

涙液スペキュラースコープ DR-1 を用いた涙液貯留量の評価

坂根 由梨¹⁾, 山口 昌彦¹⁾, 白石 敦¹⁾, 片岡 永²⁾, 大橋 裕一¹⁾

¹⁾愛媛大学大学院医学系研究科医学専攻高次機能統御部門感覚機能医学講座視機能外科学

²⁾株式会社トーマコーポレーション

要 約

目 的：涙液スペキュラースコープ DR-1 が涙液貯留量の評価に応用可能か検討する。

方 法：対象は 47 例 94 眼 (2006 年診断基準によりドライアイの有無を診断した 33 例 66 眼を含む) である。DR-1 で測定した涙液メニスカス高 (DR-1 meniscus height : DRMH, mm) と, スリットランプによる定性的涙液メニスカス高 (slit lamp meniscus height : SLMH, 低/中/高), フルオレセイン染色写真による涙液メニスカス高 (fluorescein meniscus height : FLMH, mm) を比較し, DRMH の再現性, ドライアイ診断に対する感度と特異度を検討した。DRMH の涙点プラグ挿入前後の変化とソフトコンタクトレンズ (SCL) 装用時の経時的変化も検討した。

結 果：DRMH と SLMH ($r=0.737$, Spearman 順

位相関係数), FLMH ($r=0.06$, Bland-Altman 解析) は相関し, 正常群, ドライアイ疑い群, ドライアイ確定群の DRMH (平均値±標準偏差, mm) はそれぞれ 0.29 ± 0.05 , 0.19 ± 0.07 , 0.17 ± 0.06 で, 有意差を認めた ($p < 0.001$)。DRMH の再現性は良好で, cut-off 値 0.22 mm 時のドライアイ診断感度は 84.1% , 特異度は 90.9% であった。DRMH は, 涙点プラグ挿入前後で有意に増加 ($p < 0.0001$) し, SCL 装用中は有意に減少 (装用前と 60 分後で $p < 0.05$, 装用前と 120 分後で $p < 0.001$) した。

結 論：DR-1 と専用解析ソフトにより非侵襲的かつ簡便に涙液貯留量の評価が可能である。(日眼会誌 114 : 512—519, 2010)

キーワード：ドライアイ, 涙液貯留量, DR-1

Evaluation of Tear Meniscus Volume Using the DR-1 Tear Specular Scope

Yuri Sakane¹⁾, Masahiko Yamaguchi¹⁾, Atsushi Shiraishi¹⁾, Hisashi Kataoka²⁾ and Yuichi Ohashi¹⁾

¹⁾Department of Ophthalmology, Graduate School of Medical Science, Ehime University

²⁾TOMEY CORPORATION

Abstract

Purpose : To investigate whether images obtained using DR-1, a tear specular microscope, can be applied to the evaluation of tear meniscus volume.

Methods : Of 94 eyes of 47 subjects examined, 66 eyes of 33 subjects were diagnosed with definite, suspected or absence of dry eye using the 2006 diagnostic criteria. Tear meniscus height values found using DR-1 meniscus height (DRMH, mm), slit lamp meniscus height (SLMH, low/medium/high), and fluorescein meniscus height (FLMH, mm) were compared. The reproducibility, sensitivity and specificity of DRMH values with regard to dry eye diagnosis were investigated. Changes in DRMH after insertion of lacrimal plugs and during soft contact lens (SCL) wear were also examined.

Results : DRMH was significantly correlated with SLMH ($r=0.737$, Spearman rank correlation coefficient) and FLMH ($r=0.06$, Bland-Altman analysis).

DRMH values (mm) in the normal (0.29 ± 0.05), suspected dry eye (0.19 ± 0.07), and definitely dry eye groups (0.17 ± 0.06) were significantly different ($p < 0.001$), and showed good reproducibility. At a cut-off value of 0.22 mm, the sensitivity of dry eye diagnosis was 84.1% and specificity was 90.9% . DRMH increased significantly after insertion of lacrimal plugs ($p < 0.0001$) and decreased significantly during SCL use (before vs. 60 minutes after SCL insertion, $p < 0.05$, before vs. 120 minutes after insertion, $p < 0.001$).

Conclusion : DR-1 and specialized analysis software make simple and non-invasive evaluation of tear meniscus volume possible.

