

涙液の pH, pH の時間変化量および Na⁺, K⁺濃度の測定

—涙液分泌正常者, 減少者およびコンタクトレンズ装用者の比較—

佐々木 克 哉

岩手医科大学医学部眼科学教室

要 約

涙液の pH や電解質の組成および涙液の分泌機構の詳細とその障害の病態を調べるため, 涙液分泌正常者, 減少者, ハードコンタクトレンズ (以下, HCL) 装用者の各々の涙液試料の pH, 試料からの CO₂の逃散に伴う pH の時間変化量 (Δ pH) および Na⁺と K⁺濃度を比較した。涙液は安静時, 刺激時, 回復時に採取した。涙液分泌に対する刺激効果を調べる実験では, 蒸留水点眼による刺激を行った。一方, 臨床応用として減少者, HCL 装用者でわさびによる味覚刺激を行った。涙液分泌正常者で

[K⁺]と Δ pH は中等度刺激の範囲で刺激強度の増加によって有意に高い値を示した。これは涙腺に K⁺と HCO₃⁻の各々に依存する分泌機構の存在を暗示している。また, 刺激時の [K⁺]の高低から涙液分泌減少者にくつかのタイプが存在する可能性が示唆された。(日眼会誌 99:676—682, 1995)

キーワード: 涙液, pH, pH 変化量, [Na⁺], [K⁺]

Measurement of pH, Time-Dependent-Changes in pH, [Na⁺], and [K⁺] in Human Tears

—Comparison between Normal Subjects, Subjects with Decreased Tear Secretion, and Contact Lens Wearers—

Katsuya Sasaki

Department of Ophthalmology, Iwate Medical University School of Medicine

Abstract

In order to investigate basic mechanisms of tear secretion and tear gland dysfunction, the pH, its time-dependent change (Δ pH), [Na⁺], and [K⁺] of basal and reflex tears were measured. Subjects were humans with normal tear secretion or decreased tear secretion, and hard contact lens (HCL) wearers. Reflex tears were collected by administration of distilled water into the conjunctival sacs of the fellow eyes to study the secretory function of normal human lacrimal glands. In the clinical part of this study, reflex tears were collected from subjects before and after tasting horseradish paste. The [K⁺] and Δ pH of the normal human reflex tears were significantly higher than in the basal tears

according to the degree of stimulus until medium range. This suggests the presence of K⁺-and HCO₃⁻-dependent secretory mechanisms in the lacrimal glands. In the patients with decreased tear secretion, [K⁺] data of reflex tears were either higher than or equivalent to the data for basal tears. Therefore, the difference in amplitude of the stimulus-induced increase of tear [K⁺] suggests that there are two or more types of lacrimal gland dysfunction in patients with decreased tear secretion. (J Jpn Ophthalmol Soc 99:676—682, 1995)

Key words: Tear, pH, Time-dependent change in pH, [Na⁺], [K⁺]

別刷請求先: 020 岩手県盛岡市内丸 19-1 岩手医科大学医学部眼科学教室 佐々木克哉
(平成 6 年 9 月 22 日受付, 平成 7 年 1 月 23 日改訂受理)

Reprint requests to: Katsuya Sasaki, M.D. Department of Ophthalmology, Iwate Medical University School of Medicine, 19-1 Uchimarui, Morioka-shi, Iwate-ken 020, Japan

(Received September 22, 1994 and accepted in revised form January 23, 1995)

I 緒 言

涙液の pH や電解質の組成および涙液の分泌機構の詳細を知ることは、涙腺に関する疾患の臨床において重要である。ヒト涙液の pH の値についてはこれまで多数の報告^{1)~6)}があり、また、涙液電解質の組成についての報告²⁾³⁾や、ウサギの涙液分泌刺激による Na, K イオン濃度の変化²⁾⁷⁾⁸⁾などが報告されている。すなわち、副交感神経刺激では分泌速度が上昇し、低 Na⁺、高 K⁺濃度の涙液が分泌され、交感神経刺激では分泌速度は低下し、高 Na⁺、低 K⁺濃度の涙液が分泌される⁹⁾。また、自律神経刺激と涙液分泌速度の関係から、副交感性涙液分泌は交感性刺激で抑制されることが知られている²⁾⁹⁾。ヒトを対象として安静時のこれら電解質の値の報告³⁾⁴⁾はいくつかあるが、刺激時におけるこれらの変化をみたものには、わずかに共同研究者と著者が行った正常人1名での安静時と反射時の pH、pH 変化量、Na⁺、K⁺濃度の変化の報告⁶⁾があるのみである。

一方、臨床的には近年、涙液減少者の頻度が増加し、その病態の解明が待たれている¹⁰⁾。しかし、元来、涙液の分泌量が少量であることから、涙腺の分泌機序の詳細を調査することが困難で、多くのことが解明されずに残されている。そこで、著者らの用いている簡便で非侵襲的な測定法を用いて蒸留水点眼刺激による涙液分泌機序を系統的に検討し、さらに、検査法の確立と臨床応用の可能性について検討した。

