第52回 日本視能矯正学会

一般講演

間欠性外斜視におけるプリズムアダプテーション
前後の調節微動高周波成分出現頻度

藤井 千晶¹⁾・岸本 典子^{1), 2)}・大月 洋²⁾

¹⁾ 井原市立井原市民病院

²⁾ 岡山大学大学院医歯薬学総合研究科眼科学分野

Frequency of appearance of high-frequency component of
accommodative microfluctuation before and after prism
adaptation in intermittent exotropia

Chiaki Fujii¹⁾, Fumiko Kishimoto^{1), 2)}, Hiroshi Ohtsuki²⁾

¹⁾ Ibara City Hospital

²⁾ Department of Ophthalmology, Okayama Graduate School of Medicine, Dentistry and
Pharmaceutical Sciences

要 約

目的：間欠性外斜視を対象に、プリズムアダプテーション (PA) 前後の調節微動の高周波成分 (HFC) の出現頻度を比較する。

対象と方法：2011年7月13日から10月31日の間に井原市民病院を受診した間欠性外斜視患者9名 (7～58歳) の優位眼を対象にした。交代プリズム遮閉試験で検出された遠見斜視角をもとにPAを行い、乱視補正機能付きオートレフラクトメータと眼調節機能測定ソフトウェアを用いてその前後の優位眼のHFCの出現頻度を測定し、斜視角との関係について検討した。

結果：斜視角40°以上の例でPA後にHFCの出現頻度が有意に低下した (P = 0.03; Wilcoxon signed-rank test)。

結論：斜視角が大きい間欠性外斜視の中にはPAで調節微動のHFCの出現頻度が減少する症例がある。

別冊請求先 (〒715-0019) 岡山県井原市井原町1186

井原市民病院 眼科

Tel. 0866 (62) 1133 Fax. 0866 (62) 1275

E-mail: cfujii@ibarahp.jp

Key words: 調節微動高周波成分、プリズムアダプテーション、間欠性外斜視

high-frequency component of accommodative microfluctuation, prism adaptation,
intermittent exotropia

Abstract

Objective: The frequency of appearance of the high-frequency component (HFC) of accommodative microfluctuation in intermittent exotropia was compared between before and after prism adaptation (PA).

Subjects and Methods: The dominant eyes of 9 intermittent exotropia patients (7–58 years of age) who visited Ibara City Hospital between July 13, 2011 and October 31, 2011 were studied. PA was performed based on the angle of deviation in distant vision measured in an alternate prism cover test. The frequency of appearance of HFC was measured before and after the PA using an autorefractometer with an astigmatism compensation function and ocular accommodation measurement software, and compared by the angle of deviation.

Results: The frequency of appearance of HFC significantly decreased after PA in patients with 40° or greater angle of deviation ($P=0.03$; Wilcoxon signed-rank test).

Conclusion: PA decreases the frequency of appearance of HFC in some cases with a large angle of deviation of intermittent exotropia.

I. 緒言

静止した一点を注視した状態で連続して他覚的屈折検査を行うと、正弦波様の屈折値の揺らぎが観察される。これを調節微動という^{1), 2)}。調節微動は周波数0.6Hz未満のゆっくりとした揺らぎの低周波成分と1.0～2.3Hzの比較的早い振動の高周波成分（high-frequency component、以下HFCと略）から構成され、前者は調節そのものによる変動、後者は水晶体とその支持組織の振動を捉えたものであり、毛様体筋の活動状態を反映するとされている^{3), 4), 5)}。調節微動のHFCの出現頻度は、毛様体筋への負荷が増すとそれに伴って増加する。近年ではオートレフラクトメータの測定精度の向上と、毛様体筋の活動状態をカラーコードマップで経時的に表示できる解析ソフトウェアの開発により、調節性眼精疲労をHFCの出現頻度で客観的に評価できるようになっている^{4), 5), 6)}。

間欠性外斜視では輻湊、さらには調節に余計な負荷がかかり、その結果として眼精疲労症状を発現する場合が少なくない。そこで、間欠性外斜視にみられる眼精疲労を評価するためにプリズムアダプテーション（prism adaptation、以下PAと略）^{7), 8)}が、HFCの出現頻度に与える影響について、調節機能解析ソフトウェアを使用して検討したので報告する。

