

## 視力や近見反射に対する眼周囲乾熱と湿熱の効果の比較

高橋 洋子<sup>1)</sup>, 井垣 通人<sup>2)</sup>, 阪本 一朗<sup>2)</sup>, 鈴木 敦<sup>2)</sup>  
高橋現一郎<sup>3)</sup>, 村戸ドール<sup>4)</sup>, 坪田 一男<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>同志社大学アンチエイジングリサーチセンター

<sup>2)</sup>花王株式会社パーソナルヘルスケア研究所第2研究室

<sup>3)</sup>東京慈恵会医科大学附属青戸病院眼科

<sup>4)</sup>慶應義塾大学医学部眼科学教室

### 要 約

**目 的**：10 分間の閉瞼と眼周囲乾熱および蒸気量の異なる 4 種の湿熱における近見反射と涙液への効果の違いについて検討した。

**対象と方法**：健常ボランティア 10 例 10 眼を対象に、湿熱アイスチーマー(蒸気量 200 mg/10 min)と閉瞼の条件下で(実験 1)、さらに健常ボランティア 5 例 5 眼を対象に、乾熱シート(蒸気量 0 mg/10 min)と湿熱シート(蒸気量：20, 35, 160, 200 mg/10 min)の条件下で(実験 2)、visual display terminal (VDT) 作業前後と適用後に、自覚的調節力、瞳孔反射、輻輳反応、近方視力、breakup time (BUT) 測定を行った。

**結 果**：湿熱アイスチーマーでは、自覚的調節力が適用前に比して適用後 ( $p < 0.01$ ) で、VDT 作業後に比して適

用後 ( $p < 0.05$ ) で有意に改善していた。近方視力も VDT 作業後に比して適用後で有意に改善していた ( $p < 0.05$ )。一方、閉瞼による近見反射の有意な改善はみられなかった。湿熱シートでは、蒸気量が増えるに従い、自覚的調節力 ( $p < 0.05$ ) および近方視力 ( $p < 0.05$ ) が有意に改善していた。

**結 論**：蒸気で眼周囲を温めると自覚的調節力、近方視力に影響を与えることが確認され、その効果は水蒸気量に依存して大きくなっていた。(日眼会誌 114 : 444—453, 2010)

**キーワード**：温熱療法(温罨法)、調節力、瞳孔、眼精疲労、老視

## Comparison of Effects of Periocular Region Dry and Wet Warming on Visual Acuity and Near Reflex

Yoko Takahashi<sup>1)</sup>, Michihito Igaki<sup>2)</sup>, Ichirou Sakamoto<sup>2)</sup>, Atsushi Suzuki<sup>2)</sup>  
Genichiro Takahashi<sup>3)</sup>, Murat Dogru<sup>4)</sup> and Kazuo Tsubota<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>Doshisha University Anti-Aging Medical Research Center

<sup>2)</sup>KAO Corporation Personal Health Care Research 2<sup>nd</sup> Labs

<sup>3)</sup>Department of Ophthalmology, Jikei University, Aoto Hospital

<sup>4)</sup>Department of Ophthalmology, Keio University, School of Medicine

### Abstract

**Purpose** : To investigate the influence of warming the periocular region for 10 minutes after visual display terminal (VDT) work on the near reflex, and the differences in influence between lid closure, dry and wet warming, and the amounts of water vapor.

**Subjects and methods** : Subjects in the first trial were 10 healthy volunteers (10 eyes). Following VDT, subjects wore either a warming eye steamer (water vapor : 200 mg/10 min) or an eye mask with their eyelids closed for 10 minutes. Subjects in the second trial were 5 healthy volunteers (5 eyes). Following

VDT, subjects applied either a dry-warming sheet (water vapor : 0 mg/10 min) or a wet-warming sheet (water vapor : 20, 35, 160 and 200 mg/10 min) to their eyelids and the periocular region for 10 minutes.

In both experiments, subjective amplitude of accommodation, pupillary reaction, convergence reaction, near vision, and breakup time were measured before and immediately after VDT work and after 2 experimental settings.

**Results** : The warming eye steamer significantly

別刷請求先：125-8506 東京都葛飾区青戸 6-41-2 東京慈恵会医科大学附属青戸病院眼科 高橋現一郎

(平成 21 年 4 月 23 日受付, 平成 21 年 11 月 4 日改訂受理) E-mail : gtakahashi@jikei.ac.jp

Reprint requests to : Genichiro Takahashi, M. D. Department of Ophthalmology, Jikei University, Aoto Hospital, 6-41-2 Aoto, Katsushika-ku, Tokyo 125-8506, Japan

(Received April 23, 2009 and accepted in revised form November 4, 2009)

improved amplitude of accommodation ( $p < 0.05$ ), and near vision ( $p < 0.05$ ). Warming the periocular region with water vapor improved subjective amplitude of accommodation, and near vision, the effect of which depended on the amount of water vapor ( $p < 0.05$ ).

**Conclusions** : Warming the periocular region with water vapor improved subjective amplitude of ac-

commodation, near vision and the effect depended on the amount of water vapor.

Nippon Ganka Gakkai Zasshi (J Jpn Ophthalmol Soc 114 : 444—453, 2010)

**Key words** : Hot puck, Accommodation, Pupil, Eye-strain, Presbyopia

## I 緒 言

現代人をとりまく生活環境は、情報技術に伴う OA (office automation) 機器からは切っても切れないものになりつつある。あらゆる業種において OA 作業が一般化し、また仕事以外でも携帯画面やゲーム機の多用などに起因する近方作業増加や眼精疲労に伴う調節力障害が問題になっている。

厚生労働省の VDT (visual display terminal) 作業指針 (<http://www.mhlw.go.jp/houdou/2002/04/h0405-4.html>) によれば、VDT 一連続作業時間が 1 時間を超えないようにし、連続作業と連続作業間に 10~15 分間の休息を行い連続作業中に 1~2 回の小休止を設けることを推奨しているが、業務現場で現実的に取り入れるのはなかなか難しい場合もある。そのため、効率的に短時間で近方視機能改善を望める休息方法の存在は有用であると考えられる。

以前我々は、眼周囲湿熱により自覚的調節力と近方視力が改善することを報告したが<sup>1)</sup>、今回は、湿熱と閉瞼、乾熱と湿熱、蒸気量の違いが、瞳孔反射や輻輳反応などを加えた近見反射<sup>2)</sup>や涙液に与える影響について比較検討した。

## II 対象および方法

### 1. 対 象

近見反射と蒸気湿熱および閉瞼の検討(実験 1)では、健常ボランティア男性 7 例、女性 3 例の 10 例 10 眼(年齢 30~43 歳、平均年齢  $35.6 \pm 4.6$  歳)、近見反射と乾熱および湿熱、蒸気発生量の検討(実験 2)は、健常ボランティア男性 5 例 5 眼(年齢 37~43 歳、平均年齢  $41.0 \pm 2.2$  歳)を対象とした。今回は、全例右眼のみを検討対象とした。また、全例矯正視力 1.0 以上であった。

