

調節時の毛様体形状変化の超音波生体顕微鏡による検索

狩野 廉¹⁾, 桑山 泰明¹⁾, 溝上 志朗¹⁾, 橋谷 忠憲¹⁾篠本 陽子¹⁾, 堀本 幸嗣¹⁾, 岡本 仁史²⁾¹⁾大阪厚生年金病院眼科, ²⁾大阪大学医学部眼科学教室

要 約

目 的：生理的調節をした時の毛様体の形態の変化を超音波生体顕微鏡(ultrasound biomicroscope, UBM)で, 正常人で動的に検索した。

症例と方法：対象は, 24~33 歳までの健康人 11 例。矯正レンズを左眼に装用させ, 仰臥位で 2 m 上方の天井の指標を左眼で固視させた状態を非調節時とし, さらに -6~-8 D のレンズを加えて固視させた状態を調節時とした。UBM により, 右眼の毛様体の厚さを強膜岬から 0.5~3.0 mm 後方の部位で測定した。

結 果：調節により右眼の前房深度は有意に減少し

た。強膜岬から 0.5 mm と 1.0 mm 後方では右眼の毛様体の厚さは調節により有意に増加し, 2.0, 2.5, 3.0 mm 後方では有意に減少した。

結 論：左眼に調節を負荷したとき, 右眼の毛様体は強膜岬から 0.5 mm と 1.0 mm 後方では厚さが増加し, 2.0~3.0 mm 後方では厚さが減少した。調節機能には, 主として毛様体輪状筋が関与し, 縦走筋の関与が小さいと結論される。(日眼会誌 103: 297—300, 1999)

キーワード：毛様体, 毛様筋, 調節, 超音波生体顕微鏡

Observation of Physiological Change in the Human Ciliary Body Using an Ultrasound Biomicroscope During Accommodation

Kiyoshi Kano¹⁾, Yasuaki Kuwayama¹⁾, Shirou Mizoue¹⁾, Tadanori Hashitani¹⁾,Youko Sasamoto¹⁾, Kouji Horimoto¹⁾ and Hitoshi Okamoto²⁾¹⁾Department of Ophthalmology, Osaka Kouseinenkin Hospital²⁾Department of Ophthalmology, Osaka University School of Medicine

Abstract

Purpose : To evaluate changes in the ciliary body during accommodation using an ultrasound biomicroscope (UBM).

Subjects and Methods : Eleven healthy persons, aged from 24 to 33 years, served as subjects. They were asked to lie in the supine position and to fixate a target placed on the ceiling 2 m above with the left eye. A concave lens with the power of -6 to -8 diopters was then placed before the fixating left eye. The thickness of the ciliary body in the right eye was measured by UBM in the nonaccommodative and accommodative states.

Findings : The anterior chamber in the right eye became significantly shallow during accommodation. The thickness of the ciliary body significantly in-

creased during accommodation at 0.5 mm and 1.0 mm posterior to the scleral spur. It significantly decreased at 2.0 mm, 2.5 mm and 3.0 mm posterior to the scleral spur.

Conclusion : During induced accommodation in the left eye, the anterior portion of the ciliary body in the right eye increased and the posterior portion decreased in thickness. The findings imply that the circular ciliary muscles are mainly involved in accommodation and not the longitudinal muscles. (J Jpn Ophthalmol Soc 103: 297—300, 1999)

Key words : Ciliary body, Ciliary muscle, Accommodation, Ultrasound biomicroscope

I 緒 言

毛様体は房水産生, 流出および調節といった重要な役割を果たしており, そのうち調節機能については毛様筋

が緊張することによりチン小帯を介して水晶体の厚さを変化させていることが知られている。調節前後での毛様体の形態学的変化については, 電気刺激を用いた調節時の毛様体形状変化をビデオ画像で解析した報告¹⁾や, 薬