II. 対象と方法

対象（表1）

2011年7月13日から10月31日までの間に、井原市民病院を受診した間欠性外斜視患者のうち、遠見矯正視力1.0以上で、屈折異常と眼位異常のほかに器質的眼疾患がなく、Bagolini線条レンズ試験で両眼単一視が可能な9名（7～58歳）の優位眼を対象眼とした。対象から除外したのは、手術歴を有する症例、乱視度数が1.5 diopter（以下Dと略）以上の症例、交代性上斜位の合併例であった。優位眼はhole in card法で決定した。

再現性の検討の対象

5名10眼の眼位異常のない正常被験眼で、HFCの出現頻度計測における再現性を検討した。平均年齢（標準偏差）は38（7）歳、遠見矯正視力は1.0以上で、屈折値の内訳は正視眼6眼、近視眼4眼で近視眼の平均屈折値（標準偏差）は-3.6（0.4）Dであった。

PA

交代プリズム遮閉試験で検出された遠見斜視角をもとに、フレネル膜プリズムを両眼に等分するようにして斜視角を矯正したのち、それを1時間装用させた。

表1 対象

No.	年齢 (歳)	性別	優位眼	屈折値 (等価球面值)	遠見斜視角 (Δ)	Bagolini線条レンズ試験		眼精疲労
						遠見	近見	
1	7	女	右	+0.25	25	両眼単一視		(-)
2	7	女	右	+0.50	35	交代抑制	両眼単一視	(-)
3	9	女	右	± 0.00	25	両眼単一視		(-)
4	14	男	左	+0.75	45	右抑制	両眼単一視	(+)
5	15	男	左	-3.25	25	両眼単一視		(-)
6	17	女	左	+0.50	30	両眼単一視		(+)
7	42	男	右	-1.00	45	両眼単一視		(+)
8	51	男	右	-4.75	40+40	両眼単一視		(+)
9	58	女	左	-5.00	40+45	両眼単一視		(+)

HFCの出現頻度

乱視補正機能付きオートレフケラトメータ (NIDEK 社製 ARK-560[®]) と眼調節機能解析ソフトウェア (NIDEK 社製 AA-2[®]) を用いた。オートレフケラトメータでの測定値を調節刺激 $\pm 0D$ の基準点として、3種類の調節刺激 (+0.5D、 $\pm 0D$ 、-0.5D) を与えたときの他覚的屈折値を、それぞれの調節刺激につき12秒間、連続測定した。同時に調節機能解析ソフトウェアで、調節微動を自動的に高速フーリエ変換にて周波数分析し、パワースペクトル曲線を常用対数に変換後、高周波領域 (1.0Hzから2.3Hz) で積分し、その平均パワースペクトルを、HFCの出現頻度として評価した^{3), 4)}。HFCの出現頻度は単位のない相対値として扱われている^{6), 9), 10), 11)}。12秒間に11回算出されるHFCの出現頻度の代表値として中央値を用いた。

間欠性外斜視の症例ではPAの前後で1回ずつ、正常被験者を対象にした再現性の検討では同日に1時間の間隔をあけて2回計測した。検査はすべて同一検査が行った。

統計解析

Wilcoxon signed-rank testを用いた。両側検定とし、有意水準は5%未満とした。再現性は調節刺激 +0.5D、 $\pm 0D$ 、-0.5DのそれぞれについてBland-Altman plot¹²⁾を用いて評価した。検定に先立ってデータが正規分布に従うか否かをShapiro-Wilk testで確認した。統計解析には

JMP[®] version8 (SAS Institute Inc.) を用いた。

Ⅲ. 結果

1. 再現性の検討 (図1-a、b、c)

調節刺激 +0.5D、 $\pm 0D$ 、-0.5D 全体に対するHFCの出現頻度は、1回目の平均値 (標準偏差) が50.0 (8.2)、2回目50.0 (7.0) となり、平均値は同値であった。信頼区間の指標である95% Limits of Agreement¹²⁾ は、調節刺激 +0.5Dでは ± 10.6 、 $\pm 0D$ では ± 11.2 、-0.5Dでは ± 8.7 であり、+0.5Dで10/10個 (100%)、 $\pm 0D$ で9/10個 (90%)、-0.5Dで10/10個 (100%) の値がこの範囲に分布していた。よってHFCの出現頻度計測における再現性が確認された。