Nippon Ganka Gakkai Zasshi (J Jpn Ophthalmol Soc 114 : 512—519, 2010)

Key words : Dry eye, Tear meniscus, DR-1

別刷請求先 : 791-0295 東温市志津川 454 愛媛大学医学部眼科学教室 坂根 由梨 E-mail : sakane@mx81.tiki.ne.jp (平成 21 年 7 月 9 日受付, 平成 21 年 12 月 25 日改訂受理)

Reprint requests to : Sakane Yuri, M.D. Department of Ophthalmology, Ehime University School of Medicine, 454 Shitsukawa, Toon-shi, Ehime-ken 791-0295, Japan

(Received July 9, 2009 and accepted in revised form December 25, 2009)

I 緒 言

涙液は眼表面の光学的あるいは生理学的な恒常性の維持にきわめて重要な役割を果たしており、その分泌の減少や蒸発の亢進により、さまざまなドライアイ症状や角結膜上皮障害が発現する¹⁾。一方、眼表面の涙液の約 75～90% は、上眼瞼および下眼瞼が角結膜表面と接する部位に涙液メニスカスとして偏在しているため²⁾、涙液メニスカスの高さ (tear meniscus height : TMH) や曲率半径 (tear meniscus curvature : TMR) を測定することにより、眼表面の涙液貯留量を推定することが可能である。事実、これまで涙液メニスカスの定量に関しては、フルオレセイン染色後の涙液メニスカスを強拡大で撮影し TMH や TMR などのパラメーターで検討する方法³⁾、スリットランプの接眼レンズにスケールを装着する方法⁴⁾、涙液メニスカスをフルオレセインで染色して写真撮影を行った後に画像解析する方法⁵⁾、水平格子縞を涙液メニスカスの凹面に投影させて TMR を測定する方法⁶⁾⁷⁾、前眼部 optical coherence tomography (OCT) を用いて涙液メニスカスを描出し、TMH や TMR を測定する方法⁸⁾⁹⁾、干渉デバイスである Tearscope Plus を使っ

て涙液メニスカスを描出して TMH を測定する方法¹⁰⁾などが報告されており、ドライアイのスクリーニングに有用であることが証明されている。他方、測定時間の延長による眼刺激やフルオレセイン染色などは涙液メニスカスの測定精度に影響を与える可能性があるため、非侵襲的でかつ短時間に測定できるシステムの構築が望ましい。

DR-1 (興和, 図 1) は、涙液油層の干渉スペキュラー像のパターン解析をもとに、短時間でドライアイのスクリーニングが可能な診断機器である¹¹⁾。我々は、この DR-1 の撮影時に、焦点を角膜中央から下眼瞼縁付近に移動させると、下眼瞼縁と考えられる少し輝度の弱い反射像の上方に、1 本の明瞭な輝線 (図 2) が現れるのに気づいた。周囲との位置関係より、この輝線は涙液メニスカスからの反射光と推測され、輝線と下眼瞼縁反射像の上縁の距離が TMH に相当すると考えられる。そこで、この研究では DR-1 にて涙液メニスカスからの反射像を解析して涙液メニスカスの定量化を行い、フルオレセインを用いた従来の TMH 評価法と比較検討した。

II 対象と方法

1. インフォームド・コンセント

対象となる患者すべてに対して、この研究の目的と方法について十分に説明を行い、インフォームド・コンセントを得た。本研究で用いられた手順はヘルシンキ宣言の主義に従っている。

2. 対 象

対象は、TMH に影響を及ぼす変形を伴う眼瞼疾患や高度の結膜弛緩症を有さない 47 例 94 眼 (女性 32 例, 男性 15 例, 年齢 50.0 ± 21.1 歳 : 平均値 $\pm$ 標準偏差) で、このうちドライアイの有無について判定を行うことができたのは 33 例 66 眼 (女性 22 例 44 眼, 男性 11 例 22 眼, 平均年齢 46.4 ± 21.2 歳) であった。ドライアイの診断は、2006 年の日本ドライアイ研究会の診断基準¹²⁾に基づいて行った。



図 1 DR-1 (興和社製)。



図 2 同一眼における涙液メニスカスの観察像 (a : スリットランプ, b : フルオレセイン染色時, c : DR-1)。DR-1 で下眼瞼縁付近に焦点を合わせると、明瞭な輝線 (矢頭) が認められる。この輝線の下方に下眼瞼縁とみなされる少し輝度の弱い反射像 (矢印) が観察され、この反射像との位置関係から、輝線は涙液メニスカスからの反射光であると推測される。

