訓練		
3	60	男	両)上斜筋麻痺(L>R)	1.5	1.5	4XP 2XP	L/R 4H(T) L/R 4HT	R) EXT 9 L) EXT 9	40	40	2XP 2XP	0	0	R) EXT 2 L) EXT 2	40	40	0	0	0	視能訓練, 斜視手術(左上斜筋後転術8mm, 左上斜筋縫縮術10mm)		
4	63	男	右)上斜筋麻痺	1.2	1.2	25XT 14XT	R/L 12HT R/L 16HT	R) EXT 4 L) EXT 2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	視能訓練, 斜視手術(右上斜筋縫縮術8mm, 右下直筋後転術4mm)		
5	55	女	右)上斜筋麻痺	1.2	1.2	4XP 4XP	R/L 8H(T) R/L 12HT	R) EXT 4	40	40	2XP 2XP	0	0	R) EXT 4 L) EXT 4	40	40	0	0	0	0	視能訓練, ポツリ, 斜視手術(右下斜筋後転術8mm)	
6	57	女	右)上斜筋麻痺	1.5	1.5	3XP 2XP	R/L 3H(T) R/L 6HT	R) EXT 2	40	40	4XP 4XP	0	0	R) EXT 3 L) EXT 3	40	40	0	0	0	0	0	視能訓練
7	62	女	右)上斜筋麻痺	1.0	1.2	4X(T) 0	R/L 6H(T) R/L 8HT	R) EXT 3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	視能訓練	
8	66	女	左)上斜筋麻痺	1.2	1.2	14XT 12XT	L/R 5HT L/R 5HT	R) EXT 5 L) EXT 12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	視能訓練, 斜視手術(左上斜筋縫縮術10mm, 左内直筋切除短縮術2.5mm)	
9	49	女	右)外転神経麻痺	1.2	1.2	3SET 3SET	R/L 7HT R/L 7HT	R) EXT 3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	視能訓練, 斜視手術(右外直筋切除短縮術7mm)	
10	52	女	左)動眼神経麻痺	1.5	0.3	95XT 95XT	R/L 16HT R/L 16HT	L) INT 2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	視能訓練, 斜視手術(右内直筋切除短縮術7mm, 左内直筋切除短縮術7mm, 左外直筋後転術4.5mm, 左上直筋切除短縮術6mm)	
11	61	男	右)外転神経麻痺	1.0	1.2	50ET 50ET	L/R 9HT L/R 10HT	R) EXT 4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	視能訓練, 斜視手術(右外直筋切除短縮術7mm, 右内直筋後転術4mm, 右外直筋前転術4mm)	
12	54	男	右)動眼神経麻痺	0.6	1.0	55XT 70XT	R/L 12HT R/L 12HT	R) INT 2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	視能訓練	
13	51	男	左)上眼窩裂症候群	1.5	1.5	3X(T) 0	R/L 6H(T) R/L 16HT	L) EXT 3	60	60	6E(T) 10ET	0	0	R) EXT 3 L) EXT 3	40	40	0	0	0	0	0	ステロイド, 視能訓練
14	52	男	左)外直筋不全+暗窩内異物	1.5	1.5	6X(T) 6X(T)	R/L 10HT R/L 10HT	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	視能訓練	
15	42	男	右)動眼・滑車神経麻痺	1.0	1.5	35XT 35XT	R/L 6HT R/L 6HT	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	視能訓練, ステロイド	
16	54	女	左)動眼神経麻痺	1.5	1.2	50XT 45XT	R/L 4HT	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	視能訓練, 斜視手術(左内直筋切除短縮術6mm, 左外直筋後転術4mm)	

斜視角は治療前・治療後、水平・垂直ともに上段が近見(0.3m)、下段が遠見(5m)、両眼視機能はTitmus Stereo test(TST)により測定、Rは右眼、Lは左眼、XPは外斜位、X(T)は外斜位斜視、XTIは外斜位斜視、EXTは外方回視斜視、INTは内方回視斜視、HTは上斜位斜視、H(T)は上斜位斜視、HTIは上斜位斜視、H(TI)は上斜位斜視、IPは左眼上斜位斜視、L/Rは左眼上斜位斜視、L/R(I)は左眼上斜位斜視、L/R(I)は左眼上斜位斜視、0は眼球偏位がない、一は両眼視機能がない、ポツリはポツリ又はムンハース療法、ステロイドはステロイド療法を示す。