II 実験方法

1. 測定装置

涙液の pH および pH の時間変化量の測定には Compact pH meter (C-1 CARDY, 堀場製作所) を改変して用いた⁵⁾⁶⁾。この pH メータは 30 μ l 以上の微量な試料で、測定範囲 pH 2~12, 再現性 ± 0.1 pH での測定が可能である。改変として、メータの検出部に中央部が開閉可能なプラスチック製の覆いを付けた。この覆いを閉じた状態では検出部の涙液試料が密閉され、外気との接触を防ぐことができる。実際の測定では、覆いを閉じて1分後の安定した状態の測定値を定常状態の pH (pH_1) とし、その後覆いを開けて CO₂ を外気中へ逃散させ、その後の時間経過に伴う pH の変化量を計測した。pH 変化量の指標としては、5分値 (pH_5) と1分値 (pH_1) の差を $\Delta pH_1 (=pH_5 - pH_1)$ 、15分値 (pH_{15}) と5分値 (pH_5) の差を $\Delta pH_L (=pH_{15} - pH_5)$ とした。この ΔpH のプラスの値は、試料から CO₂ が逃散したことによるアルカリ化の程度を表し、その大きさは試料中の HCO₃⁻ と H⁺ の初期濃度に依存している。

涙液の Na⁺ および K⁺濃度の測定には Compact Na ion meter (C-122 CARDY) と Compact K ion meter (C-131 CARDY, いずれも堀場製作所) を用いた。Na⁺

メータは 23~2,300 ppm, K⁺メータは 39~3,900 ppm の範囲で測定可能である。これらの装置は検出部に平面型イオン電極を用いており、これらの検出部にもプラスチック製の覆いを付けて測定中は試料表面を密閉した。測定値は覆いをして1分以降に示される安定した値を採用した。

2. 涙液の採取

涙液の採取には中性紙製の 10 mm \times 15 mm の大きさのサンプリングシート (Y 011, 堀場製作所) を用いた。被検者の下眼瞼結膜嚢内にこのシートを2つ折りにして挿入し、十分な量 (約 30 μ l) が浸み込んだことを確認してから取り出して測定に供した。

3. 安静時涙液と蒸留水点眼刺激による反射性涙液との比較 (実験1)

サンプリングシートを下眼瞼結膜嚢内に挿入すると、多くの被検者ではその異物感から反射性の涙液分泌が起こる。そこで、安静時涙液を得るために51歳男性、1名の被検者に対してサンプリングシートを5日間にわたり下眼瞼結膜嚢内に挿入、採取を繰り返し、異物感に慣れた状態を作り、このトレーニングされた状態で採取した涙液を安静時涙液とみなすことにした。また、このときに被検眼の対側に一定量の蒸留水をマイクロピペットで点眼し、低浸透圧刺激によって共感性に分泌された被検側の涙液を反射性涙液とした。蒸留水の pH はバッファが入っていないので正確な pH の測定は困難であるが、今回用いたものは pH 6.06 であった。以前に単一量の蒸留水点眼刺激による反応を報告⁶⁾したが、今回は点眼量を 10 μ l, 50 μ l, 100 μ l とし、点眼量と反応との関係を調べた。被検者が1名であるため、10 μ l は5回、50 μ l と 100 μ l は7回測定し、このデータを統計処理した。この被検者の実際の測定では涙液を2回続けて採取し、始めに採取した試料で pH および pH の時間変化量を測定し、2回目の試料を Na⁺、K⁺の測定に用いた。この手順を安静時涙液、蒸留水刺激による反射性涙液および30分の休憩をおいた後の安静状態の涙液 (回復時涙液) について繰り返し行った。涙液採取に要した時間は、安静時 14.5 \pm 3.0 分、刺激時は 10 μ l が 8.8 \pm 2.6 分、50 μ l が 1.1 \pm 0.5 分、100 μ l が 1.9 \pm 0.8 分、回復時 17.8 \pm 6.1 分であった。

4. 正常者、涙液減少者、ハードコンタクトレンズ (HCL) 装用者の比較 (実験2)

上記の方法では涙液採取の回数は pH、イオンを合わせると6回になるため測定には3時間以上を必要とし、被検者への負担が大きく、臨床応用が難しい。そこで、涙液採取時間の短縮のために pH とイオン測定用のサンプリングシートを可能な範囲で小さくすることにし、検出部を覆う最小の大きさである 5 mm \times 15 mm のサンプリングシートの2枚を同時に結膜嚢内に入れ、pH 測定用とイオン測定用の試料を同時に採取する方法を採用