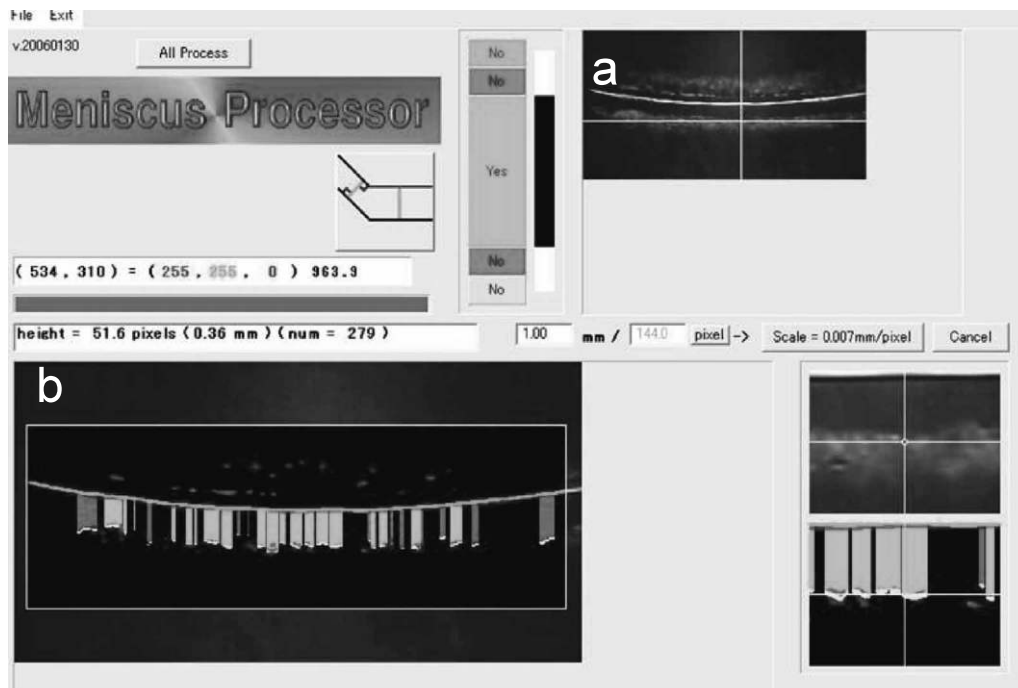


図 3 Meniscus Processor の解析画面.

a : DR-1 画像の涙液メニスカス部分の中央を切り出したところ. b : a の画像を拡大したもので, 明瞭な輝線と眼瞼縁の反射像の上縁の両方を自動認識し, その間の距離を計測し, 涙液メニスカスの高さ (TMH) を求める. 自動認識された部位は薄い灰色の矩形で表されるが, 明らかに高さが誤って認識されていると考えられる部位は手動で消去 (消去許容率は 50% 以下) することが可能で, 消去された箇所は濃い灰色の矩形で表され, 最終的に残った薄い灰色の矩形の平均高を DR-1 meniscus height (DRMH) とした.

3. 涙液メニスカスの測定

それぞれの症例において, 以下の手順に従って涙液の観察, 測定を行った. 最初に, フルオレセイン染色をしていない状態で, DR-1 を用いて倍率 36 倍で角膜中央部の涙液スペキュラー像を記録し, 続いて下眼瞼縁付近の像がモニターのほぼ中央に位置するようにし, 倍率 12 倍で明確な輝線が観察されるように焦点を合わせて撮影を行った. 次に, スリットランプを用い, TMH を低・中・高の 3 段階にグレード分類した (slit lamp meniscus height : SLMH). 次に, フローレス試験紙® (昭和薬品化工) を生理食塩水 1 滴 (約 50 μ l) で湿らせ, 涙液メニスカスを増加させないよう試験紙に付着している生理食塩水をよく振り切って落とした後, 試験紙を下眼瞼結膜中央部分にそっと接触させて染色し, 10~30 秒間のうちに IMAGENET® system (トプコン) を用い, 倍率 12 倍で下眼瞼縁付近の像がモニターのほぼ中央に位置した状態で撮影した. Adobe Photoshop 7.0® (Adobe systems Inc, CA, USA) を用いて, このデジタル画像中の染色された涙液メニスカスの中央部分の任意の 3 箇所を矩形として切り出し, その 3 箇所の高さを平均して涙液メニスカス高を算出した (fluorescein meniscus height : FLMH, mm).

4. DR-1 画像の解析

DR-1 画像は, Epson GT-9600 (セイコーエプソン) と

Adobe Photoshop®7.0 を用いて解像度 350 dpi でスキャンし, ビットマップファイルとして一時保存した後, DR-1 画像の TMH を測定するために開発されたソフト (Meniscus Processor, トーメーコーポレーション) を使用して, DR-1 を用いた TMH の測定を行った (DR-1 meniscus height : DRMH, mm). Meniscus Processor は Borland C++ Builder (Borland CO, CA, USA) を基盤にして作製され, DR-1 画像上の明瞭な輝線と, その下方の眼瞼縁反射像上縁を自動認識して, 両者間の距離を計測するソフトである. 自動認識された部位は薄い灰色の矩形で表され, 明らかに誤って自動認識された部位は手動で除外 (除外許容率は 50% 以下とした) することが可能であり, 除外された箇所は濃い灰色の矩形で表され, 最終的に残った薄い灰色の矩形の平均高を Meniscus Processor で計算して DRMH とし (図 3), 以下の検討を行った.

1) DRMH 測定の再現性の検討

SLMH で低, 中, 高と判定された症例をそれぞれ 3 眼ずつ選び, それぞれの DRMH を 2 名の検者が 5 分間隔で 3 回測定し, DRMH 測定法の再現性を検討した.