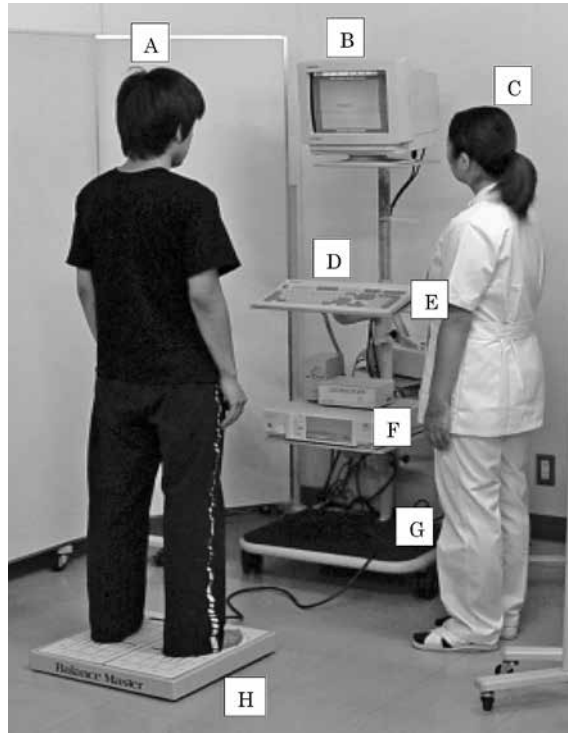


図1 身体平衡機能測定装置

A: 被検者, B: 表示画面, C: 検者, D: 入力部, E: 記録装置, F: 処理装置, G: 電源部, H: 起立台を示す.

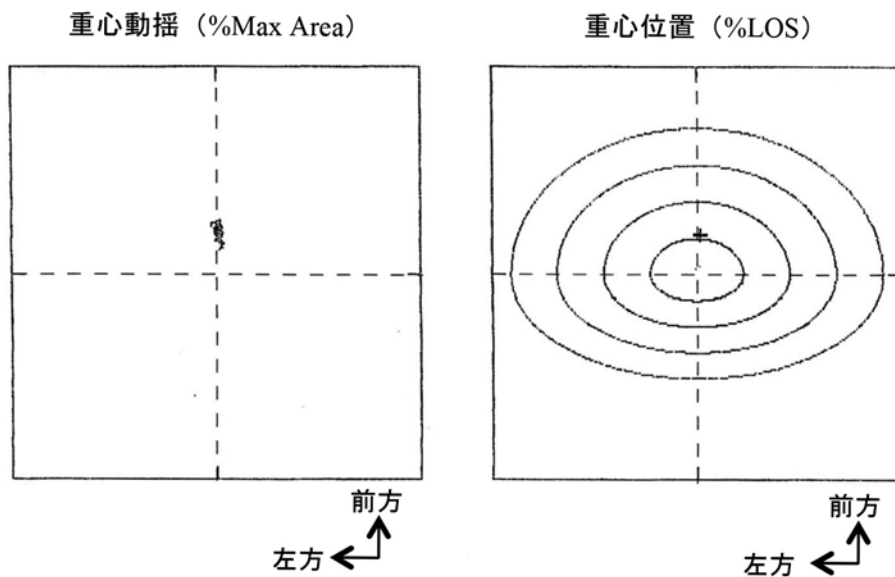


図2 重心動揺と重心位置

左図は重心動揺 (%Max Area). X軸とY軸の交点は起立台上の理論的中心, 交点の上方は重心動揺の軌跡を示す. 右図は重心位置(%LOS). 十字は被検者の重心位置, 最大左右傾位と最大前傾位を8°, 最大後傾位を4°として, 重心位置を極座標(0°~360°)で示す.

趣旨および倫理的配慮に関する説明をして、協力を求めた。なお、本研究は川崎医療福祉大学内の倫理委員会の承認（番号14-003号）を得た。

3. 結果

3.1 AOMD 患者の治療前後の臨床所見の変化

AOMD 患者26例の臨床所見は表1、表2に示す通りであった。治療前には正面視にて水平、垂直の斜視あるいは斜位-斜視があり、回旋偏位を伴っていたが、治療後には正面視眼位は AOMD の若年患者においては10例中10例（100%）、中高年患者においては16例中14例（87.5%）に斜位-斜視あるいは斜位に改善がみられた。TST による正常両眼視機能を有するのは治療前には若年患者にて10例中2例（20%）、中高年患者にて16例中5例（31.3%）であったが、治療後には若年患者にて10例中10例（100%）、中高年患者にて16例中12例（75.2%）に増加した。頭位異常は治療前には26例17例（65.4%）に存在したが、治療後には全例（100%）に改善がみられた。

3.2 AOMD の若年患者および中高年患者の重心位置と重心動揺

AOMD の若年患者および中高年患者の EO, EC, VF の3条件における治療前後の重心位置および重心動揺は図3、4に示す通りであった。健常者より求めた標準値（平均値 \pm 2SD）を図中に表示した。