別刷請求先: 553-0003 大阪市福島区福島 4-2-78 大阪厚生年金病院眼科 狩野 廉

(平成 10 年 7 月 13 日受付, 平成 10 年 10 月 27 日改訂受理)

Reprint requests to: Kiyoshi Kano, M.D. Department of Ophthalmology, Osaka Koseinenkin Hospital, 4-2-78 Fukushima, Fukushima-ku, Osaka 553-0003, Japan

(Received July 13, 1998 and accepted in revised form October 27, 1998)

物を用いて毛様筋を収縮させた時の毛様体の厚みを超音波生体顕微鏡(ultrasound biomicroscope, UBM)で調べた報告²⁾などがある。しかしながら, UBM の計測機能を利用して生理的調節前後での毛様体の形態学的変化を生体で動的に観察し, 定量的に解析した報告は我々の調べた限りではこれまでになく, 今回の実験で非常に興味深い結果が得られたので報告する。

II 対象・方法

使用機種としてハンフリー社製超音波生体顕微鏡(モデル 840)を用いた。被験者は十分に調節力があると思われる 20~30 代の健常者とした。実験に協力を得られた篤志者 11 名の年齢は 24~33 歳 (27.8 ± 2.6 歳, 平均値 $\pm$ 標準偏差), 屈折は等価球面值で 0~-8.5 D (平均 -4.1 $\pm$ 2.9 D, 平均値 $\pm$ 標準偏差), アコモドポリメーターを用いて計測した調節幅は 6~13 D (平均 8.6 $\pm$ 2.1 D) であった(表 1)。

被験者はベッド上仰臥位とし左眼で天井の指標を固視させた。UBM により右眼耳側の毛様体子午線方向断層像および角膜中央部前房深度を観察した。矯正レンズを

左眼の眼前に置いて天井の指標(線画のイラストを用いた)を固視させたときを非調節時, さらに -6~-8 D の度数を加入した上で固視させたときを調節時とした(図 1)。加入度数は指標が固視可能である最大度数とした。調節により幅湊が起こるため, 角膜中央部の前房深度測定時は左眼で右眼上のプローブを固視させたときを調節時とした。

UBM 画像上で強膜岬から 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 mm の各地点での毛様体-強膜境界面に垂直方向の毛様体の厚さ(図 2)と角膜中央部での前房深度を計測した。毛様体については, 調節時, 非調節時とも最も厚みのある部位が描出されたと思われるときに画像をフリーズさせた(図 3, 4)。1 眼について非調節時, 調節時とも 5 回ずつ撮影して平均値を求めた。調節前後で有意な変化があるかどうかを paired-t 検定を用いて解析した。

III 結 果

毛様体の厚さを 5 回測定した際の変動係数の範囲は, 非調節時は 2.3~14.6%, 調節時は 2.7~21.8% であった。また, 前房深度の変動係数の範囲は, 非調節時は 0.3~3.1%, 調節時は 0.6~2.6% であった。これら全計測値の変動係数の平均値を表 2 に示した。比較的再現性は良好であると考え, 5 回の平均値をその被験者の測定値として, 11 眼についての調節前後の毛様体各部位での厚さの平均値と変化率を求めると表 3 および図 5 のようになった。強膜岬から 0.5, 1.0 mm の部位の厚さは調節により有意に増加し, 2.0, 2.5, 3.0 mm の部位の厚さは有意に減少していた。6 か所の測定点のうちで毛様体が最も厚い部位は, 11 眼中 6 眼で調節時に 0.5 mm 前方に移動しており, 残りの 5 眼は移動していなかった。また, 前房深度は調節により有意に減少していた(図 6)。

表 1 被験者一覧

症例	年齢(歳)	屈折(D)	調節力(D)	加入度数(D)
1	27	0	8.5	-8
2	30	-8.5	13.0	-7
3	29	-3.5	6.9	-6
4	28	-5.0	9.5	-8
5	26	0	10.9	-7
6	26	-6.0	6.0	-6
7	24	-4.0	6.0	-6
8	25	-1.0	8.3	-8
9	33	-7.0	7.7	-7.5
10	28	-6.5	8.0	-8
11	30	-3.25	10.0	-8