2) ドライアイ診断基準と DRMH の相関

2006 年ドライアイ診断基準に基づいて診断された, 正常群 (n=22, 女性 5 例 10 眼, 男性 6 例 12 眼, 平均年齢 31.4 ± 16.8 歳), ドライアイ疑い群 (n=16, 女性 7

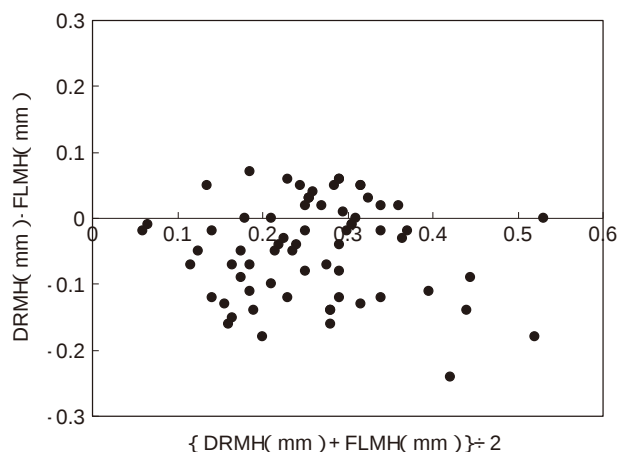


図 4 FLMH と DRMH の Bland-Altman plot.
両者には相関関係が認められた($r=0.06$, $p=0.6159$).
FLMH: fluorescein meniscus height.

例 11 眼, 男性 3 例 5 眼, 平均年齢 48.6 ± 21.7 歳), ドライアイ確定群 ($n=28$, 女性 13 例 23 眼, 男性 3 例 5 眼, 平均年齢 56.9 ± 17.5 歳) の DRMH を比較した。

また, DRMH の cut-off 値を receiver operating characteristic curve (ROC 曲線) による分析から 0.22 mm として算出し, ドライアイ疑いおよび確定例に対する感度と特異度を求めた。

3) 涙点プラグ挿入前後の DRMH の変化

上下涙点に涙点プラグを挿入した Sjögren 症候群 5 例 10 眼 (平均年齢 56.0 ± 6.0 歳) に対し, 涙点プラグ挿入前後の DRMH を比較した。

4) ソフトコンタクトレンズ装用時の DRMH の経時的変化

研究の目的について説明し同意を得た正常ボランティア 7 例 7 眼 (平均年齢 29.6 ± 8.3 歳) に対し, 1 日使い捨てソフトコンタクトレンズ (ワンデーアキュビュー®, ジョンソンエンドジョンソン) の装用前と装用 10 分後, 60 分後, 120 分後の DRMH の経時的変化をみた。

5. 統計解析

DRMH 測定法の再現性は, 級内相関係数を用いて検討した。SLMH と DRMH の相関は Spearman の順位相関係数にて検定し, DRMH と FLMH の相関は Bland-Altman 解析で検討した。正常群, ドライアイ疑い群, ドライアイ群の各群間の DRMH の差, およびソフトコンタクトレンズ装用時の DRMH の変化は, Tukey-Kramer 法にて検定した。DRMH の感度と特異度は, ROC 曲線を用いて解析した。涙点プラグ挿入前後の DRMH の比較は, Student-t 検定にて検討した。

III 結 果

1. DRMH 測定の再現性

SLMH で低, 中, 高と判定されたそれぞれ 3 眼ずつの DRMH を 2 名の検者が 5 分間隔で 3 回測定し, 再現

表 1 各群の平均 DR-1 meniscus height

group	正常 ($n=22$)	ドライアイ疑い ($n=16$)	ドライアイ確定 ($n=28$)
DRMH (mm)	0.29 ± 0.05	$0.19 \pm 0.07^*$	$0.17 \pm 0.06^*$

平均値 $\pm$ 標準偏差。DRMH: DR 1 meniscus height. *: $p < 0.001$ (vs 正常, Tukey-Kramer 法)。

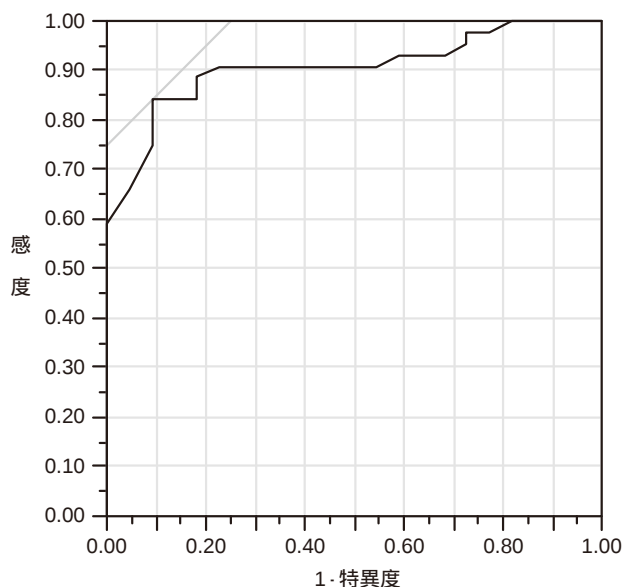


図 5 ドライアイ疑いおよび確定群をドライアイ陽性とし, cut-off 値を 0.22 mm と設定した場合の receiver operating characteristic 曲線。
感度は 84.1% , 特異度は 90.9% であった。