3.2.1 EO 条件における重心位置と重心動揺の変化

AOMD の若年患者の EO 条件における重心位置の平均値 \pm SD は治療前には $31.30 \pm 15.72\%$ LOS, 治療後には $17.95 \pm 13.11\%$ LOS, 重心動揺は治療前には $0.18 \pm 0.14\%$ MA, 治療後には $0.10 \pm 0.06\%$ MA となり、重心位置、重心動揺ともに治療後に改善を示した。中高年患者の重心位置は治療前には $25.28 \pm 10.49\%$ LOS, 治療後には $21.18 \pm 11.86\%$ LOS, 重心動揺は治療前には $0.16 \pm 0.10\%$ MA, 治療後には $0.12 \pm 0.05\%$ MA となり治療後に改善を示した（表3）。AOMD の若年患者および中高年患者ともに治療前に比較して治療後の重心位置は X 軸と Y 軸の交点に近づき、重心動揺は減少した。治療前に比較して治療後に標準値の範囲内に入ったのは、AOMD の若年患者では10例中2例から6例に増加した（図3）。中高年患者では治療前後ともに16例中8例は不変であったが、治療後には重心動揺に減少がみられた（図4）。

3.2.2 EC 条件における重心位置と重心動揺の変化

AOMD の若年患者の EC 条件における重心位置の平均値 \pm SD は治療前には $31.29 \pm 17.75\%$ LOS, 治

療後には $20.39 \pm 13.74\%$ LOS, 重心動揺は治療前には $0.19 \pm 0.12\%$ MA, 治療後には $0.18 \pm 0.27\%$ MA となり、重心位置、重心動揺ともに治療後に改善がみられた。AOMD の中高年患者の重心位置は治療前には $29.02 \pm 9.54\%$ LOS, 治療後には $21.25 \pm 9.25\%$ LOS, 重心動揺は治療前には $0.20 \pm 0.12\%$ MA であったのに対し、治療後には $0.14 \pm 0.08\%$ MA となり治療後に改善を示した（表3）。AOMD の若年患者および中高年患者ともに治療前に比較して治療後の重心位置は X 軸と Y 軸の交点に近づき、重心動揺は減少した。しかし、EO 条件と比較して治療前後ともにばらつきがあった。治療前に比較して治療後に健常者の標準値の範囲内に入ったのは、AOMD の若年患者では10例中3例が7例に、中高年患者では16例中4例が11例に増加した（図3、4）。

3.2.3 VF 条件における重心位置と重心動揺の変化

AOMD の若年患者の VF 条件の重心位置における平均値 \pm SD は治療前には $2.21 \pm 1.11\%$ LOS, 治療後には $1.31 \pm 0.72\%$ LOS, 重心動揺は治療前には $0.12 \pm 0.10\%$ MA であるのに対し、治療後には $0.07 \pm 0.03\%$ MA となり改善を示した。中高年患者の重心位置は治療前には $2.70 \pm 1.43\%$ LOS, 治療後には $1.60 \pm 0.86\%$ LOS, 重心動揺は治療前には $0.17 \pm 0.08\%$ MA であるのに対し、治療後には $0.10 \pm 0.06\%$ MA を示した（表3）。治療前には X 方向への重心位置にずれがあったが、治療後には重心位置はほぼ中央に存在して、重心動揺は減少した。治療前後を比較して、健常者の標準値の範囲内に入ったのは AOMD の若年患者では10例中4例が7例、中高年患者では16例中6例が12例に増加した（図3、4）。

3.2.4 重心位置と重心動揺の Romberg 率の変化

AOMD の若年患者において重心位置の Romberg 率は治療前、治療後の順に1.32, 1.05, 重心動揺の Romberg 率は1.13, 1.25であった。中高年患者において重心位置の Romberg 率は治療前、治療後の順に1.27, 1.05, 重心動揺では1.58, 1.69 であった。重心位置と重心動揺の Romberg 率は治療前、治療後のいずれも正常範囲内であった（表3）。