本臨床実験は、マリーシアガーデンクリニック(新宿、東京)で行ったが、実験に先立ち開催された倫理委員会において、実験の内容・方法について十分に検討され同委員会の承認を得た。これらの実験内容・方法は、ヘルシンキ宣言に示された倫理規定に沿ったものである。

被験者には、実験の内容を十分に説明したのちに自由意志にて参加の同意を文書にて取得し、文書は保存した。また、対象は番号にて特定し、個人情報外部に漏

れることのないように十分に注意を払うこと、結果については統計処理を行い、公表することについて同意を得た。

### 2. 方 法

以前から我々が検討に用いている湿熱アイスチーマー(10 分間までの蒸気発生量: 200 mg)は、眼および眼周囲に蒸気湿熱を付与させるために工夫された眼専用のデバイスで、中央の膨らみに鉄粉を主体とした化学物質が内包されているものである。大気中の酸素に触れると鉄粉の酸化反応( $\text{Fe} + 3/4 \text{O}_2 + 3/2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 + 402 \text{ kcal/mol}$ )が起こり発熱し、透湿性のあるシート面から水蒸気が発生する。反応約 5 分後にはシート表面温度が  $45^\circ\text{C}$  に到達し、その後約 5 分間一定温度を維持する。水蒸気発生量は鉄粉の酸化反応とともに徐々に増加し、片眼で 10 分後までで約 200 mg の水蒸気が発生する。

今回の検討では、上記の湿熱アイスチーマー以外に鉄粉、活性炭などを付着させた発熱抄紙を発熱基材としたシートも作製した。皮膚接触面は透湿性シート、もう片面には通気シートで覆い、湿熱アイスチーマー(片眼の発熱部面積:  $21.7 \text{ cm}^2$ )よりも発熱面積を 1.2 倍( $26.5 \text{ cm}^2$ )とした眼専用蒸気湿熱シート(以下湿熱シート)である。発熱基材への水分添加量調整とシートの透湿度を調整することにより以下の 4 種類の蒸気発生量の異なる湿熱シートを作製した。

湿熱シート A: 10 分間までの蒸気発生量が湿熱アイスチーマーの約 1/10 で 18 mg

湿熱シート B: 10 分間までの蒸気発生量が湿熱アイスチーマーの約 1/6 で 35 mg

湿熱シート C: 10 分間までの蒸気発生量が湿熱アイスチーマーの約 3/4 で 161 mg

湿熱シート D: 10 分間までの蒸気発生量が湿熱アイスチーマーとほぼ同等の 206 mg

ただし、上記の如く発熱面積がいずれも 1.2 倍となっている。さらに、皮膚接触面には水蒸気を通さない非透湿性シートを、もう片面には通気シートで覆ったものを乾熱シート(10 分間までの蒸気発生量: 0 mg)として使用した。以上、湿熱アイスチーマー、湿熱シート A, B, C, D, 乾熱シートを本実験に用いた。

#### 1) 予備実験

本実験を行うに先立ち、以下の予備実験を行った。

(1) 今回の実験に使用する湿熱シートのうち、蒸気発生量が10分間で約35 mgである湿熱シートBと蒸気発生量は約200 mgの湿熱アイスチーマーおよび水蒸気が発生しない乾熱シートの3条件で、赤外サーモグラフィ撮影図と温度ヒストグラムを測定した。赤外サーモグラフィは Thermo Tracer TH 5100 (NEC 三栄株式会社, 東京)を用い、それぞれの条件で10分間装着した着脱直後の顔面の温度分布を撮影し、左眼および眼周囲部分の面積(約26,000 ピクセル)についての最高、最低および平均温度と該当部位の温度ヒストグラムを計測した。

(2) 湿熱シートBおよび湿熱シートDと湿熱アイスチーマーの3サンプルの表面温度と蒸気発生量を測定した。

密閉された容積4,200 mlのチャンバー(温度:28~30℃, 相対湿度:1.0%以下, 乾燥空気流量:2,100 ml/min)内に測定サンプルを設置し、温度センサー(测温抵抗体 R060-38, Chino Corporation 社, 東京)をサンプルの眼に当接される部位に設定し、サンプル表面温度を経時的に測定した。また、サンプルの蒸気発生量は次式より求めた。

蒸気発生量 = 空気流量 × (チャンバー流出口の湿度 - チャンバー流入口の湿度)

ただし、チャンバー流入口の湿度/チャンバー流出口の湿度 = 飽和蒸気量 × 相対湿度とし、湿度は静電容量式湿度計(THT-RV1 ROTRONIC AG 社, 東京)を用いて経時的に測定した。

## 2) 本実験

### (1) 近見反射と蒸気湿熱試験(実験1)

数値入力と表計算作業、文章グラフ作成などのVDT作業を途中休憩なしに2時間行い、VDT作業前(適用前)およびVDT作業後、アイマスクを装着し10分間閉眼後(閉眼群)または10分間湿熱アイスチーマー適用後(湿熱群)に以下の項目、①自覚的調節力、②瞳孔反射、③輻輳反応、④近方視力、⑤涙液層破壊時間(breakup time, 以下BUT)を測定した。

### (2) 近見反射と乾熱および湿熱、蒸気発生量試験(実験2)

VDT作業(数値入力と表計算作業、文章グラフ作成作業を途中1時間休憩あり)を6時間行い、適用前および10分間眼周囲に乾熱シート、湿熱シートA、湿熱シートB、湿熱シートC、湿熱シートDの5条件でシートを装着した適用後に実験1と同様、①~⑤の項目を測定した。

オートレフラクトメーター(ニデック社, 静岡)を用い他覚的屈折値を参考に最良視力を得る屈折度数を決定した。また、その屈折度数に該当する眼鏡を装着させて自覚的調節力測定や近方視力測定を行った。

自覚的調節力はKOWA-NP(興和株式会社, 東京)を用い片眼ずつ10回の測定結果の平均を求めた。測定は

近方から遠方へランドルト環が遠ざかっていく際に、視標が明確に確認できた点までの距離を計測した。

瞳孔反射および輻輳反応測定は、Tri-IRIS C 3000(浜松ホトニクス社, 静岡)を用いて連続3回の近方視に伴う測定を行い、そのときの瞳孔径の変動量と輻輳幅を計測算出した。

近方視力は、中村氏ひらかな万国式近点検査表(半田屋商店, 東京)を用いて、眼前30 cmの距離で両眼で測定した。

BUT測定は、フルオセイン点眼後に同一の検者が細隙灯顕微鏡下で、秒数をカウントして行った。

実験1では10名の被検者をグループ1:(初日:蒸気湿熱条件にて試験, 2日目:閉眼条件にて試験)とグループ2:(初日:閉眼条件にて試験, 2日目:蒸気湿熱条件にて試験)に無作為に分けて、検査の順番が結果に影響しないように配慮した。