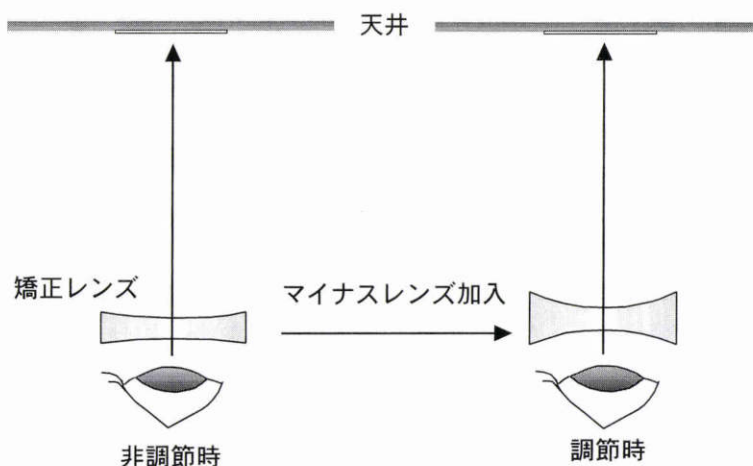


図 1 非調節時と調節時。

調節時は眼前に等価球面值の矯正レンズを置き, 天井の指標を固視させた。非調節時はさらにマイナ斯拉ンズを加入して同様に固視させた。

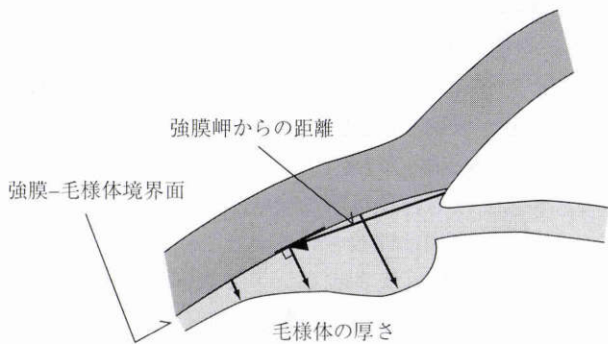


図 2 毛様体の厚さ。
強膜岬から特定の距離の地点において、強膜と毛様体の境界面から毛様体上皮までの厚さを超音波生体顕微鏡 (UBM) により測定した。

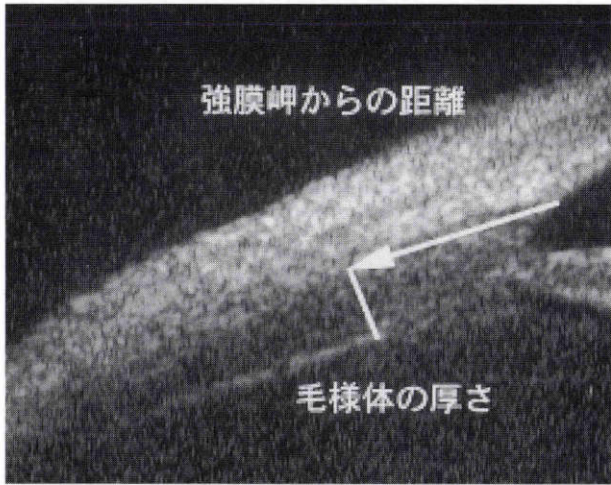


図 3 非調節時の UBM 画像。
毛様体は比較的明瞭に識別できる。



図 4 調節時の UBM 画像。
非調節時に比べ毛様体の厚さが前方では増加し、後方では減少している。

表 2 各計測値の変動係数の平均

	非調節時 (%)	調節時 (%)
強膜岬からの距離		
0.5mm	8.3±3.7	8.2±4.3
0.1mm	8.2±3.7	7.0±2.3
1.5mm	7.9±2.6	7.5±4.3
2.0mm	7.1±2.8	10.0±3.5
2.5mm	8.3±3.7	12.1±3.4
3.0mm	8.2±3.3	11.7±5.1
前房深度	1.4±0.8	1.6±0.6