3.3 AOMD の若年患者と中高年患者における変化率の比較

AOMD の若年患者と中高年患者の3条件における治療前後の変化率の比較は表4に示す通りであった。

3.3.1 EO 条件における重心位置と重心動揺の改善

AOMD の若年患者の EO 条件における重心位置は治療前と比較して治療後に10例中7例が改善を示

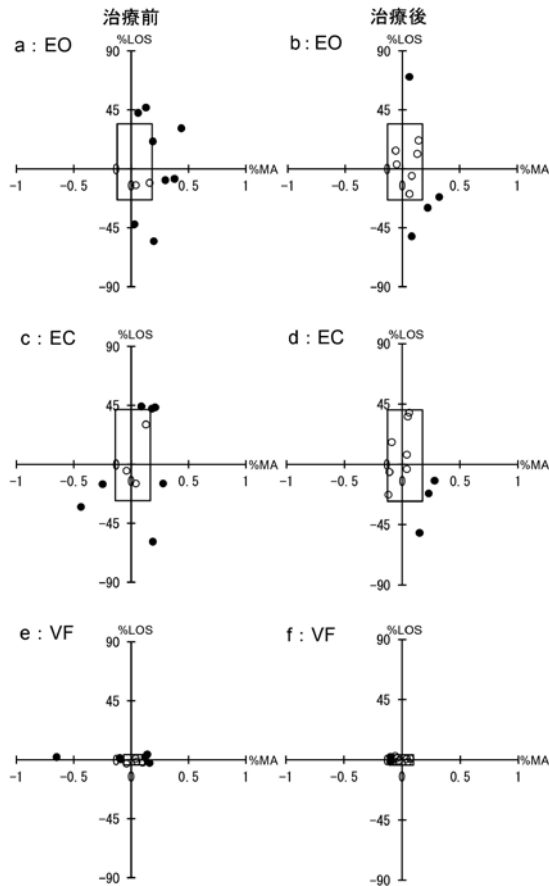


図3 AOMD 若年患者の重心位置と重心動揺

aは治療前の開眼時, bは治療後の開眼時, cは治療前の閉眼時, dは治療後の閉眼時, eは治療前の視覚フィードバック時, fは治療後の視覚フィードバック時, 四角は健常若年者の標準値 (健常者の平均値 ± 2SD), 白丸は標準値内, 黒丸は標準値外, 縦軸は重心位置 (%LOS), 横軸は重心動揺 (%MA) を示す. 治療前と比較して治療後には3条件ともに改善がみられた.

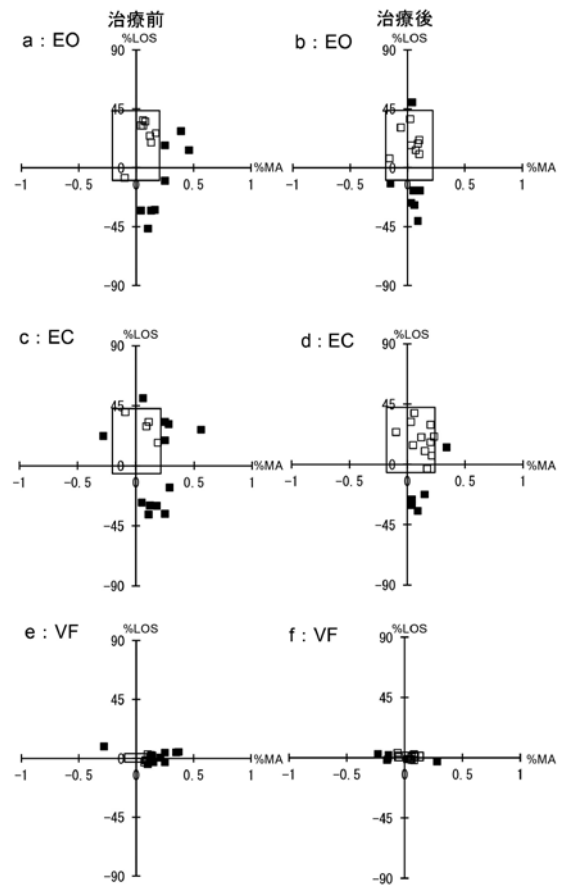


図4 AOMD 中高年患者の重心位置と重心動揺

aは治療前の開眼時, bは治療後の開眼時, cは治療前の閉眼時, dは治療後の閉眼時, eは治療前の視覚フィードバック時, fは治療後の視覚フィードバック時, 四角は健常中高年者の標準値 (健常者の平均値 ± 2SD), 白四角は標準値内, 黒四角は標準値外, 縦軸は重心位置 (%LOS), 横軸は重心動揺 (%MA) を示す. 治療前と比較して治療後には3条件ともに改善がみられた.