実験2では、測定時間は夕方4時から6時とし、無作為に蒸気発生量206 mg, 蒸気発生量0 mg, 蒸気発生量35 mg, 蒸気発生量18 mg, 蒸気発生量161 mgでの検査を2か月以内に終了する日程で行った。

なお、検査を担当した5名のうち1名は研究の立案にも携わったが、他の4名は被検者の条件などをマスクされた状態で検査を行った。

統計学的検定は、エクセル統計(柳井久恵:オーエムエス出版, 2001)アドインソフトStatcelを用いて、Wilcoxonの符号付順位検定によって行い、 $p < 0.05$ を有意水準とした。また、散布図の回帰分析は、直線回帰を求め、 $p < 0.05$ を有意水準とした。

## III 結 果

### 1. 予備実験

#### 1) 乾熱および湿熱の赤外サーモグラフィとヒストグラム

図1に乾熱シートと湿熱シートB、湿熱アイスチーマーの10分間装着直後の赤外サーモグラフィ撮影写真とそれぞれの左眼の温度ヒストグラムを示した。乾熱シートによる像では、シートが接触していた部位のみの局所的な顔面表面温度の上昇が認められたのに対し、水蒸気を介して温める残り2種では顔全体も温められていた。また、湿熱アイスチーマーによるものでは、湿熱シートBよりもやや湿熱面積が小さいため、眼周囲の温度上昇部分がより狭かった。それぞれのヒストグラムでは、乾熱シートと湿熱シートBの温度上昇の程度は同等であったが、湿熱アイスチーマーは、温度上昇のばらつきが大きく、温度上昇が均一ではなかった。

本検討の3サンプルでは、最も眼周囲が広範囲に均一に温められていたのは、湿熱シートBであった。

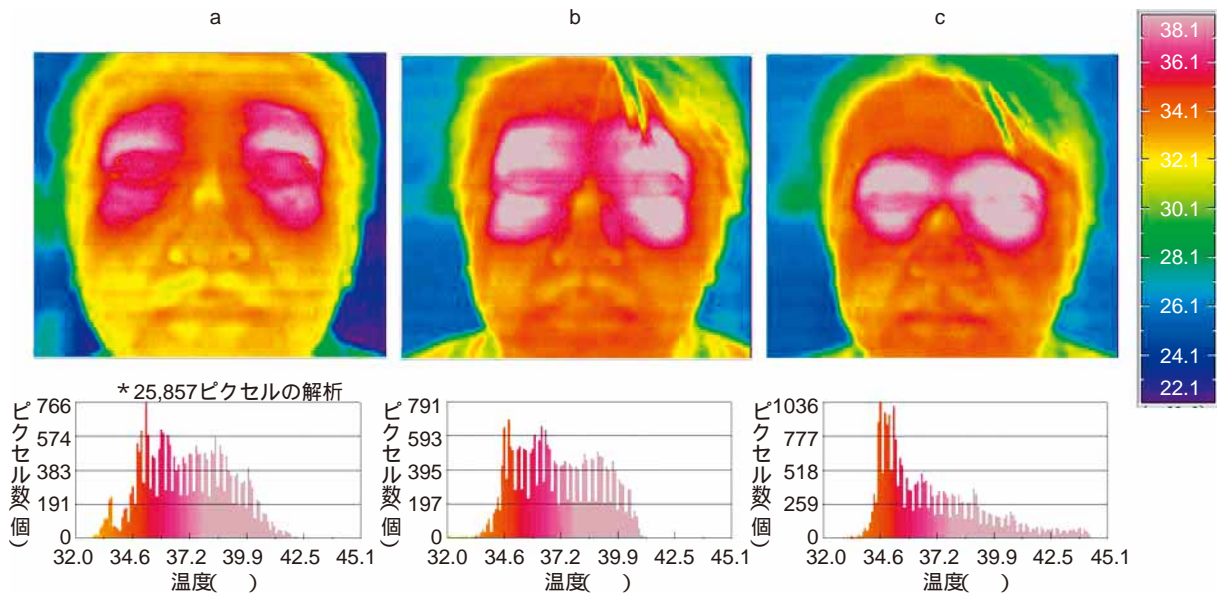


図 1 乾熱および湿熱の顔面赤外サーモグラフィ写真と温度ヒストグラム。

- a : 乾熱シート(蒸気発生量 0 mg). 最高温度 : 42.5°C, 最低温度 : 32.6°C, 平均温度 : 37.2°C.
- b : 湿熱シート B(10 分間蒸気発生量約 35 mg). 最高温度 : 41.1°C, 最低温度 : 31.8°C, 平均温度 : 37.1°C.
- c : 湿熱アイスチーマー(10 分間蒸気発生量約 200 mg). 最高温度 : 44.6°C, 最低温度 : 32.1°C, 平均温度 : 37.1°C.

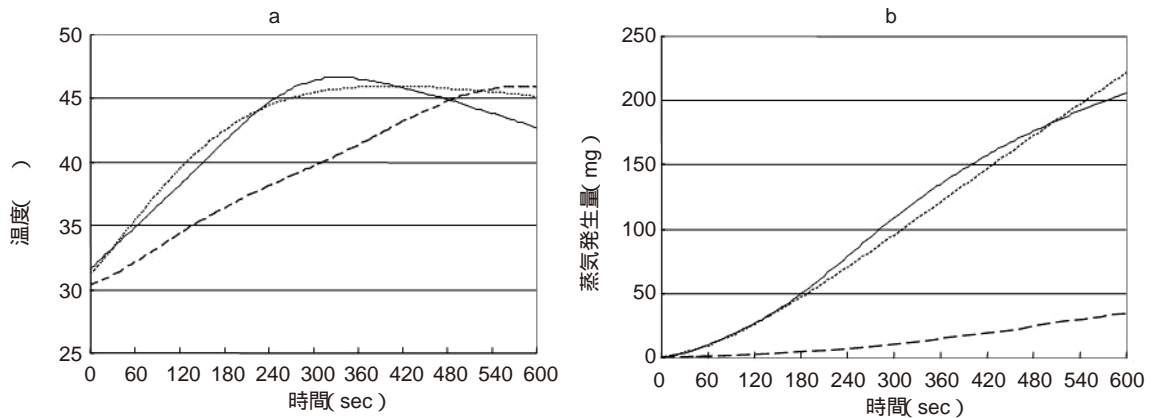


図 2 各湿熱シートと湿熱アイスチーマーの温度・蒸気発生特性。

- a : シート表面温度, b : 蒸気発生量. …… : 湿熱アイスチーマー, — : 湿熱シート D, --- : 湿熱シート B.