した。この大きさのサンプリングシートでは、10 mm×15 mmのものに比べて各測定値で約1%値が大きくなる傾向があるが、有意な違いではなかった。

実験2では基礎涙液分泌が正常で、かつHCL非装用者(正常群)、基礎涙液分泌が正常で、かつHCL装用者(HCL群)および基礎涙液分泌減少者(減少群)を対象とした。今回はHCL群のコンタクトレンズの素材、種類および装用年数についての調査は行わなかった。

基礎涙液分泌量はシルマーの通法¹⁾に順じて点眼麻酔下で測定したが、点眼麻酔はpHおよびNa⁺、K⁺組成が安静時涙液に近い4%リドカイン(キシロカイン®)を用いた。10 mm以上を正常、5 mm未満を減少とし、今回の被検者の中で、この中間値を示した1例のデータは分析対象から除いた。

正常群、HCL群の被検者は屈折異常以外の眼科的および全身的に異常がなく、また、すべての対象者からインフォームドコンセントを得た。

実際に解析の対象とした被検者数は、正常群が男性7名7眼(32.3±12.0歳)、女性3名3眼(24.7±7.2歳)、HCL群が男性8名8眼(30.8±7.9歳)、女性2名2眼(26.5±5.0歳)、および減少群が男性5名5眼(32.8±8.0歳)、女性5名5眼(36.0±17.1歳)であった。

実際の涙液採取の手順を以下に示す。

1) 無麻酔時涙液採取

無麻酔下で下眼瞼結膜嚢内にサンプリングシートを挿入し、この異物刺激によって分泌された涙液を採取した。採取に要した時間は、正常群3.2±3.4分、HCL群6.4±2.5分、減少群13.4±9.0分であった。

2) 安静時涙液採取

安静状態を得るために4%リドカインを5分毎に3回点眼し、この5分後にサンプリングシートを挿入して涙液を採取した。正常群7.8±6.2分、HCL群21.4±5.1分、減少群24.2±11.4分であった。

3) 反射性涙液採取

次に反射性涙液を採取するために、2)と同様に麻酔、サンプリングシート挿入後に、わさびペースト(S&Bねりわさび、主原材料：西洋わさび、ソルビット、香料、乳化剤、着色料)約1gを舐めさせて味覚刺激によって分泌された涙液を採取した。正常群1.3±1.2分、HCL群2.3±0.7分、減少群3.6±3.2分であった。

4) 回復時涙液採取

反射性涙液採取の30分後に刺激からの回復状態を調べるために、2)の手順で試料を採取した。正常群7.7±3.6分、HCL群14.3±7.6分、減少群22.6±11.3分であった。

5. 結果の解析

各実験で得られたデータはt検定、あるいはWelch法を用いたt検定で解析を行った。

III 結果

実験1：安静時涙液と蒸留水点眼刺激による反射性涙液の差異

1) pH_iについて

サンプルと外気との接触を遮断した定常状態のpH(pH_i)を図1Aに示した。pH_iは安静時、蒸留水による刺激時、回復時で若干の上昇と下降があるが、これらの間には有意な違いを認めず、また、蒸留水の点眼量によっても有意差はなかった。