表3 AOMD 患者の治療前後の重心位置と重心動揺

		治療	開眼	閉眼	視覚フィードバック
若年患者 (n = 10)	重心位置 (% LOS)	前	31.30 ± 15.72	31.29 ± 17.75	2.21 ± 1.11
		後	17.95 ± 13.11	20.39 ± 13.74	1.31 ± 0.72
	重心動揺 (% MA)	前	0.18 ± 0.14	0.19 ± 0.12	0.12 ± 0.10
		後	0.10 ± 0.05	0.18 ± 0.27	0.07 ± 0.03
				R = 1.32 ± 1.04	
				R = 1.05 ± 0.58	
中高年患者 (n = 16)	重心位置 (% LOS)	前	25.28 ± 10.49	29.02 ± 9.54	2.70 ± 1.43
		後	21.18 ± 11.86	21.25 ± 9.25	1.60 ± 0.86
	重心動揺 (% MA)	前	0.16 ± 0.10	0.20 ± 0.12	0.17 ± 0.08
		後	0.12 ± 0.05	0.14 ± 0.08	0.10 ± 0.06
				R = 1.27 ± 0.54	
				R = 1.05 ± 0.40	
			R = 1.58 ± 1.05		
			R = 1.69 ± 1.07		

R: Romberg率

表4 AOMD患者の3条件における治療効果の比較

	AOMD患者	症例数(例)	開眼		閉眼		視覚フィードバック	
			改善(例)	平均値	改善(例)	平均値	改善(例)	平均値
重心位置(%LOS)	若年	10	7	11.36	10	8.68	9	0.76
	中高年	16	12	8.68	14	9.96	15	1.61
重心動揺(%MA)	若年	10	5	0.19	6	0.12	7	0.12
	中高年	16	16	0.06	15	0.07	16	0.09

* P < 0.05

し、悪化は3例であった。中高年患者は16例中12例が改善を示し、悪化は4例であった。改善例の重心位置の平均値は若年患者が $11.36 \pm 13.30\%$ LOS、中高年患者が $8.68 \pm 5.01\%$ LOSであった。若年患者のEO条件における重心動揺は治療前と比較して治療後には10例中5例が改善を示し、不変または悪化は5例であった。中高年患者は16例中全例が改善を示した。改善例の重心動揺の平均値は若年者が $0.19 \pm 0.10\%$ MA、中高年患者が $0.06 \pm 0.08\%$ MAであった。重心動揺のEO条件下において中高年患者の方が有意に改善し、若年患者と中高年患者の間には有意差があった (P<0.05)。

3.3.2 EC条件における重心位置と重心動揺の改善

AOMDの若年患者のEC条件における重心位置は治療後に10例中全例が改善を示し、平均値は $8.68 \pm 5.97\%$ LOSであった。中高年患者は16例中14例が改善を示し、悪化は2例であった。改善例の平均値は $9.96 \pm 6.77\%$ LOSであった。重心動揺において若年患者は10例中6例が治療後に改善を示し、不変または悪化は4例であった。改善例の平均値は $0.12 \pm 0.11\%$ MAであった。中高年患者は16例中15例が改善を示し、不変は1例であった。改善例の平均値は $0.07 \pm 0.06\%$ MAであった。EC条件における重心動揺に若年患者と中高年患者の間に有意差はなかった。

3.3.3 VF条件における重心位置と重心動揺の改善

AOMDの若年患者のVF条件における重心位置は治療後10例中9例が改善を示し、悪化は1例であった。改善例の平均値は $0.76 \pm 0.58\%$ LOSであった。中高年患者は16例15例が改善を示し、悪化は1例であった。改善例の平均値は $1.61 \pm 1.41\%$ LOSであった。VF条件下の重心位置において若年患者は

AOMD中高年患者と比較して有意に改善を示した (P<0.05)。重心動揺において若年患者は治療後に10例中7例が改善を示し、3例が不変であった。改善例の平均値は $0.12 \pm 0.19\%$ MAであった。中高年患者は16例中全例が改善を示し、改善例の重心動揺の平均値は $0.09 \pm 0.07\%$ MAであった。重心動揺において若年患者と中高年患者の間に有意差はなかった。

4. 考按

AOMDの若年患者と中高年患者の身体平衡に関する機能の違いには大きく感覚情報処理と運動情報処理の違いが関与する。前者には有効視野 (useful field of view: UFOV)^{21,22)}の広がり、自己受容器 (proprioception) 活動、空間知覚 (space perception) 能力が含まれ、後者には神経系の活動および筋肉の強さなどが含まれる。本実験では利用する視覚情報が互いに異なる3つの条件 <EO(eyes open), EC(eyes closed), VF(visual feedback)>でAOMD患者の平衡機能に関する治療効果を調べている。本実験ではEOとVF条件において、AOMDの若年患者と中高年患者の身体平衡に関する治療効果が異なることが観察された。この効果の違いは主に有効視野の広がりの変異に起因すると考えられる。