2) 各湿熱シートと湿熱アイスチーマーの温度・蒸気発生特性

図 2 に各シートとアイスチーマーの表面温度と蒸気発生量を示した。表面温度は湿熱アイスチーマーと湿熱シート D では約 5 分後に、湿熱シート B では約 8 分後に 45°C に達した。蒸気発生量は、湿熱アイスチーマーと湿熱シート D は、5 分間で 100 mg, 10 分後で 200 mg に到達するが、湿熱シート B では 10 分間後で約 35 mg と従来型湿熱アイスチーマーや湿熱シート D のほぼ 1/6 に対応していた。

2. 本 実 験

1) 近見反射と蒸気湿熱試験(実験 1)

(1) 自覚的調節力

図 3 に湿熱アイスチーマーを 10 分間適用した湿熱群と 10 分間アイマスクを用いて眼を閉じた閉眼群の、適用前, VDT 作業後および適用後の自覚的調節力の測定結果(平均値±標準偏差)を示した。湿熱群では、適用前 5.65±1.63 D の調節力が VDT 作業後 5.80±1.73 D, 適用後 6.43±1.66 D であり、適用前に比して適用後 (p<0.01) で、VDT 作業後に比して適用後 (p<0.05) で有意に自覚的調節力が改善していた。閉眼群では適用前に比して VDT 作業後で有意に調節力が改善していた

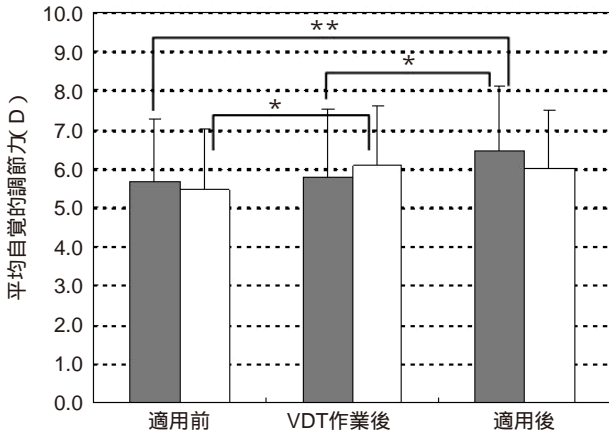


図 3 湿熱群および閉瞼群の平均自覚的調節力.

□ : 閉瞼群, ■ : 湿熱群. 平均値 ± 標準偏差.

\* : p<0.05, \*\* : p<0.01, Wilcoxon signed-ranks test. D : diopter, VDT : visual display terminal.

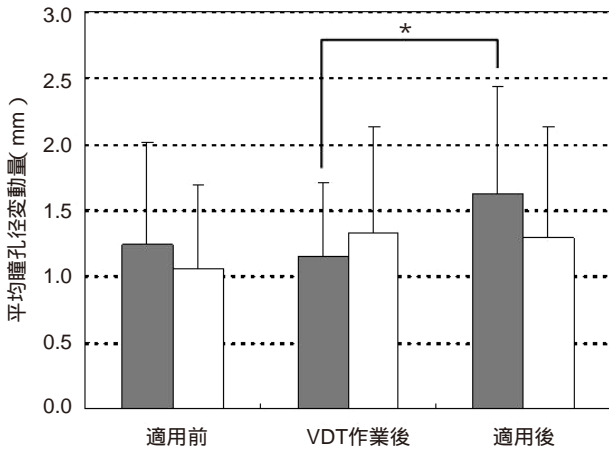


図 4 湿熱群および閉瞼群の平均瞳孔径変動量.

□ : 閉瞼群, ■ : 湿熱群. 平均値 ± 標準偏差.

\* : p<0.05, Wilcoxon signed-ranks test.

(p<0.05).

(2) 瞳孔反射

図 4 に湿熱群と閉瞼群の両群についての適用前, VDT 作業後および適用後の瞳孔径変動量の測定結果(平均値 ± 標準偏差)を示した. 湿熱群の瞳孔径変動量は, 適用前 1.24 ± 0.76 mm が VDT 作業後では 1.15 ± 0.56 mm, 適用後では 1.63 ± 0.80 mm となり 0.48 mm 増加した. VDT 作業後に対して適用後(p<0.05)で有意に瞳孔径が変動していた. 一方, 閉瞼群の瞳孔径変動量は, 適用前 1.05 ± 0.64 mm, VDT 作業後で 1.33 ± 0.81 mm, 適用後 1.29 ± 0.84 mm と有意な変化は認められなかった.

(3) 輻輳反応

図 5 に湿熱群と閉瞼群の両群についての適用前, VDT 作業後および適用後の輻輳反応の測定結果(平均値 ± 標準偏差)を示した. 湿熱群では, 適用前 1.17 ± 0.49 mm,

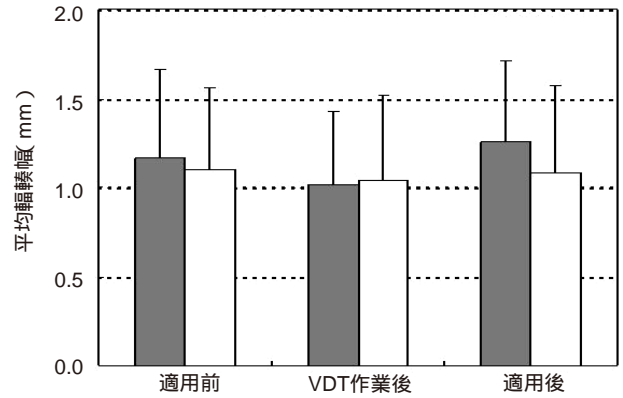


図 5 湿熱群および閉瞼群の平均輻輳幅.

□ : 閉瞼群, ■ : 湿熱群. 平均値 ± 標準偏差.

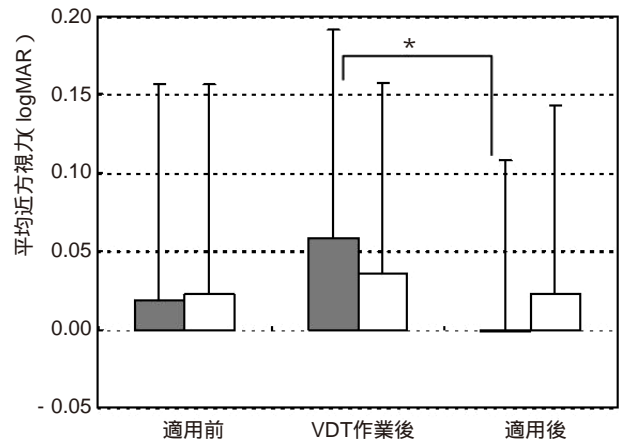


図 6 湿熱群および閉瞼群の平均近方視力(logMAR).

□ : 閉瞼群, ■ : 湿熱群. 平均値 ± 標準偏差.

\* : p<0.05, Wilcoxon signed-ranks test.

logMAR : logarithmic Minimum Angle of Resolution.

VDT 作業後 1.02 ± 0.41 mm, 適用後 1.26 ± 0.46 mm で有意な変化は認められなかったが, VDT 作業後に対して適用後で輻輳幅が平均 0.24 mm 延長していた. 閉瞼群では, 適用前 1.10 ± 0.46 mm, VDT 作業後 1.04 ± 0.48 mm, 適用後 1.08 ± 0.49 mm で有意な変化は認められなかった.