2) ΔpHについて

(1) ΔpH_i

CO₂を外気へ逃散させた場合のpHの初期変化量であるΔpH_iを図1Bに示した。ΔpH_iは安静時、刺激時、回復時の間で有意な変化がみられなかった。しかし、蒸留

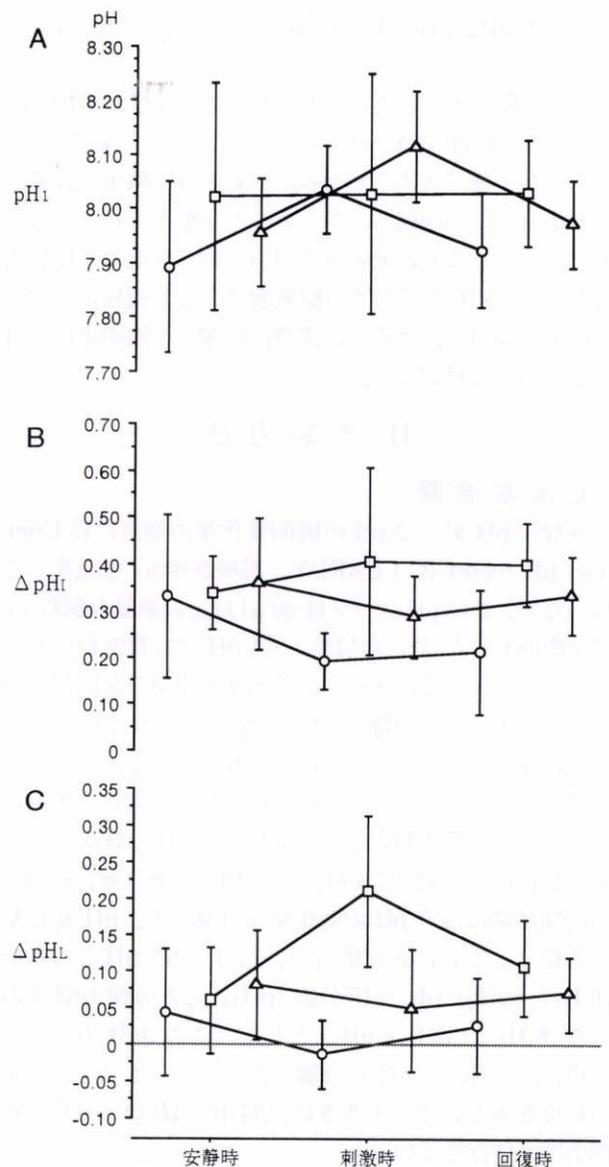


図1 蒸留水刺激によるpH_i(A)、ΔpH_i(B)およびΔpH_L(C)の変化。

丸：10 μl，四角：50 μl，三角：100 μl

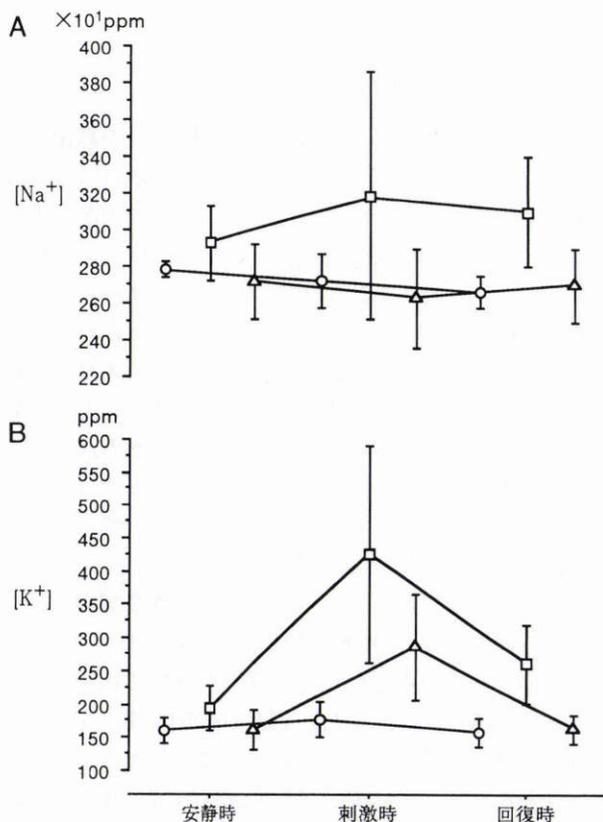


図2 蒸留水刺激による [Na⁺] (A) および [K⁺] (B) の変化。

丸：10 μl, 四角：50 μl, 三角：100 μl

水の点眼量による違いをみると刺激時と回復時において 50 μl (刺激時：0.40±0.20, 回復時：0.40±0.09) は 10 μl (刺激時：0.19±0.06, 回復時：0.21±0.13) よりも有意に大きい値を示した (p<0.05)。

(2) ΔpH_L

後期変化量である ΔpH_L は図 1 C の通りで、点眼量 50 μl の刺激時 (0.21±0.10) のみが他の量 (10 μl：-0.01±0.04, 100 μl：0.05±0.08), あるいは安静時 (0.06±0.07) および回復時 (0.11±0.07) よりも有意に高い値を示した (p<0.01)。

3) Na⁺および K⁺濃度について

涙液の Na⁺ および K⁺ 濃度を図 2 A および B に示した。Na⁺ 濃度は安静時, 刺激時, 回復時のいずれの状態でも有意な変化がみられず, また, 点眼量による差は回復時の 50 μl ((310±30)×10⁴ ppm) のみが 10 μl ((266±89)×10⁴ ppm) および 100 μl ((270±20)×10⁴ ppm) よりも有意に大きい値を示した (p<0.05)。K⁺ 濃度は刺激時の 50 μl (426±164 ppm) および 100 μl (285±79 ppm) 点眼で安静時 (50 μl：194±34 ppm, 100 μl：161±31 ppm) と回復時 (50 μl：261±60 ppm, 100 μl：163±21 ppm) よりも有意に高い値を示し (p<0.01), また, 回復時にはすべての刺激量でその値は低下していたが, 50 μl (261±60 ppm) は 10 μl (158±22 ppm) と 100 μl (163±21 ppm) よりも有意に高い値を示した (p<0.01)。