4.1 有効視野情報の影響

本研究ではAOMDの若年患者と中高年患者における静的身体平衡機能の治療効果を検討した。治療前に比べて治療後、正面視眼位、両眼視機能と頭位異常は若年患者、中高年患者ともに改善がみられた。しかし、若年患者と中高年患者の重心位置と重心動揺を検討したところ、静的身体平衡機能の治療効果ではEO条件、VF条件に違いがみられた。これらは視野情報の性質に関係があり、UFOVの広がりには身体平衡維持のために年齢による変化に関係があ

ると考えられた。

本研究で用いた3条件（EO, EC, VF）において身体平衡を維持するための UFOV の性質はそれぞれ異なる。すなわち、中心視野情報は患者がCRT画面の中心で自身の重心位置を見ることからVF条件下で重要である。周辺視野情報は重心を維持するために中心視野情報よりもEO条件下で大きな役割を果たす²³⁾。しかし、EC条件下で視野情報は用いることができない。

一方、UFOVの広がりとは異なる機能を得ることが知られている。被検者が注視の中心に視覚物を知覚することができる、視覚情報の広がりとは狭まり、中心視野情報が重要となる。しかし、被検者が眼を開けて身体平衡を保っている時、UFOVの広がりとは周辺視野情報が重要となる。さらにUFOV情報の機能は年齢とともに減少することが知られている^{24,25)}。VF条件下にて身体平衡を維持する重要性が治療後に患者でみられた。UFOVの広がりがVF条件下で狭まったことは身体平衡を維持するための中心視野情報を用いるAOMD中高年患者にとって有効であった。また、EO条件下にて身体平衡維持に周辺視野情報が重要なことは、治療後の若年患者にみられた。すなわち、UFOVの広がりがEO条件下で拡大したのは、身体平衡維持には周辺視野情報を用いることが若年患者にとって有利であったと考えられた。

4.2 健常者の標準値とAOMD患者の重心位置と重心動揺の比較

本研究ではAOMDの若年患者と中高年患者間で治療後の改善が異なる条件下にて生じるのは、身体平衡維持に用いる視野情報が異なるためであると考えられる。しかし、過去の報告では開眼時の立位姿勢では、高齢および若年者の間に身体動揺に有意な変化はなかったという報告がある^{26,27)}。そのため、身体平衡を維持するために用いられる視覚情報の変化は年齢に関係すると断定することはできない。

閉眼下では、若年患者（重心位置10/10例、重心動揺6/10例）、中高年患者（重心位置14/16例、重心動揺15/16例）において、静的身体平衡機能の重心位置と重心動揺の改善が治療後にみられた。特に、前庭系の情報は頭部の位置の変化によって生じることが報告されている²⁶⁾。したがって、身体平衡を維持するための視覚情報の欠損にもかかわらず、治療後の改善は小脳と前庭神経機構における脳機能の姿勢調整に関連すると考えられる。

4.3 AOMD患者の治療前後における静的身体平衡機能

外眼筋麻痺例にしばしば出現する視運動性眩暈に

は外眼筋自己受容器と網膜の器官の機能的協応の破綻があり、それに由来して眼筋、躯幹、四肢筋の機能失調がおこり、それを土台に眩暈が起こると報告されている^{27,28)}。眼球運動は身体平衡維持に臨床的に重要である。本研究ではAOMD患者の治療前には異常眼球運動があったが、治療後には正面視眼位、両眼視機能および頭位に改善がみられた。これらの変化がAOMD患者における静的身体平衡機能に影響を与えたかどうかはまだ不明である。

一方、麻痺性斜視の発生において外眼筋自己受容器の障害を考えに入れることが必要である²⁹⁾といわれている。したがって、AOMD治療後の静的身体平衡機能の改善は外眼筋自己受容器投射系が体性感覚情報の一つとして、視覚系に何らかの影響を与えたためと考えられた³⁰⁾。

笠井³¹⁾は眼で見た世界が脳の中で空間知覚が再構築され、脳内に描かれた空間の三次元的な地図が保持されると述べている。そこで、AOMD治療後には患者の脳内に形成される一種の外界空間座標が入れ替わり、空間認知に基づいた姿勢を患者は安定した姿勢と感じる³²⁾ことに起因するのではないかと推察された。

今後、AOMD患者を疾患群に分類した静的身体平衡機能を治療前後に比較して、治療効果の客観的視標となり得るかを検討する必要がある。

5. 結論

AOMD治療後の身体平衡機能の改善は若年患者と中高年患者において、異なる結果であった。すなわち、改善の相違には有効視野の関与が考えられた。今回の実験でみられたAOMD患者の治療効果には、VF条件とEO条件で若年患者と中高年患者に異なる特徴があった。VF条件では中心視野情報に基づく身体平衡機能が要求されることから、治療後の有意な改善は中高年患者でみられたのに対し、EO条件では周辺視野情報に基づく身体平衡機能が要求されることから治療後の有意な改善は若年患者にみられたと考えられた。しかし、AOMDの若年患者と中高年患者では治療後にそれぞれの健常者の値と近似値を示したことは、AOMD患者の身体平衡機能の改善には、年齢は関係しないと結論づけられた。