(4) 近方視力

図 6 に湿熱群と閉瞼群の両群についての適用前, VDT 作業後および適用後の近方視力 [logarithmic Minimum Angle of Resolution(logMAR)] の測定結果(平均値 ± 標準偏差)を示した. 湿熱群では, 適用前 0.018 ± 0.138 mm, VDT 作業後 0.058 ± 0.133 mm, 適用後 -0.001 ± 0.109 mm で, VDT 作業後に対して適用後で有意に改善していた(p<0.05). 閉瞼群では, 適用前 0.022 ± 0.134 mm, VDT 作業後 0.036 ± 0.121 mm, 適用後 0.022 ± 0.121 mm で有意な変化は認められなかった.

(5) BUT 測定

図 7 に湿熱群と閉瞼群の両群についての適用前, VDT

作業後および適用後の BUT の測定結果(平均値±標準偏差)を示した。VDT 作業により BUT が、湿熱群では  $6.2 \pm 1.0$  秒から  $5.8 \pm 1.0$  秒へ、閉瞼群では  $6.4 \pm 1.0$  秒から  $6.0 \pm 1.1$  秒へと短縮していたが、適用後はそれぞれ  $6.2 \pm 1.0$  秒、 $5.8 \pm 1.0$  秒となり有意差はなかった。

2) 近見反射と乾熱と湿熱、蒸気発生量試験(実験 2)  
 (1) 自覚的調節力

図 8 a に適用前および乾熱シート、4 種類の湿熱シート(10 分間の蒸気発生量: 18 mg, 35 mg, 161 mg, 206 mg)を眼周囲に 10 分間装着した直後の自覚的調節力の測定結果(平均値±標準偏差)を示した。乾熱シートを用いたものでは、適用前  $4.95 \pm 2.01$  D, 適用後  $5.03 \pm 1.82$  D であった。湿熱シート A では、適用前  $5.38 \pm 2.33$  D, 適用後  $5.62 \pm 2.19$  D, 湿熱シート B では、適用前  $4.78 \pm 1.84$  D, 適用後  $5.05 \pm 1.84$  D, 湿熱シート C では、適用前  $5.03 \pm 1.82$  D, 適用後  $5.37 \pm 1.92$  D,

湿熱シート D では、適用前  $5.77 \pm 2.80$  D, 適用後  $6.30 \pm 2.68$  であった。

適用前と適用後の調節力の差は、蒸気量が増えるに従って有意に増加していた(図 8 b,  $p=0.039$ )。

(2) 瞳孔反射

図 9 a に適用前および乾熱シート、4 種類の湿熱シートを眼周囲に 10 分間装着した直後(適用後)の瞳孔径変動量(平均値±標準偏差)を示した。乾熱シートでは、適用前  $1.41 \pm 1.07$  mm, 適用後  $1.28 \pm 0.50$  mm と瞳孔径変動は  $0.13$  mm 小さくなっていた。湿熱シート A では、適用前  $1.44 \pm 0.56$  mm, 適用後  $1.55 \pm 0.52$  mm と  $0.11$  mm 増大, 湿熱シート B では、適用前  $1.14 \pm 0.42$  mm, 適用後  $1.67 \pm 0.58$  mm と  $0.53$  mm 増大, 同様に湿熱シート C では適用前  $1.22 \pm 0.45$  mm, 適用後  $1.57 \pm 0.53$  mm で  $0.35$  mm 増大, 湿熱シート D では、適用前  $1.15 \pm 0.48$  mm, 適用後  $1.69 \pm 0.50$  mm で  $0.54$  mm 増大と、湿熱シートではどの条件でも変動量は増大していたが有意差は認めなかった。また、湿熱シートの適用前と適用後の瞳孔径の変動量は、蒸気量が増えるに従って差が増大する傾向がみられたが有意差はなかった(図 9 b)。

(3) 輻輳反応

図 10 a に適用前および乾熱シート、4 種類の湿熱シートを眼周囲に 10 分間装着した直後(適用後)の輻輳幅(平均値±標準偏差)を示した。乾熱シートでは、適用前  $1.07 \pm 0.41$  mm, 適用後  $1.05 \pm 0.27$  mm であった。湿熱シート A では、適用前  $1.14 \pm 0.44$  mm, 適用後  $1.11 \pm 0.52$  mm, 湿熱シート B では、適用前  $1.08 \pm 0.57$  mm, 適用後  $1.25 \pm 0.67$  mm, 湿熱シート C では、適用前  $1.19 \pm 0.40$  mm, 適用後  $1.41 \pm 0.39$  mm, 湿熱シート D では、適用前  $1.09 \pm 0.48$  mm, 適用後  $1.22 \pm 0.49$  mm であった。

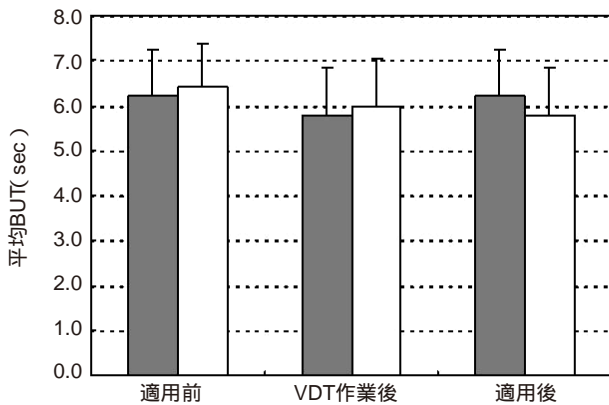


図 7 湿熱群および閉瞼群の平均 BUT.  
 □: 閉瞼群, ■: 湿熱群. 平均値±標準偏差.  
 BUT: breakup time.

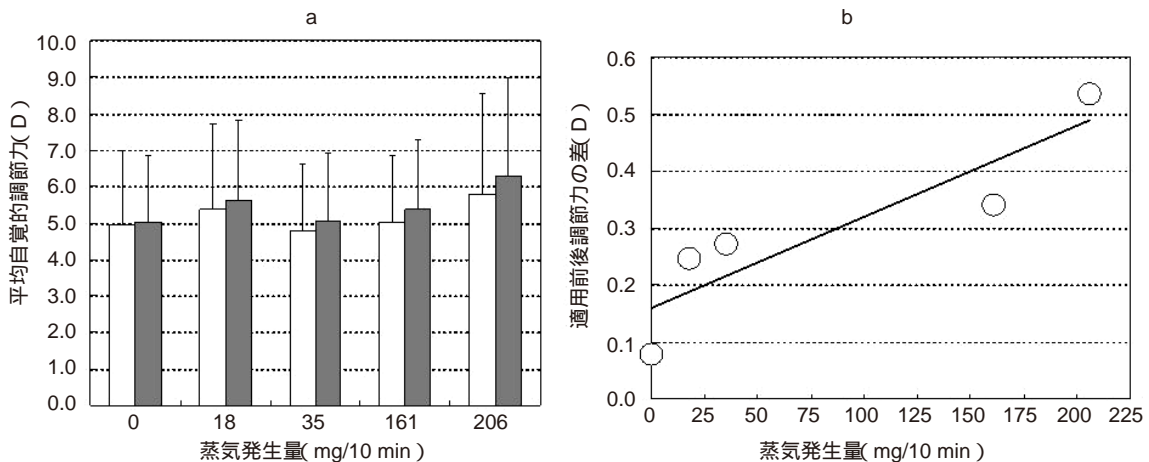


図 8 蒸気発生量と自覚的調節反応。  
 a: 平均自覚的調節力. □: 適用前, ■: 適用後. 平均値±標準偏差.  
 b: 適用前後の自覚的調節力の差.  $y=0.0016x+0.1594$ ,  $R^2=0.809$ ,  $p=0.039$ .