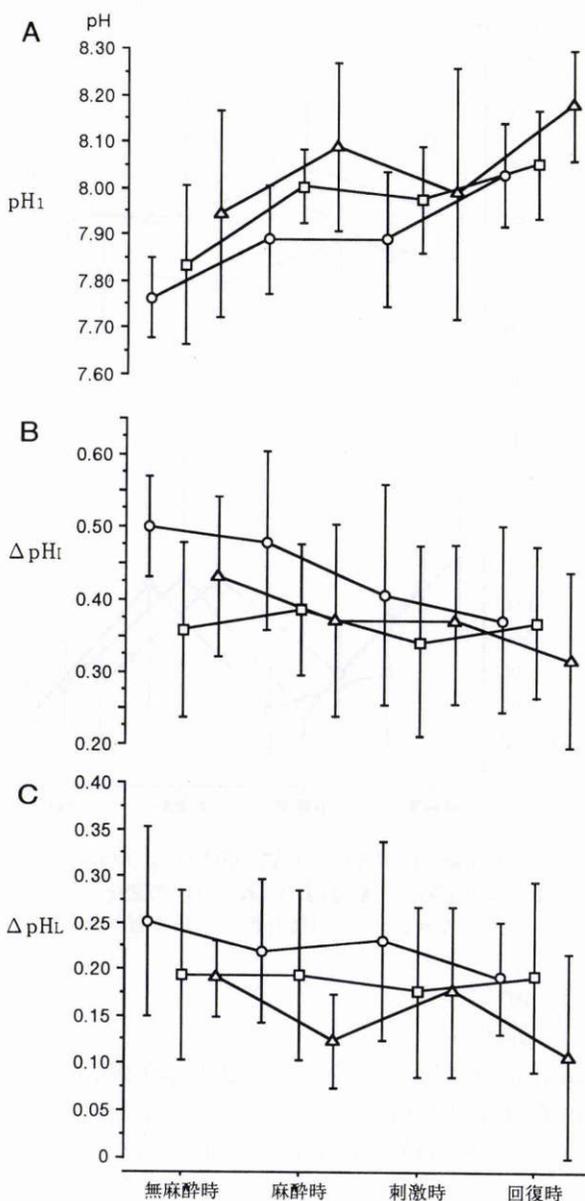


図3 正常群, HCL 群, 減少群の麻酔およびわさび刺激による pH_i (A), ΔpH_i (B), および ΔpH_L (C) の変化。

丸：正常群, 四角：HCL 群, 三角：減少群

実験2：正常者, 涙液減少者, HCL 装用者の涙液の差異

1) pH_iについて

pH_i を図 3 A に示した。正常群と HCL 群において無麻酔時 (正常群 7.76±0.09, HCL 群 7.83±0.17) と回復時 (正常群 8.03±0.11, HCL 群 8.05±0.12) との間に有意な差 (p<0.05) を認めたが, それ以外で差はなかった。また, 減少群では無麻酔時, 麻酔時, わさび刺激時, 回復時のいずれでも有意な差を認めなかった。

麻酔時の pH_i は減少群 (8.08±0.18) で正常群 (7.89±0.12) よりも有意に高い値 (p<0.05) を示したが, 無麻酔時, 刺激時, 回復時のそれぞれの状態で, 各群の違いによる有意な差はなかった。

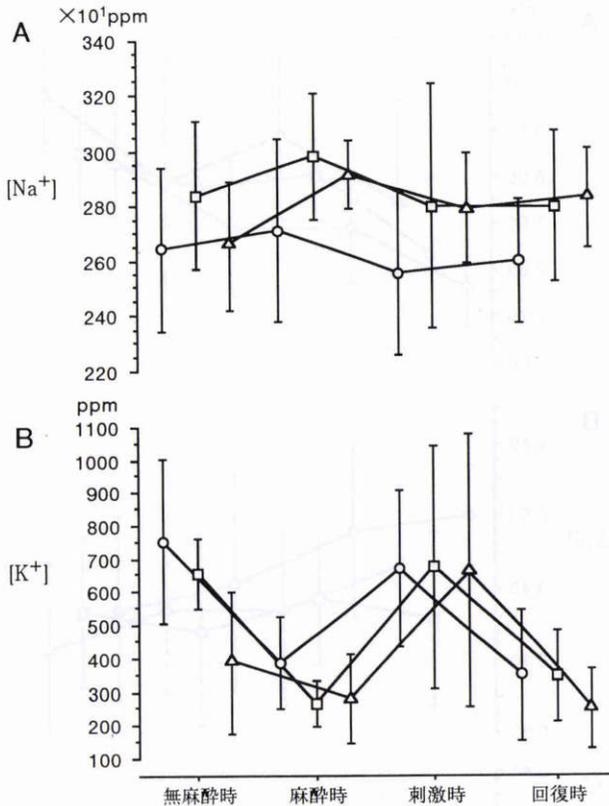


図4 正常群, HCL群, 減少群の麻醉およびわさび刺激による [Na⁺] (A) および [K⁺] (B) の変化.