2. PA前後のHFCの出現頻度の挙動 (表2)

全例のうちNo.6と9の2例 (22%) がPA後に調節刺激 +0.5D、 $\pm 0D$ 、-0.5Dのすべての段階でHFCの出現頻度が減少し、すべての調節刺激段階で増加した例はなかった。年齢別にみるとNo. 1~3の10歳未満ではすべての調節刺激段階で減少した例はなく、3段階中1段階で減少した例はNo. 1と3の2例 (67%)、3段階中2段階で減少した例はNo.2の1例 (33%)であった。No. 4~9の10歳代以上では、No.6と9の2例 (33%) がすべての調節刺激段階で減少し、全例 (100%) が3段階中2段階以上で減少した。

図1 再現性

HFCの出現頻度計測における再現性をBland-Altman plotで示す。横軸は1回目と2回目の平均、縦軸は1回目と2回目の差を示す。破線は95% Limits of Agreement (1.96×差の標準偏差)を示す。調節刺激+0.5Dでは100%、±0Dでは90%、-0.5Dでは100%の値がこの範囲内に分布し、再現性が確認された。

表2 PA前後のHFCの出現頻度

No.	調節刺激	HFCの出現頻度		増減
		PA前	PA後	
1	+0.5D	60.6	65.7	△
	±0D	62.3	60.0	▼
	-0.5D	57.7	62.4	△
2	+0.5D	66.2	67.7	△
	±0D	72.0	65.6	▼
	-0.5D	69.2	57.4	▼
3	+0.5D	59.3	60.0	△
	±0D	64.6	58.1	▼
	-0.5D	54.9	59.5	△
4	+0.5D	58.9	58.3	▼
	±0D	52.4	54.7	△
	-0.5D	62.6	57.1	▼
5	+0.5D	58.0	49.3	▼
	±0D	53.0	48.6	▼
	-0.5D	47.8	52.8	△
6	+0.5D	62.3	52.6	▼
	±0D	64.1	62.2	▼
	-0.5D	56.8	54.0	▼
7	+0.5D	53.0	44.5	▼
	±0D	45.3	43.5	▼
	-0.5D	48.4	51.6	△
8	+0.5D	45.2	42.8	▼
	±0D	41.5	42.0	△
	-0.5D	45.7	40.5	▼
9	+0.5D	57.3	54.6	▼
	±0D	53.4	44.2	▼
	-0.5D	48.1	41.4	▼

△:PA後にHFCの出現頻度が増加

▼:PA後にHFCの出現頻度が減少

3. PA前後のHFCの出現頻度と斜視角の大きさの関係 (図2)

対象数が等分されるように、斜視角40°未満と40°以上の2群に分類して比較した。40°以上群でPA後のHFCの出現頻度が有意に低下し、その値はPA前、中央値(四分位範囲)50.4 (56.4 - 45.4)、PA後44.3 (54.6 - 42.2)であった ($P = 0.03$)。40°未満群ではPA前60.6 (64.6 - 56.8)、PA後59.5 (62.4 - 52.8)で有意差を認めなかった ($P = 0.2$)。

4. 眼精疲労、年齢、自覚的屈折値 (表3)

PA前後でHFCの出現頻度に有意差を認めた40°以上群は、有意差を認めなかった40°未満群よりも眼精疲労症状があり、高齢で、近視側の屈折値を有するという傾向がみられた。

表3 40°未満群と40°以上群の比較

	40°未満 (No.1,2,3,5,6)	40°以上 (No.4,7,8,9)	全体
対象 (眼)	5	4	9
眼精疲労(+) 眼 (%)	1 (20)	4 (100)	5 (55.6)
年齢 (歳)	9 (15-7)	46.5 (56.3-21)	15 (42-9)
自覚的屈折値 (D)	+0.25 (+0.5~±0)	-2.88 (+0.31~-4.94)	±0 (+0.5~-3.25)
	中央値 (四分位範囲)

図2 PA前後のHFCの出現頻度

斜視角40°未満と40°以上の2群の、PA前後のHFCの出現頻度を示す。○は調節刺激+0.5D、△は±0D、□は-0.5Dに対するHFCの出現頻度を示し、箱ひげ図はその分布を示す(箱の上下端:第3四分位点および第1四分位点、上下のひげ:最大値および最小値)。
40°以上群でPA後にHFCの出現頻度が有意に減少した。

* P = 0.03 (Wilcoxon signed-rank test)