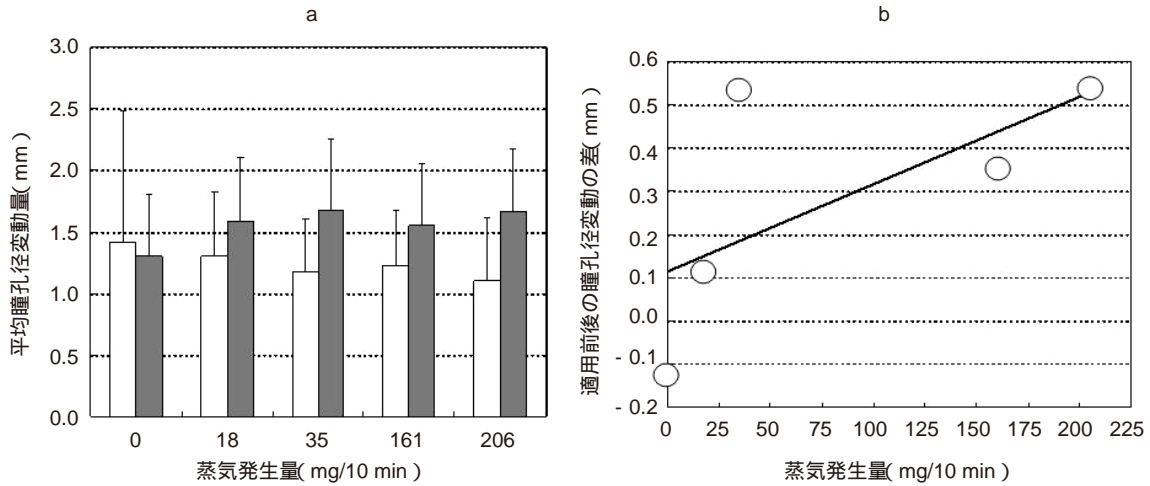


図 9 蒸気発生量と瞳孔反射.

a : 平均瞳孔径変動量. □ : 適用前, ■ : 適用後. 平均値 ± 標準偏差.  
 b : 適用前後の瞳孔径変動量の差.  $y = 0.0020x + 1.1131$ ,  $R^2 = 0.431$ ,  $p = 0.229$ .

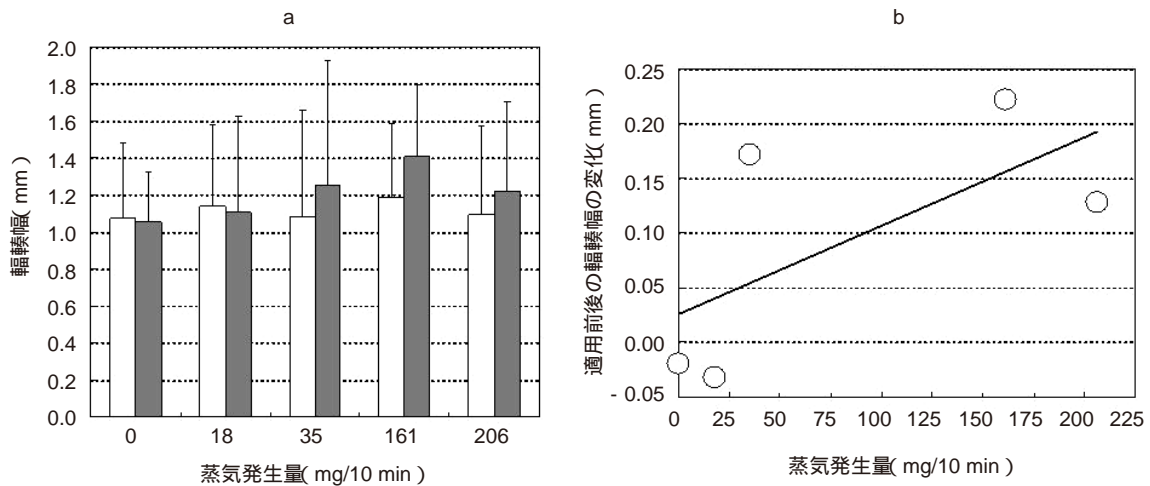


図 10 蒸気発生量と輻輳反応.

a : 平均輻輳幅. □ : 適用前, ■ : 適用後. 平均値 ± 標準偏差.  
 b : 適用前後の輻輳幅の差.  $y = 0.00081x + 0.02589$ ,  $R^2 = 0.434$ ,  $p = 0.227$ .

また、適用前後の輻輳幅の差と蒸気量の間で有意な関連はみられなかった(図 10 b).

(4) 近方視力

図 11 a に適用前および乾熱シート、4 種類の湿熱シートを眼周囲に 10 分間装着した後(適用後)の近方視力(log MAR)の測定結果(平均値 ± 標準偏差)を示した。乾熱シートでは、適用前  $0.076 \pm 0.348$ 、適用後  $0.057 \pm 0.263$  あった。湿熱シート A では、適用前  $0.076 \pm 0.348$ 、適用後  $0.057 \pm 0.263$ 、湿熱シート B では、適用前  $0.076 \pm 0.348$ 、適用後  $0.022 \pm 0.283$ 、湿熱シート C では、適用前  $0.057 \pm 0.361$ 、適用後  $-0.023 \pm 0.240$ 、湿熱シート D では、適用前  $0.022 \pm 0.124$ 、適用後  $-0.052 \pm 0.123$  であった。適用前と適用後の近方視力の差は、蒸気量が増えるに従って有意に増加していた(図 11 b,  $p = 0.045$ )。

(5) BUT 測定

図 12 a に適用前および乾熱シート、4 種類の湿熱シートを眼周囲に 10 分間装着した後(適用後)の BUT の測定結果(平均値 ± 標準偏差)を示した。乾熱シートでは、適用前  $5.8 \pm 1.7$  秒、適用後  $6.1 \pm 1.6$  秒、湿熱シート A では、適用前  $5.9 \pm 1.3$  秒、適用後  $6.2 \pm 1.3$  秒、湿熱シート B では、適用前  $5.3 \pm 1.9$  秒、適用後  $7.4 \pm 2.5$  秒、湿熱シート C では、適用前  $6.6 \pm 1.4$  秒、適用後  $7.4 \pm 1.6$  秒、湿熱シート D では、適用前  $5.6 \pm 1.3$  秒、適用後  $7.0 \pm 1.4$  秒であった。また、適用前後の BUT の差と蒸気量の間で有意な関連はみられなかった(図 12 b)。