丸: 正常群, 四角: HCL群, 三角: 減少群

2) ΔpH について

(1) ΔpH_i

ΔpH_iは図3Bの通りであった。ΔpH_iは無麻醉時, 麻醉時, 刺激時, 回復時のいずれの状態でも有意な変化がみられず, また, 各被検者の群間でも有意な差はなかった。

(2) ΔpH_L

ΔpH_Lは図3Cの通りであった。各群で無麻醉時, 麻醉時, 刺激時, 回復時での差は認めなかった。各群間で比較すると麻醉時(正常群 0.22±0.08, 減少群 0.12±0.05)に減少群は正常群よりも有意に低下していた(p<0.05)。

3) Na⁺およびK⁺濃度について

Na⁺およびK⁺濃度を図4AおよびBに示した。Na⁺濃度は無麻醉時, 麻醉時, 刺激時, 回復時の採取状態の間に有意な変化はみられなかった。また, 各被検群間で有意な差はみられなかった。K⁺濃度は全群で無麻醉時(正常群: 753±249 ppm, HCL群: 656±106 ppm, 減少群: 396±211 ppm)と刺激時(正常群: 670±237 ppm, HCL群: 676±366 ppm, 減少群: 672±411 ppm)に麻醉時(正常群: 386±138 ppm, HCL群: 262±68 ppm, 減少群: 287±130 ppm)と回復時(正常群: 350±196 ppm, HCL群: 346±135 ppm, 減少群: 255±109 ppm)よりも有意に高い値を示した。また, 無麻醉時に減少群のK⁺濃度は正常群よりも有意に低値であった(p<

0.01)。

IV 考 按

前回, 共同研究者と著者は1人の被検者での蒸留水点眼刺激による涙液の変化を報告⁶⁾したが, 今回はその点眼量を変化させることによって蒸留水点眼の刺激効果を確認した。さらに臨床応用として, わさびによる味覚刺激を行った。今回わさびを用いたのは, これが日常の食生活でも口にする食品であり, 被検者に受け入れやすいものと考えたためである。また, 臨床の場で定量的に刺激して涙液を得ることは困難だが, わさびによる味覚刺激ではこれが比較的容易に行えるため, 刺激方法としても適切であると考えた。今回の実験に先立って行った予備実験で, 同一被検者で5日間連続測定した場合の標準偏差は平均値の28%と再現性が保たれており, 綿棒による鼻粘膜刺激の場合に生ずる経日的な刺激期間の延長などはみられなかった。刺激効果の個体差についてみると, 実験2のデータからもわかるように正常群では安定した刺激効果が得られた。また, 涙液の採取時間, すなわち涙液分泌速度の違いにより涙液組成に差があることが予想されるが, この点に関しては今回は検討しなかった。

今回得られた結果から, 以下に述べるように涙腺の分泌機序とその支配神経の作用についても考察を試みた。

1. pHとΔpHの意義

涙液の定常状態のpH値であるpH_iは, その値が刺激強度を変えると若干上下する傾向があった。しかし, 有意な差は認められず, その理由として涙液中に血漿よりも高濃度で含まれている重炭酸イオン³⁾の大きな緩衝作用が考えられる。初期変化量であるΔpH_iは涙液試料からのCO₂の逃散によるHCO₃⁻の減少を表している⁵⁾⁶⁾。すなわち, この値が大きいことは試料中に含まれるHCO₃⁻の初期濃度が高いことを意味しており, 今回50μlによる刺激の際にΔpH_iが高い値を示したことは, 涙腺でも唾液腺と同じくHCO₃⁻濃度の上昇を伴う涙液分泌機構が存在すること¹²⁾を示唆している。このことは炭酸脱水酵素阻害剤であるアセタゾラミドの全身投与によって涙液分泌量が減少したとのRohrschneiderら¹³⁾の報告からも推察される。また, 後期変化量であるΔpH_Lでも50μlで有意に大きい値を示しており, 同様のことが考えられる。しかし, ΔpH_i, ΔpH_Lともに100μlでは有意な差はなく, また, 図5に示すように100μlよりも50μl刺激の方がK⁺濃度は大きい値を示していた。このことは, 100μl刺激の場合にK⁺濃度上昇を伴う副交感性涙液分泌に対する交感神経系の抑制効果が顕著になる可能性を示唆している。また, 分泌機序の詳細は明らかになっていないが, HCO₃⁻濃度上昇を伴う涙液分泌も100μlの場合には抑制されると推察される。