平均±標準偏差

表 3 非調節時と調節時の変化

	非調節時 (mm)	調節時 (mm)	変化率 (%)
強膜岬からの距離		毛様体の厚さ	
0.5mm	0.50 ± 0.09	0.79 ± 0.13	+59.5 **
1.0mm	0.64 ± 0.13	0.80 ± 0.11	+23.9 **
1.5mm	0.56 ± 0.11	0.58 ± 0.11	+ 3.8n.s.
2.0mm	0.45 ± 0.09	0.41 ± 0.10	- 8.6 *
2.5mm	0.36 ± 0.08	0.29 ± 0.08	-18.8 **
3.0mm	0.27 ± 0.07	0.20 ± 0.06	-24.4 **
前房深度	3.30 ± 0.29	3.09 ± 0.31	- 6.2 **

* : p<0.05 ** : p<0.01

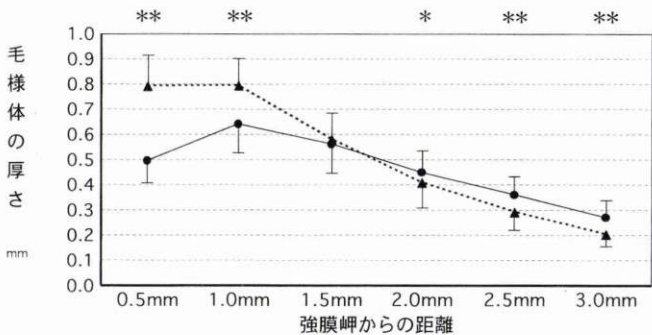


図 5 毛様体の厚さの変化。

毛様体の厚さは調節により強膜岬から 1.5 mm を境にして、前方では有意に増加し、後方では有意に減少した。
** : p<0.01 * : p<0.05 ● : 非調節時 ▲ : 調節時

IV 考 按

UBM を用いて計測する上で最も問題となるのは再現性であるが、本実験においては測定位置のずれと調節状態のゆらぎが最も関与すると思われる。また、今回 11 例について観察したが、毛様体突起部前方の形状は個体によりばらつきが大きく、前方に突出した形や比較的なだらかな形などがあった。測定位置については毛様体突起の部分と谷の部分では厚みが異なり、全く同一の部位を撮影することは困難であるが、最も厚い部分を撮影することで突起部を描出しているものと考えた。また、調節状態を一定にするため、完全矯正レンズの上にさらに-6～

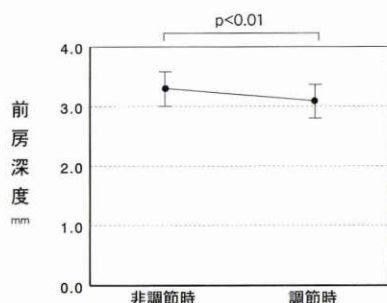


図6 前房深度の変化.

前房深度は調節により有意に浅くなった.