IV 考 按

近見時に生体反応として、近見 3 要素と呼ばれる調

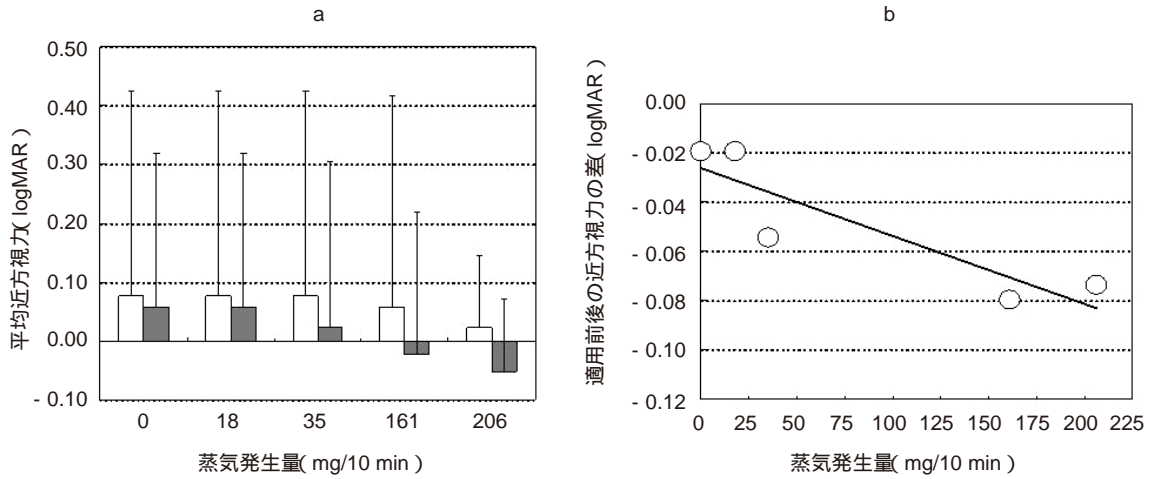


図 11 蒸気発生量と平均近方視力(logMAR).

a : 平均近方視力(logMAR). □ : 適用前, ■ : 適用後. 平均値 ± 標準偏差.  
 b : 適用前後の近方視力の差(logMAR).  $y = -0.00028x - 0.02620$ ,  $R^2 = 0.788$ ,  $p = 0.045$ .

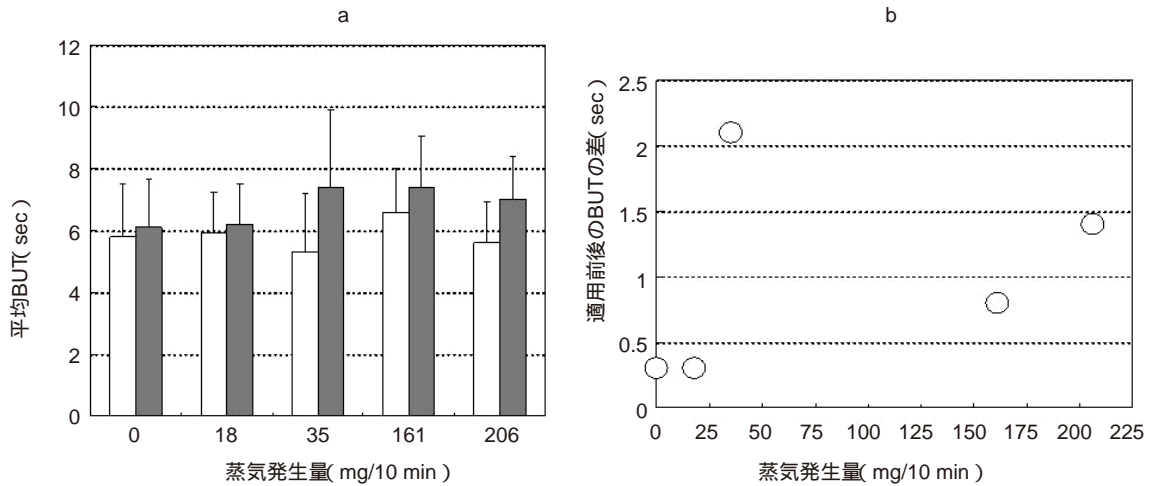


図 12 蒸気発生量と BUT.

a : 平均 BUT(sec). □ : 適用前, ■ : 適用後. 平均値 ± 標準偏差.  
 b : 適用前後の BUT の差(sec).  $y = 0.0024x + 0.7750$ ,  $R^2 = 0.086$ ,  $p = 0.631$ .

節・輻輳・縮瞳が起こる<sup>2)</sup>。以前我々は、中高年の男性を対象に VDT 作業 7 時間施行した後、眼周囲に湿熱アイスチーマー適用後に調節力と近方視力の改善が認められることを報告したが<sup>1)</sup>、今回は、近見反射や涙液に対する乾熱と湿熱による効果の違い、また蒸気量が与える影響について比較検討した。

その結果、自覚的調節力では、湿熱アイスチーマーにおいて適用前と適用後および VDT 作業後と適用後のいずれの比較でも有意な改善が認められた。閉瞼のみでは、適用前と適用後および VDT 作業後と適用後で改善はみられなかった。以前行った検討でも、今回の湿熱アイスチーマー(200 mg/10 分)と同等の条件下で、VDT 作業 7 時間で検討した後、湿熱群でのみ適用直後と適用 90 分後に有意に調節力と近方視力が改善しており、閉瞼群では有意差を認めない結果であった<sup>1)</sup>。このように

閉瞼のみでは有意な改善を認めなかった原因として、年齢による調節力の違い、VDT 作業時間、休憩時間などが挙げられると思われる、調節力が大きい若年層では、閉瞼のみの 10 分間の休憩でも改善効果があることも推測される。また、適用前と適用後の調節量の差は、蒸気量が増えるに従って有意に増加しており、蒸気量の多い湿熱シートの有用性が示唆された。

瞳孔反射では、湿熱アイスチーマーにおいて VDT 作業後に比して適用後で有意な改善が認められた。輻輳反応は、すべての条件下で有意差はみられなかった。ただし、蒸気量との関連では、瞳孔反射、輻輳反応ともに有意差はみられなかったが、蒸気量が増えるに従い改善する傾向がみられた。また、両反応ともに閉瞼群では有意差を認めなかった。

近方視力は、湿熱アイスチーマーにおいて VDT 作業



後に比して適用後で有意に改善していた。蒸気量との関連では、蒸気量に依存して有意に改善する傾向がみられた。近方視力においても蒸気量の多い湿熱シートの有用性が示唆された。