性を評価した。それぞれの平均 DRMH (mm) は SLMH の低で 0.13 , 中で 0.27 , 高で 0.40 であり, 再現性の指標である級内相関係数は, SLMH の低で 0.92 , 中で 0.98 , 高で 0.83 であった。

2. DRMH と他の TMH 測定法との相関

SLMH の低, 中, 高それぞれの平均 DRMH (mm) は, 低が 0.18 ± 0.07 , 中が 0.28 ± 0.06 , 高が 0.44 ± 0.13 で, SLMH と DRMH の間に有意な相関が認められた ($r=0.737$)。また, FLMH と DRMH の関係は Bland-Altman 解析 (図 4) の結果, DRMH 値 - FLMH 値のマイナス方向への散らばりがプラス方向への散らばりよりも大きく, FLMH が DRMH よりも大きくなる傾向が認められた ($p=0.00001$, Paired t-test)。また, 相関分析にて $r=0.06$ と両者に比例誤差はなく, 測定値が大きくなるほど FLMH が大きくなる傾向はみられたが, 回帰分析にて $p=0.6159$ と有意差がないことから, 両者には相関が認められた。

3. ドライアイ診断基準と DRMH

各群の平均 DRMH (mm) は, 正常群 0.29 ± 0.05 , ドライアイ疑い群 0.19 ± 0.07 , ドライアイ群 0.17 ± 0.06 であり, 正常群とドライアイ疑い群, 正常群とドライアイ

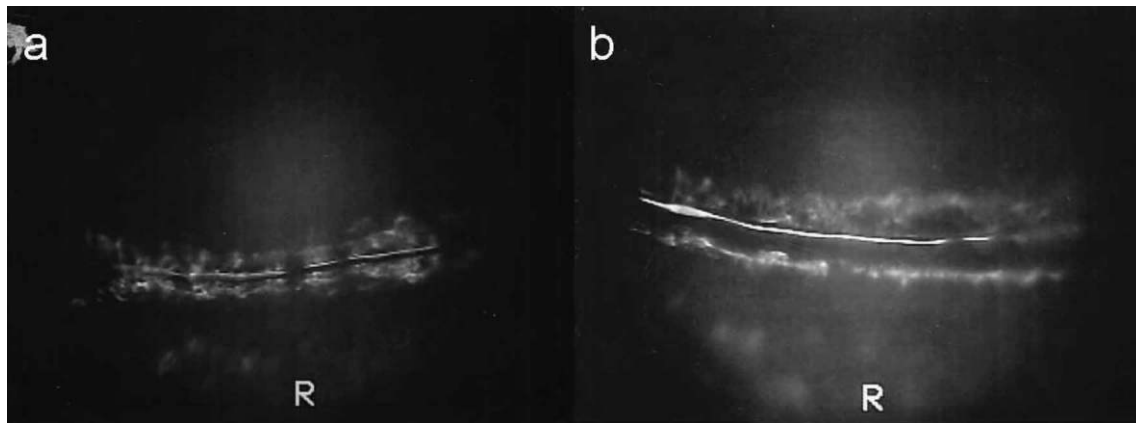


図 6 60 歳女性, Sjögren 症候群の右眼.

a: 涙点プラグ挿入前の DRMH は 0.11 mm であったが, b: 上下涙点プラグ挿入を施行した 1 週後の DRMH は 0.40 mm に増加した.

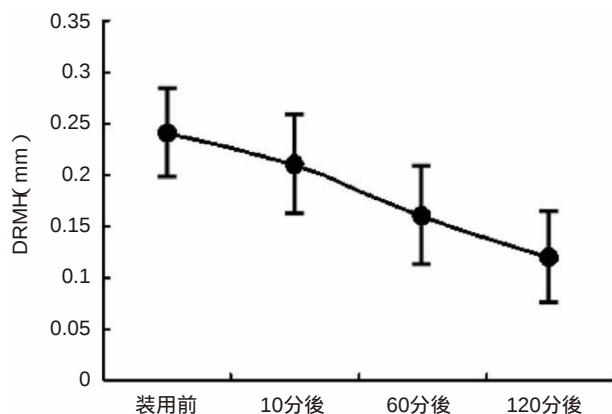


図 7 ソフトコンタクトレンズ(SCL)装用時の DRMH の経時的変化.

1 日使い捨て SCL 装用前の平均 DRMH(mm)は 0.24 ± 0.04 であったが, 装用 10 分後には 0.21 ± 0.05 , 60 分後には 0.16 ± 0.05 , 120 分後には 0.12 ± 0.04 に減少した. 装用前に比して 60 分後, 120 分後において有意な減少(それぞれ, $p < 0.05$, $p < 0.001$)を認めたが, 60 分後と 120 分後の間では有意差を認めなかった.

イ群の間に有意差が認められた(ともに $p < 0.001$, 表 1). また, ドライアイ疑いおよび確定例をドライアイ陽性とし, ROC 曲線による分析から cut-off 値を 0.22 mm と設定した場合, 感度は 84.1%, 特異度は 90.9% であった(図 5).