pH_iおよびΔpHに影響を及ぼすその他の因子として, 今回の実験系では結膜囊内の涙液を対象としているので

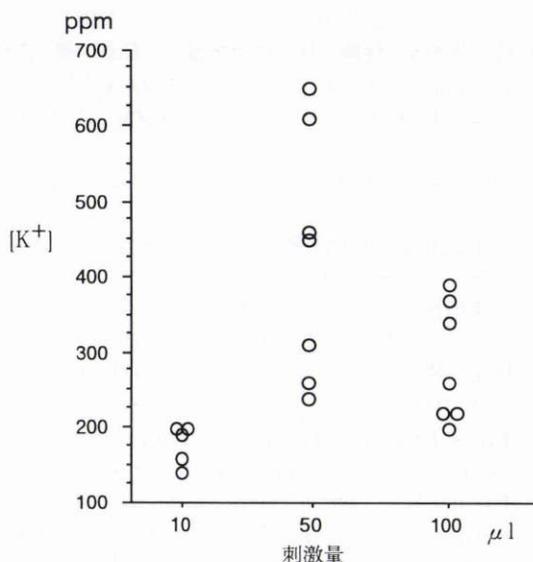


図5 蒸留水刺激の点眼量による [K⁺] の差異。

空気に触れることによる CO₂ の逃散⁵⁾⁶⁾, 結膜囊内に常在する細菌の産生する酸などの影響⁶⁾を考慮しなければならない。

実験2では, 刺激の方法が実験1とは異なるが, 涙液採取時の状態による比較では全体の傾向として実験1と同様であった。pH₁は正常群と HCL 群で無麻酔時と回復時に差が認められたが, これは一連の測定で麻酔を繰り返すうちに涙液採取時間が延長し, 結膜囊内に挿入したサンプリングシートの端からの CO₂ 逃散による pH 上昇が起こったものと考えられる。また, 減少群ではもともと涙液産生量が減少しており, 採取時間が長いためにこの差が現れなかったと考えられる。ΔpH₁では有意な違いは認められなかったが, ΔpH₁は正常群の回復時が無麻酔時よりも高く, この差も前述の涙液採取時の刺激強度の違いによる HCO₃⁻濃度の差によるものと考えられる。

減少群の ΔpH₁は正常群よりも低値を示し, 麻酔時に有意な差があったが, これは涙腺細胞での分泌機能の差に基づくもので, 涙液分泌低下群では HCO₃⁻流出を伴う分泌系の機能が低下していることを示唆している。また, 前眼部が乾燥することにより結膜細菌叢に正常群とは違いを生じていることも推察され, その酸産生能に差があることが予想されるが, 細菌学的な検討も必要である。

2. 涙液分泌機構

涙腺の構造は, 同じ外分泌腺である唾液腺と類似していると考えられている。一般の外分泌腺は腺房, 介在部導管, および線条部導管の構造を持つが, 涙腺および大唾液腺の中の舌下腺は線条部が未発達である¹⁾。このため, 腺房で産生された分泌液は導管部におけるイオンの再吸収を殆ど受けずに分泌される。涙液中に放出される Na⁺は唾液腺と同様に細胞内から腺腔への Cl⁻, あるいは HCO₃⁻の流出に伴って基底側から細胞間隙を通過して腺

腔側へ移動すると推察される^{12)~14)}。また K⁺は, 腺細胞から開口放出される顆粒中のもの, ならびに腺腔膜の K⁺チャネルから流出する⁸⁾ものが考えられ, これらはいずれも腺腔内の K⁺濃度を細胞外液以上に上昇させると考えられる。涙腺は線条部でのイオンの出入りが殆どないために, 涙腺開口部から放出される涙液は腺房部で産生された涙液の性状を反映しているものと考えられる。

今回行った実験の1および2ともに刺激時の涙液で唾液腺の場合とは逆に K⁺濃度の上昇が観察された。この特性は刺激時に Na⁺濃度が上昇し, K⁺濃度が低下するという唾液の分泌機構¹²⁾とは対称的で, 涙腺では安静時および味覚刺激時には K⁺濃度上昇を伴う分泌機構が Na⁺濃度上昇を伴う分泌機構よりも主要な役割を演じていると考えられる。この K⁺イオンは主に前述の涙腺細胞から腺腔内に分泌されると考えられ, K⁺濃度の変動を観察することは, すなわち涙腺細胞の涙液分泌動態をみていると考えられる。

今回の実験2の減少群の K⁺濃度をみると, 無麻酔時には正常群より有意に低い値であるのに対し, 味覚刺激による反射性分泌涙液では正常群と差がなかった。このことは涙液分泌減少者であっても涙腺細胞の涙液産生能力は残存しているが, 角膜の浸透圧刺激などに対する感受性が低下していることを示唆している。また, 涙液減少群の刺激時の標準偏差は正常群の2倍であり, 個々の症例をみると, 刺激時に K⁺濃度が上昇するものと上昇しないものが混在しており, いくつかのパターンに分けられるようであった。今後の詳細な研究が必要と思われる。