Ⅳ. 考按

斜視角が40°以上の場合にPA後のHFCの出現頻度が有意に減少することを認めた。中山ら⁹⁾は、外斜位の斜視角が大きいほどHFCの出現頻度は高値を示すと報告している。今回の検討のHFCの出現頻度の変化は中山らの報告と同様に、斜視角が大きいほど輻湊、それにとまって調節に負荷がかかるために、HFCの出現頻度が高い状態にあり、PAで斜視角が矯正されることで毛様体筋の緊張が緩和された結果と考える。

40歳代からは毛様体筋の活動の低下や水晶体が硬化し振動が伝達しにくくなることが原因でHFCの出現頻度は減少するとされている^{4), 5)}。今回の対象のうち、斜視角が40°以上の場合にPA前後のHFCの出現頻度に有意差がみられ、そのうち3例(75%)は年齢が40歳代以上であった。このことから間欠性外斜視の症例では、調節力の低下が始まる40歳代以上になっても毛様体筋に恒常的に負荷がかかっていると推察される。

屈折異常とHFCの出現頻度との関係について、近視の程度とHFCの出現頻度との間には相関があることを川守田ら¹⁰⁾は報告している。今回の対象症例のうち、斜視角40°以上の方が

近視の度数が強い傾向を示した。この背景には輻湊負荷による毛様体筋の緊張があり、それが近視を進行させた可能性が考えられる。内海¹³⁾は、長期間斜位近視の状態にあると近視度数が増大したままになり、そのような例にプリズム装用や手術で眼位矯正を行うと近視度数が減少するとしている。今回の近視眼のなかにも同様の症例が含まれていると想定され、眼位矯正を行う場合には、その後の屈折値の変化に注意が必要であると考ええる。

今回の検討では、対象の年齢の幅が広く調節機能にばらつきがあったことに加えて、20歳代と30歳代の該当症例が欠如していたため、HFCの出現頻度に関係する年齢の解析が十分にできなかった。今後は対象症例を増やして、あらためて年齢との関係を検討する必要があると考える。

間欠性外斜視を対象にPAがHFCの出現頻度に与える影響を検討した。PA前と比較してPA後にHFCの出現頻度が減少する所見を検出した。この現象は眼位を正位に保つための輻湊性調節を反映するもので、片眼固視の状態でもそれが持続していると考ええる。したがってこのような症例ではHFCの出現頻度を正常化するために、プリズムによる治療が有効と考える。

参考文献

- 1) Campbell F W, Robson J G, Westheimer G: Fluctuations of accommodation under steady viewing conditions. J Physiol 145: 579-594, 1959.
- 2) 梶田雅義: 調節動揺の周波数分析. 眼紀41: 1418-1422, 1990.
- 3) 梶田雅義, 伊藤由美子, 佐藤浩之, 小林健太郎, 渡邊まき子, 加藤桂一郎: 調節微動による調節安静位の検出. 日眼会誌101: 413-416, 1997.
- 4) 鈴木説子, 梶田雅義, 加藤桂一郎: 調節微動の高周波成分による調節機能の評価. 視覚の科学22: 93-97, 2001.
- 5) 梶田雅義: 調節微動. 眼科プラクティス25: 259-262, 文光堂, 東京, 2009.
- 6) Maeda F, Tabuchi A, Kani K, Kawamoto K, Yoneda T, Yamashita T: Influence of three-dimensional image viewing on visual function. Jpn J Ophthalmol. 55: 175-82, 2011.
- 7) 大月 洋: プリズムアダプテーションテスト. 日本の眼科71: 1189-1192, 2000.
- 8) 長谷部佳世子: 手術を前提としたプリズムの臨床応用-間欠性外斜視の場合-. 日視会誌37: 65-69, 2008.
- 9) 中山奈々美, 川守田拓志, 魚里 博: 調節微動と外斜位の偏位量との関係. 視覚の科学26: 110-113, 2005.
- 10) 川守田拓志, 魚里 博, 中山奈々美, 半田知也: 正常眼における調節微動高周波成分と屈折異常、眼優位性の関係. 臨眼60: 497-500, 2006.
- 11) 中山奈々美, 川守田拓志, 山本真也, 魚里博: 瞳孔径が調節微動高周波成分出現頻度に及ぼす影響. 視覚の科学30: 9-11, 2009.
- 12) Bland JM, Altman DG: Comparing methods of measurement: why plotting difference against standard is misleading. Lancet 346: 1085-1087, 1995.
- 13) 内海 隆: 斜位近視の病態と治療. 眼臨97: 222-224, 2003.