4. 涙点プラグ挿入前後の DRMH の変化

涙点プラグ挿入前の平均 DRMH は 0.13 ± 0.04 mm であったが, 上下涙点プラグ挿入後の平均 DRMH は 0.38 ± 0.06 mm と有意に増加した($p < 0.0001$). 代表例として Sjögren 症候群を有する 60 歳女性の右眼を示す(図 6).

5. ソフトコンタクトレンズ装用時の DRMH の経時的変化

高含水の SCL 装用眼の平均 DRMH(mm)は, 装用前

0.24 ± 0.04 , 10 分後 0.21 ± 0.05 , 60 分後 0.16 ± 0.05 , 120 分後 0.12 ± 0.04 と, 装用時間の延長に伴い減少した(図 7). 装用前に比して 60 分後, 120 分後において有意な減少(それぞれ, $p < 0.05$, $p < 0.001$)を認めたが, 60 分後と 120 分後の間では有意差を認めなかった.

IV 考 按

これまで涙液メニスカスに関しては, さまざまな方法により定量が試みられ^{3)~10)}, いずれも再現性の高い優れた定量法とは考えられているが, 現在日常臨床におけるドライアイのスクリーニングには広く用いられてはおらず, また診断基準にも採りあげられるに至っていない.

DR-1 は非侵襲的に涙液油層の干渉スペキュラー像を撮影できる診断機器であるが, DR-1 で涙液スペキュラー像を撮影している際, 下眼瞼縁付近に焦点を合わせると, 1 本の明瞭な輝線が描出される. この輝線は DR-1 から発せられた光線が, 涙液メニスカスの最底部に垂直に投射されたときに生じる反射線と推測される. 事実, DR-1 の前に凹面鏡を置いて撮影すると, DR-1 の対物レンズの光軸と凹面鏡の光軸とが一致したとき, すなわち, 凹面鏡の最底部に DR-1 の光線が垂直に投射されたときに明瞭な像が得られるが, おそらく, 涙液メニスカスにおいても同様の現象が起こっていると解釈できる. 輝線の下方にはやや不明瞭な反射像が認められ, これは下眼瞼縁が比較的不整な凸面であるため, 涙液メニスカス最底部からの反射線のように明瞭には観察されないが, この反射像の上縁側を下眼瞼縁とし, 両者間の色の暗い領域を DR-1 涙液メニスカスと定義した. また, 輝線の少し上方に輝度の低い不連続な反射線を認めることがあるが, これは涙液メニスカスが角膜表面と接触する部分が表面張力により凸面を形成しているために認められる反射線であり, 凸面からの像であるため不明瞭で認められない例が少なからず存在する(図 8). また認めら

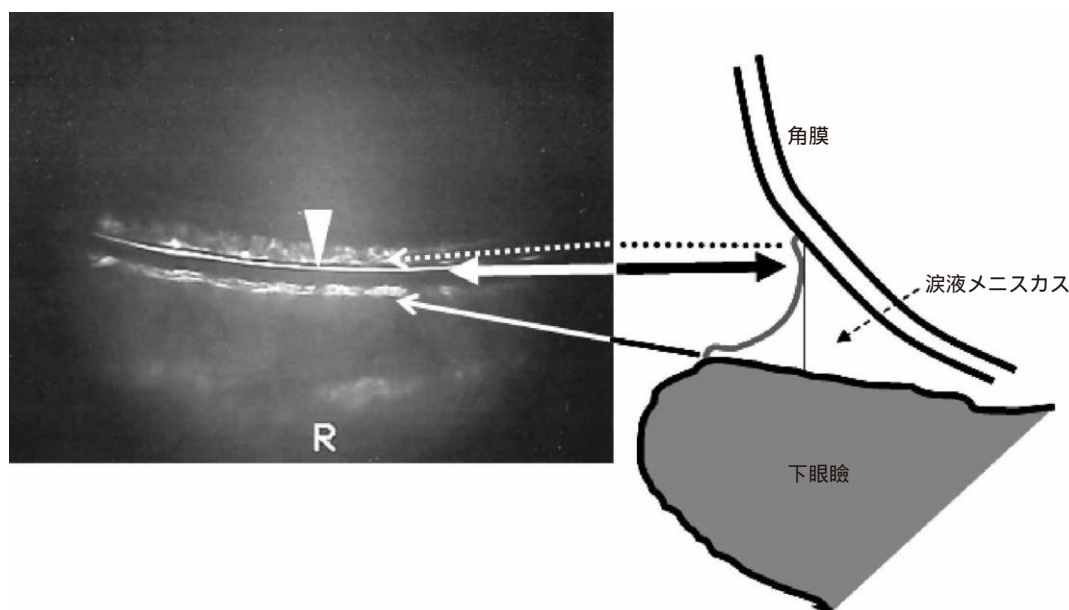


図 8 DR-1 画像と涙液メニスカス図.