今後、核および核下性麻痺以外のAOMD患者において、治療方法と治療効果との関連の検討を行う。また、症例数を増やして検討する必要があると考えている。さらに、動的身体平衡機能検査を行い、AOMDとの関連を検討する必要がある。

謝 辞

川崎医科大学 附属病院 眼科視能矯正クリニックの眼科医および視能訓練士の皆様には貴重な患者データを閲覧させていただき感謝申し上げます。

本研究は、平成15年度川崎医療福祉大学大学院プロジェクト研究費の助成を受けて行われたものです。ここに記して感謝の意を表します。

文 献

- 1) Matsuo T, Yabuki A, Hasebe K, Hirai-Shira Y, Imai S and Ohtsuki H : Postural stability changes during the prism adaptation test in patients with intermittent and constant exotropia. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, **51**(12), 6341-6437, 2010.
- 2) Matsuo T, Yamasaki H, Yasuhara H and Hasebe K : Postural stability changes during large vertical diplopia induced by prism wear in normal subjects. *Acta Medica Okayama*, **67**(3), 177-183, 2013.
- 3) Przekoracka-Krawczyk A, Nawrot P, Czaińska M and Michalak KP : Impaired body balance control in adults with strabismus. *Vision Research*, **98**, 35-45, 2014.
- 4) Asakawa K, Ishikawa H, Kawamorita T, Fujiyama Y, Shoji N and Uozato H : Effects of ocular dominance and visual input on body sway. *Japanese Journal of Ophthalmology*, **51**(5), 375-378, 2007.
- 5) Anand V, Buckley J, Scally A and Elliott DB : The effect of refractive blur on postural stability. *Ophthalmic & Physiological Optics*, **22**(6), 528-534, 2002.
- 6) Anand V, Buckley JG, Scally A and Elliott DB : Postural stability changes in the elderly with cataract simulation and refractive blur. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, **44**(11), 4670-4675, 2003.
- 7) Turano K, Herdman SJ and Dagnelie G : Visual stabilization of posture in retinitis pigmentosa and in artificially restricted visual fields. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, **34**(10), 3004-3010, 1993.
- 8) Turano KA, Dagnelie G and Herdman SJ : Visual stabilization of posture in persons with central visual field loss. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, **37**(8), 1483-1491, 1996.
- 9) Elliott DB, Patla AE, Furniss M and Adkin A : Improvements in clinical and functional vision and quality of life after second eye cataract surgery. *Optometry and Vision Science*, **77**(1), 13-24, 2000.
- 10) Schwartz S, Segal O, Barkana Y, Schwesig R, Avni I and Morad Y : The effect of cataract surgery on postural control. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, **46**(3), 920-924, 2005.
- 11) Black AA, Wood JM, Lovie-Kitchin JE and Newman BM : Visual impairment and postural sway among older adults with glaucoma. *Optometry and Vision Science*, **85**(6), 489-497, 2008.
- 12) Wood JM, Lacherez PF, Black AA, Cole MH, Boon MY and Kerr GK : Postural stability and gait among older adults with age-related maculopathy. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, **50**(1), 482-487, 2009.
- 13) Hoang PD, Cameron MH, Gandevia SC and Lord SR : Neuropsychological, balance, and mobility risk factors for falls in people with multiple sclerosis: A prospective cohort study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, **95**(3), 480-486, 2014.
- 14) 深井小久子 : 後天性眼球運動の視能訓練. 日本視能訓練士協会誌, **26**, 49-61, 1998.
- 15) Hüfner K, Frenzel C, Kremmyda O, Adrion C, Bardins S, Glasauer S, Brandt T and Strupp M : Esophoria or esotropia in adulthood : A sign of cerebellar dysfunction? *Journal of Neurology*, **262**(3), 585-592, 2015.
- 16) Namba T and Tabuchi A : Study on vision and static physical balance function Report 1 : Healthy young and middle-elder people. *Kawasaki Journal of Medical Welfare*, **20**(2), 42-53, 2015.
- 17) 深井小久子, 難波哲子, 早川友恵, 筒井純 : 外傷性上斜筋麻痺の視能矯正. 日本眼科紀要, **36**(12), 2162-2166, 1985.
- 18) von Noorden GK and Campos EC : *Binocular vision and ocular motility : Theory and management of strabismus*. 6th ed. Mosby, St. Louis, 2002.
- 19) Scott AB : Botulinum toxin injection into extraocular muscles as an alternative to strabismus surgery. *Journal of Pediatric Ophthalmology and Strabismus*, **17**(1), 21-25, 1980.
- 20) 三村治, 保科幸次 : 甲状腺眼症. 神経内科, **70**(1), 29-35, 2009.
- 21) Mackworth NH : Stimulus density limits the useful field of view. In Monty RA and Senders JW eds, *Eye movements and psychological processes*. Erlbaum L Associates, Hillsdale, NJ, 307-321, 1976.
- 22) 三浦利章 : 有効視野の規定因. 行動と視覚的注意, 風間書房, 東京, 36-39, 1996.