—8 D のレンズを加入した状態で遠方の指標を固視させるという方法を用いたが、慣れるのにある程度の練習を必要とした被験者もあり、測定変動の原因となったと思われる。11 眼各 7 か所につき調節前後の測定を行ったが、延べ 154 か所の測定点のうち 5 か所に変動係数が 15% を超えたものがあり、特に調節時には毛様体後方部分の厚さは 0.2~0.3 mm に減少するため、解像度が 0.05 mm の UBM においても測定誤差が大きくなったが、平均では 7~12% 程度の変動であり、比較的再現性は良好で、その後の解析には問題ないものと判断した。

調節時の毛様体形状変化については、これまでいくつかの報告がなされており、Neider ら¹⁾は虹彩切除を行った赤毛猿の Edinger-Westphal 核に電極を植え込み、生体における調節時の変化をビデオカメラで観察し、調節により毛様体輪は収縮し、チン小帯がゆるみ、水晶体はやや下方へ移動すると報告している。ヒトでは Mishima ら²⁾が UBM を用いて点眼による毛様体形状変化を報告しており、ピロカルピンについては毛様体の最大部分の厚さが 8.3% 増加したとしている。電気刺激や薬剤によらない生理的な調節時の毛様体については、Bacskulin ら³⁾が UBM を用いて毛様体の強膜岬方向への前方移動、虹彩後面との接触などを報告している。そこで今回、我々は UBM の計測機能を利用して生理的調節前後での毛様体の形態学的変化を生体で動的に観察し、強膜岬から 1.5 mm 付近を境にして前方の毛様体突起部の厚さは増加し、後方の扁平部の厚さは減少するという結果を得た。これは筋収縮により毛様体全体が厚みを増すという我々の予想に反するものであった。毛様筋収縮時に毛様体輪が前方に偏位し、後方の毛様体が前方に引き伸ばされて厚みを減じていることも考えられるが、縦走筋が同時に収縮していれば、毛様体後方部分も厚みを増すか、同

程度に維持することこそあれ、厚みを減じることは考えにくい。今回の実験のみでこの形状変化を説明するのは困難だが、一つの解釈として調節時には毛様体の輪状筋と放射状筋が収縮し、縦走筋は収縮していない可能性が考えられる。本実験の結果では、主として縦走筋が存在すると思われる後方部位は調節後厚みが減少しており、少なくとも強い収縮は観察されなかった。これまで毛様筋のうち輪状筋と放射状筋は、主として調節機能に、より後方に伸びる縦走筋は房水流出機能に関与するといわれてきた⁴⁾。また、毛様体におけるムスカリン受容体のサブタイプの分布に関しては、M1 レセプターが毛様筋全体に分布しているのに対して、M2 レセプターは毛様筋縦走筋のみに存在することが知られており⁵⁾、毛様筋は機能的には大きく 2 つに分け得る可能性がある。今回の実験からも、これらが生理的な調節時には別の動態を示すことが示唆された。

本稿の要旨は第 50 回日本臨床眼科学会で発表した。

文 献

- 1) Neider MW, Crawford K, Kaufman PL, Bito LZ: *In vivo* videography of the rhesus monkey accommodative apparatus. Age-related loss of ciliary muscle response of central stimulation. Arch Ophthalmol 108: 69—74, 1990.
- 2) Mishima HK, Shoge K, Takamatsu M, Kiuchi Y, Tanaka J: Ultrasound biomicroscopic study of ciliary body thickness after topical application of pharmacologic agents. Am J Ophthalmol 121: 319—321, 1996.
- 3) Bacskulin A, Bergmann U, Horoczi Z, Guthoff R: Kontinuierliche ultraschallbiomikroskopische Darstellung der akkommodativen Veränderung des humanen Ziliarkörpers. Klin Monatsbl Augenheilkd 207: 247—252, 1995.
- 4) Kaufman PL, Gabelt BT: Dissociation of accommodative and outflow facility responses to cholinergic agonists: Are function and receptor subtypes regionalized within the ciliary muscle? In: Drance SM, et al (Eds): Pharmacology of Glaucoma. Williams & Wilkins, Baltimore, 76—81, 1992.
- 5) Gupta N, Cynader MS, Drance SM: Ciliary muscle-anatomic and pharmacologic distinctions. In: Drance SM, et al (Eds): Pharmacology of Glaucoma. Williams & Wilkins, Baltimore, 217—219, 1992.