輝線(矢頭)は、涙液メニスカスの最底部に DR-1 から発せられた光線が垂直に投射されたときに生じる反射線と考えられる(太矢印). 明瞭な輝線の下方には少し不明瞭な下眼瞼縁からの反射像が認められる(細矢印). 明瞭な輝線の上方に、輝度の弱い不連続な反射光を認める例もあるが、この線は涙液メニスカスが角膜表面と実際に接している部分が涙液の表面張力で凸面を形成しているために生じている(点矢印).

表 2 他文献との tear meniscus height 測定法の比較

	正常		ドライアイ		測定原理
	平均年齢(歳)	TMH(mm)	平均年齢(歳)	TMH(mm)	
Mainstone JC ⁽³⁾	64.4±11.1	0.46±0.173	65.1±13.4	0.24±0.089	涙液メニスカス写真を画像解析
Kawai M ⁽⁵⁾		0.24±0.08		0.17±0.07	フルオレセイン染色写真を画像解析
Oguz H ⁽⁷⁾			60±14.4	0.19±0.09 ^{*1} 0.21±0.14 ^{*2} 0.24±0.09 ^{*3}	スリットランプにスケールを装着
Savini G ⁽⁸⁾	36.8±10.9	0.25±0.08	51.2±16.4	0.13±0.07	前眼部 optical coherence tomography(OCT)を使用
Wang J ⁽⁹⁾	40.5±14.1	0.268±0.068			前眼部 optical coherence tomography(OCT)を使用
Uchida A ⁽¹⁰⁾		0.22±0.065	60±14.4	0.13±0.042	Tearscope Plus を使用
今回の結果	31.4±16.8	0.29±0.05	56.9±17.5	0.17±0.06	涙液スペキュラースコープ DR-1 を使用

平均値±標準偏差. TMH: tear meniscus height. ^{*1}: measured without fluorescein using a slit lamp, ^{*2}: measured after 5 minutes with fluorescein using a slit lamp, ^{*3}: measured on cross-sectional photographs of the fluorescein-stained meniscus.

れる場合でも、この不明瞭な反射線は涙液メニスカス最底部からの明瞭な輝線よりもわずかに上方に観察されるだけであり、今回の DR-1 における定量では、全例で観察される明瞭な反射線を採用することにした。

過去にも、正常眼とドライアイ眼を対象に TMH が測定されているが^{(3)(5)(7)~(10)}(表 2)、我々と諸家の報告を比較すると、正常眼では Mainstone らよりも低い他は他の報告よりもやや高めであり、ドライアイ眼では Mainstone らよりも低く、Kawai ら、Oguz らとは同等で、他の報告よりもやや高めに計測される。このような差が出る原因としては、測定方法、対象年齢、ドライアイの程度の違いなどが考えられるが、Mainstone らの TMH

が全般的に高い理由として、彼らがフルオレセイン染色後に測定している点が挙げられよう。実際、我々の検討でも、全症例の平均 FLMH は平均 DRMH よりも高く、フルオレセイン点眼は涙液貯留量を増加させ、TMH の測定に影響を与えているものと考えられる。また、先述のように DRMH が涙液メニスカス最底部からの反射線を利用して測定していることから、DRMH は実際の解剖学的な涙液メニスカスの高さとは厳密的な意味で異なる。したがって DRMH 値は従来の TMH 定量値より低くなることも予想されたが、結果として従来の TMH 定量値とほとんど差はなかった。この理由として、DRMH 定量で用いられた涙液メニスカス最底部からの

明瞭な輝線と角膜との接線から得られるその上方の不明瞭な反射線とはほとんど接近していること、また今回の Meniscus Processor による解析では涙液メニスカスを 1 箇所のみではなく幅広く測定して平均化していること、などが考えられる。

我々と類似した方法として、干渉デバイスである Tearscope Plus を用いて TMH の定量を行っている報告がある¹⁰⁾。この方法では、スリットランプの対物レンズと被検者の間に検者が Tearscope Plus を保持しながら測定することになるが、我々の方法と同様に非侵襲的に TMH の測定が行える利点がある。Tearscope 法では正常群の平均 TMH は 0.22 mm、ドライアイ群(すべて Sjögren 症候群)では 0.13 mm で、DRMH の方が 0.04 ~ 0.07 mm 高かった。両法とも 12 倍拡大して記録している点は同様であるが、Tearscope 法では下眼瞼中央部の 1 箇所で TMH を測定しているのに対し、DRMH では Meniscus Processor を用いて涙液メニスカスを広範囲にわたってスキャンしている違いがあり、両者の値に差が生じるのではないかと推察される。

DR-1 は、被検者にまぶしさを与えずに非接触にて施行することが可能で、測定時間も 5 秒以内で終了するため、涙液メニスカスの涙液貯留量を評価するには理想的な方法であると考えられる。DR-1 という機器は必要とするが、検者は数回の訓練を行うだけで、その後すぐに実際の検査に携わることができ、被検者、検者ともにストレスなく検査を実施できる。また、種々の高さの涙液メニスカスに対する測定の再現性も良好であった他、SLMH, FLMH との間に強い相関が認められた。さらに、正常例と比較して、ドライアイ疑いおよびドライアイ確定例の DRMH は有意に低いことから、DRMH は涙液貯留量の評価法として、さらにドライアイのスクリーニング法として、有用な方法であるといえる。