3. 涙腺の支配神経と分泌機構

涙腺は交感・副交感神経の二重支配を受けている。涙液分泌の求心路は角膜や結膜などからの三叉神経により, 一方, 遠心路は副交感神経性分泌は涙腺神経核から顔面神経・翼口蓋神経節を経て涙腺に達し, 交感神経性分泌は上頸神経節から翼口蓋神経節を通過して涙腺に達するとされている²⁾。今回行った実験1では蒸留水点眼という低浸透圧刺激によって涙液分泌が亢進し, また, 実験2では角結膜の表面麻酔によって涙液分泌が抑制されることがわかった。これらのことから, 角結膜表面での涙液の蒸発に伴う浸透圧の上昇が三叉神経の末端の受容器を刺激して涙腺からの涙液分泌を引き起こしていると考えられ, 基礎涙液分泌の調節に涙液浸透圧刺激の関与が重要であると推察される。

今回, 正常群と減少群の他に HCL 群についても検討したが, この HCL 群は各測定値で正常群と減少群の中間の値を示す傾向があった。涙液分泌には角膜知覚が重要であり¹⁵⁾, HCL の装用という状況が角膜知覚の低下を引き起こし¹⁶⁾, 前述の涙液分泌の求心路の鈍麻が涙液分泌調節機構に変化をもたらしていることも推察される。HCL の長期間の装用によって次第に減少群の方へ近付

いて行くことも考えられ、今回は装用年数についての検討を行っていないが、今後さらに研究が必要である。

今回、この pH および Δ pH と、 Na^+ および K^+ 濃度の測定を正常者のみならず、分泌異常者にも行ったことにより、涙液分泌機能や結膜上の涙液性状を臨床的にも推察できるようになり、涙腺機能に関連した疾患を有する患者の病態の把握に有用と思われた。また、涙液減少者でも、刺激時の K^+ 濃度が増大するものとしなないものがあるので、涙腺機能障害の病態にいくつかのタイプが存在する可能性が示唆された。

稿を終えるにあたり、ご指導、ご校閲を賜った眼科学講座田澤 豊教授、岩手医科大学口腔生理学講座鈴木 隆教授、直接研究のご指導を賜った同講座佐藤 匡助教授、ならびに試料の採取でご助力を賜った志和眼科吉村 弦先生に深謝いたします。

文 献

- 1) 神谷貞義：涙の性状—涙液膜の構造破壊とそれに伴う症状と治療—。眼科 21: 1351—1358, 1979.
- 2) 新家信行：涙液分泌。日本臨床 44: 1516—1520, 1986.
- 3) Milder B: The lacrimal apparatus. In: Moses RA, et al (Eds): Adler's Physiology of the Eye. The C.V. Mosby Company, Toronto, 19—22, 1987.
- 4) 山口ひとみ, 西川潤子, 布出優子, 中倉博延, 森下清文, 渡辺千舟：糖尿病性網膜症に関する臨床的研究。その 1. 涙液の pH・ Na^+ ・ K^+ 値について。眼紀 41: 1228—1232, 1990.
- 5) 佐々木克哉, 吉村 弦, 田澤 豊, 佐藤 匡：眼科領域における定常状態 pH 値と pH の時間変化量 1. 正常人の涙液。眼紀 43: 1413—1418, 1992.
- 6) 佐々木克哉, 佐藤 匡, 佐々木雄一, 田澤 豊, 吉村 弦：安静時と刺激時の涙液の pH, pH 変化量, Na^+ および K^+ 濃度の差異。あたらしい眼科 11: 1219—1221, 1994.
- 7) 丸山早苗：家兎涙液の分泌機構に関する研究。眼紀 25: 918—927, 1974.
- 8) 吉川太刀夫, 赤木好男：涙腺の水分・塩分分泌機構。眼紀 29: 680—697, 1978.
- 9) 新家信行：反射性涙液分泌機構に関する神経生理学的研究。日本生理誌 46: 191—204, 1984.
- 10) 坪田一男：ドライアイ。あたらしい眼科 8: 1017—1018, 1991.
- 11) Jones LT: The lacrimal secretory system and its treatment. Am J Ophthalmol 62: 47—60, 1966.
- 12) Turner RJ: Mechanisms of fluid secretion by salivary glands. In: Malamud D, et al (Eds): Saliva as a diagnostic fluid. Ann NY Acad Sci New York 694: 24—35, 1993.
- 13) Rohrschneider K, Koch H-R: Auswirkungen von Acetazolamid (Diamox®, Glau-pax®) auf die Tränenproduktion. Klin Mbl Augenheilk 199: 79—83, 1991.
- 14) Dartt DA, Møller M, Poulsen H: Lacrimal gland electrolyte and water secretion in the rabbit: Localization and role of (Na^+ + K^+)-activated ATPase. J Physiol 321: 557—569, 1981.
- 15) Jordan A, Baum J: Basic tear flow—Does it exist? Ophthalmol 87: 920—930, 1980.
- 16) Millodot M: Corneal sensitivity. Int Ophthalmol Clin 21: 47—54, 1981.