また涙液に関して、Mori らは閉塞性マイボーム腺機能不全に伴うドライアイ症状に対して、1日1回5分間を2週間続けた加温療法が症状の改善に有用だったと報告している<sup>3)</sup>。しかし、今回の BUT 測定では、すべての条件下で有意な改善はみられなかった。これは対象群がもともとドライアイ症状の訴えがなく、しかも1回のみ適用であったことや VDT 作業時間にも関連していると考えられる。涙腺からの涙液産出は副交感神経刺激によって起こるため、Mori らが提唱しているようにマイボーム腺を温めることによる油層の改善によってや、今回のように温めることで副交感神経優位になれば、涙の産生が促される可能性はあると考えられた。

眼周囲湿熱刺激によって調節力が改善する理由としては、副交感神経優位になることと循環が改善される点が挙げられる<sup>1)</sup>。落合は、脳波と心電図を用いて健康成人を対象とした検討で、眼に対して湿熱で温めると脳波  $\alpha$  波が増加したことと心拍変動 HF 成分の増加から、副交感神経活動が高まっている可能性を報告している<sup>4)</sup>。また永嶋らも中年男性を対象にした検討で、瞳孔対光反射と心電図 R-R 間隔変動、血圧変動から眼周囲蒸気湿熱シートは副交感神経活動を優位にして交感神経を抑制すると報告している<sup>5)</sup>。そして、調節力に関しては毛様体の輪状筋が副交感神経支配であることから、輪状筋を収縮させることにより毛様小体が弛緩し、その結果水晶体は弾性で前方に膨隆して屈折力が増加し、調節力および近方視力が改善する可能性があり、さらに調節力の減退した年代においても副交感神経活動を優位にすることは、瞳孔を縮瞳させ焦点深度を深くさせることによって調節力の減退を補う効果が期待できると考察している<sup>5)</sup>。今回の検討でも調節力において有意な改善が示されたことは、眼周囲湿熱で副交感神経が優位になっていることを裏付けていると思われる。また、交感神経活動の過緊張が抑制されれば、血管系に対しても循環が改善することが期待できる。毛様体や瞳孔などの調節筋や内直筋(輻輳に参与)の血行にも眼周囲湿熱は影響を与え、瞳孔反射・自覚的調節力・輻輳反応・近方視力などなどの近見反射は、合目的に作用している可能性が確認されたといえる。

一方、乾熱シートでは調節力・瞳孔反射・輻輳反応・近方視力・涙液検査のすべての項目で有意な改善は認められなかった。湿熱を生体に作用させた場合、表面皮膚温の上昇、血管の拡張、循環の促進、新陳代謝の亢進、筋緊張低下などがもたらされる<sup>6)</sup>。この際、蒸気を伴わない乾熱はシートから皮膚へ熱拡散により熱伝達するが、蒸気を伴った湿熱は水蒸気が熱媒体としてシートか

ら皮膚生体へ熱伝播し、凝縮熱を皮下に伝え効率的に均一に生体を温めることができる。同等の温度を発生させることが可能な乾熱および湿熱シートにおいて、その熱伝導性は熱流束測定を用いて各々の熱量を測定したところ湿熱シートが乾熱シートよりも約 10% 高いことが報告されている<sup>4)</sup>。つまり、湿熱刺激は乾熱に比べて生体をより効率的に深部まで温めることができ、その効果量も高いと考えられる。顔面にはもともと身体の中でも皮膚温点が多く存在する。その顔面の眼周囲を温めることで三叉神経、顔面神経を刺激して自律神経系に作用している可能性が考えられる。一方、乾熱は湿熱と同等の刺激や効果をあげるためにはより高い温度が必要になるが、皮膚への低温熱傷などのリスクが高くなる可能性がある。実際、乾熱シート実験中の被検者のコメントは、熱い、ピリピリするなどの不快に分類されるものが多く、近見反射改善が副交感神経活性による効果と考えられるのであれば、不快な感想はむしろ交感神経を活性化する要素が多いと考えられ、逆効果であった可能性がある。落合は乾熱と湿熱の比較で、リラックスを示す脳波  $\alpha$  波の出現は湿熱のみで起こり、交感神経活動の減少を示す心電図変化が湿熱のみで示されたことも報告している<sup>4)</sup>。

また今回は水蒸気が生体にとって、深部温度を効率的に温めるのに非常に有用なことが示されたが、水蒸気自身にも皮膚や各組織に対する直接的影響(湿潤作用)がある可能性も考えられる。

従来の湿熱アイスチーマーは発熱および水蒸気発生源に粉体を使用していたため、粉体の偏りからくる不均質な発熱反応が起こりやすく、それが、赤外サーモグラフィ撮影により得られた温度ヒストグラムのばらつきとなっていると考えられた。しかし眼専用蒸気湿熱シートは、発熱原料をパルプに抄いた発熱抄紙であり、発熱原料は紙に均質に固定化されているため発熱成分は偏ることなく発熱反応を起こし、眼周囲に均質な温度を付与することが可能となった。その結果、赤外サーモグラフィ撮影から、乾熱シートや湿熱アイスチーマーに比べて湿熱シートは蒸気量が 1/6 であっても効率的かつ広範囲に眼周囲および顔面を温めていることが示され、また表面温度・蒸気発生量測定で示されたようにその温度上昇はさほど大きくなく理想的なデバイスであると考えられた。

今回、蒸気量によって近見反射に影響がみられることが示されたが、さらに蒸気量を上げると効果が增强するのか不明である。温度上昇が大き過ぎることなく、しかも十分に深部温度を高めることができ、より確実に自覚的調節力や近方視力に効果を期待できる適正な設定値を決定するために、今後対象数を増やした検討が必要であると思われる。

## 文 献

- 1) **Takahashi Y, Igaki M, Suzuki A, Takahashi G, Dogru M, Tsubota K** : The effect of periocular warming on accommodation. *Ophthalmology* 112 : 1113—1118, 2005.
  - 2) 所 敬 : 屈折異常とその矯正. 金原出版, 東京, 173, 1988.
  - 3) **Mori A, Shimazaki J, Shimmura S, Fujishima H, Oguchi Y, Tsubota K** : Disposable eyelid-warming device for the treatment of meibomian gland dysfunction. *Jpn J Ophthalmol* 47 : 578—586, 2003.
  - 4) 落合龍史 : 湿熱刺激が脳波および自律神経におよぼす影響. *自律神経* 38 : 450—454, 2001.
  - 5) 永嶋義直, 井垣通人, 矢田幸博 : 両眼への蒸気温熱シート装着による自律神経活動への影響. *自律神経* 43 : 260—268, 2006.
  - 6) **Abramson DI, Tuck S Jr, Lee SW, Richardson G, Levin M, Buso E** : Comparison of wet and dry heat in raising temperature of tissues. *Arch Phys Med Rehabil* 48 : 654—661, 1967.
-