- 23) Dickinson J and Leonard JA : The role of peripheral vision in static balancing. *Ergonomics*, **10**(4), 421-429, 1967.
- 24) Scialfa CT, Thomas DM and Joffe KM : Age differences in the useful field of view : An eye movement analysis. *Optometry and Vision Science*, **71**(12), 736-742, 1994.
- 25) Sekuler AB, Bennett PJ and Mamelak M : Effects of aging on the useful field of view. *Experimental Aging Research*, **26**(2), 103-120, 2000.
- 26) Kita I, Sakamoto M, Ryushi T, Aihara Y and Arita H : Dynamics of human cardiorespiratory responses to standing on one leg with eyes closed. *European Journal of Applied Physiology*, **77**(1-2), 60-65, 1998.
- 27) 牛尾信也, 北村溥之, 檜学, Baron JB : 身体平衡機能維持における外眼筋深部受容器の役割. *耳鼻臨床*, **70**(11), 1525-1538, 1977.
- 28) 牛尾信也, 福島英行, 土師知行, 高谷徳哉, 北村溥之, 東辻英郎, 林正彦, 玉城進, 檜学, 中西和仁, 岸本誠司, Baron JB : 眼筋深部受容器の身体平衡維持における役割—特に視運動刺激に対する眼球及び体平衡反射の変化を指標とする分析—, *耳鼻臨床*, **74**増1, 604-617, 1981.
- 29) 木村久, 榎本弘, 深井小久子 : 麻痺性斜視における自己受容器の障害と再建. 筒井純編, *神経眼科最新の進歩*, 眼科 Mook35, 金原出版, 東京, 118-125, 1987.
- 30) 小笠原孝祐 : 自己受容器投射系. 筒井純編, *神経眼科最新の進歩*, 眼科 Mook35, 金原出版, 東京, 11-41, 1987.
- 31) 笠井健 : 制御工学からみた運動. 伊藤正男編, *脳と運動*, 平凡社, 東京, 59-82, 1983.
- 32) 國弘幸伸, 荒木康智, 増田圭奈子, 五島史行, 斉藤晶 : 視運動刺激時の重心動揺—回旋性視運動刺激による Vection と姿勢の変化—. *Equilibrium Research*, **63**(3), 267-278, 2004.

(平成29年4月18日受理)

Study on Vision and Static Physical Balance Function Report 2: Comparison of Treatment Effects by Age in Acquired Ocular Movement Disorder

Tetsuko NAMBA, Akio TABUCHI and Kazuo HIKOSAKA

(Accepted Apr. 18, 2017)

Key words : acquired ocular movement disorder (AOMD), physical balance function,
treatment effect, young, middle-elder

Abstract

The purpose of this study was to examine whether static physical balance function differs between young and middle-elder patients with acquired ocular movement disorder (AOMD) after treatment. Subjects were 10 young and 16 middle-elder AOMD patients. Using the Balance Master, postural position (PP) and target sway (TS), the subjects were examined under three conditions: eyes open (EO), eyes closed (EC), and visual feedback (VF). Percent changes in PP and TS between before and after treatment were calculated and compared for young and middle-elder AOMD patients. After treatment, the following improvements were observed. Primary position, binocular visual function, and head posture improved in all patients. PP and TS in both young and middle-elder AOMD patients significantly improved, but the improvement occurred under different conditions between young and middle-elder patients. The percentage of PP under VF improved significantly in middle-elder patients ($P<0.05$), while that of TS under EO improved significantly in young patients ($P<0.05$). Information from the peripheral visual field was important under EO in young patients due to expanding the extent of the useful field of view.

Correspondence to : Tetsuko NAMBA

Department of Sensory Science

Faculty of Health Science and Technology

Kawasaki University of Medical Welfare

Kurashiki, 701-0193, Japan

E-mail : namba@mw.kawasaki-m.ac.jp

(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.27, No.1, 2017 85 – 96)