DR-1 はもともと、涙液スペキュラー像の干渉パターンを観察することによってドライアイをスクリーニングする装置で、干渉パターンの grade と各種涙液検査や角結膜上皮障害スコアとはよく相関する¹¹⁾ことが報告されている。実際、DR-1 の干渉パターンの grade でドライアイをスクリーニングする場合、grade 4 ではドライアイの疑いあり、grade 3 ではグレイゾーンと判断しているが、今回の我々の結果でも各 grade のドライアイ疑いおよび確定を含めたドライアイスクリーニング率は、grade 4 では 75.0% と比較的高く、grade 3 では 53.6% と干渉パターンだけでは診断のつかない症例が約半数の割合でみられた。一方、DRMH では cut-off 値を 0.22 mm とした場合、感度は 84.1%、特異度は 90.9% で、干渉パターンによるスクリーニング率よりもやや高くなった。今回観察された干渉パターンの grade が 3 と 4 のみと偏りがあるため、今後はさらに症例を増やして検討する必要があるが、DR-1 の干渉パターンに

DRMH を加味することにより、DR-1 によるドライアイのスクリーニング率が向上する可能性があると考えられる。なお、涙液スペキュラー像の干渉パターンを観察する際の DR-1 の光量は、可能な限り絞っており、まぶしさなどを訴える例は皆無であったが、さらに非侵襲的に DRMH を測定する場合、干渉パターンの観察よりも先に DRMH の測定を行うのが望ましいと考えられた。

DRMH は、また、ドライアイのスクリーニング以外にも応用が可能である。例えば、上下涙点プラグ挿入後の涙点閉鎖の効果判定に利用できること、1 日使い捨ての高含水 SCL 装用眼における DRMH の変動にみられるように、種々の SCL 装用時の涙液動態の評価に応用できる可能性があることなどが挙げられる。

以上示してきたように、DR-1 を用いて涙液貯留量を評価することが可能であり、DRMH をドライアイのスクリーニングに利用できることが示された。今後 Meniscus Processor を搭載し、DRMH が自動的に計測できるようになれば、より多面的な角度から DR-1 によるドライアイ診断を行うことができると思われる。

本研究において、DR-1 の光学的メカニズムに関するご助言をいただいた鈴木孝佳氏(株式会社興和)に対し、心から感謝申し上げます。

文 献

- 1) **Lemp MA** : Report of National Eye Institute/Industry workshop on clinical trials in dry eyes. CLAO J 21 : 221—232, 1995.
- 2) **Holly FJ** : Physical chemistry of the normal and disordered tear film. Trans Ophthalmol Soc UK 104 : 374—380, 1985.
- 3) **Mainstone JC, Bruce AS, Golding TR** : Tear meniscus measurement in the diagnosis dry eye. Curr Eye Res 15 : 653—661, 1996.
- 4) **Horimoto K, Hamano T** : Differences in tear meniscus height with age. Folia Ophthalmol Jpn 46 : 687—689, 1995.
- 5) **Kawai M, Yamada M, Kawashima M, Inoue M, Goto E, Tsubota K, et al** : Quantitative evaluation of tear meniscus height from fluorescein photographs. Cornea 26 : 403—406, 2007.
- 6) **Yokoi N, Bron AJ, Tiffany J, Brown N, Hsuan J, Fowler C** : Reflective meniscometry : a non-invasive method to measure tear meniscus curvature. Br J Ophthalmol 83 : 92—97, 1999.
- 7) **Oguz H, Yokoi N, Kinoshita S** : The height and radius of the tear meniscus and methods for examining these parameters. Cornea 19 : 497—500, 2000.
- 8) **Savini G, Barboni P, Zanini M** : Tear meniscus evaluation by optical coherence tomography. Ophthalmic Surg Lasers Imaging 37 : 112—118, 2006.

- 9) **Wang J, Aquavella J, Palakuru J, Chung S, Feng C** : Relationships between central tear film thickness and tear menisci of the upper and lower eyelids. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 47 : 4349—4355, 2006.
 - 10) **Uchida A, Uchino M, Goto E, Hosaka E, Kasuya Y, Tsubota K**, et al : Noninvasive interference tear meniscometry in dry eye patients with Sjögren syndrome. *Am J Ophthalmol* 144 : 232—237, 2007.
 - 11) **Yokoi N, Takehisa Y, Kinoshita S** : Correlation of tear lipid layer interference patterns with the diagnosis and severity of dry eye. *Am J Ophthalmol* 122 : 818—824, 1996.
 - 12) 島崎 潤 : 2006 年ドライアイ診断基準. *あたらしい眼科* 24 : 181—184, 2007.
-