

厚生労働科学研究費補助金  
特別研究事業

プール水泳後の洗眼が眼表面に与える影響  
及びその有効性に関する研究

平成20年度 総括研究報告書

研究代表者 加藤 直子

平成 21 (2009) 年 3 月

## 目 次

|                                      |          |
|--------------------------------------|----------|
| I. 総括研究報告                            |          |
| プール水泳後の洗眼が眼表面に与える影響<br>及びその有効性に関する研究 | ----- 2  |
| 加藤直子                                 |          |
| II. 分担研究報告                           |          |
| 水泳前後の角膜上皮障害の<br>生体共焦点顕微鏡による検討        | ----- 14 |
| 村戸ドール                                |          |
| III. 参考資料                            | ----- 18 |

厚生労働科学研究費補助金（特別研究事業）

総括研究報告書

プール水泳後の洗眼が眼表面に与える影響及びその有効性に関する研究

研究代表者 加藤直子 慶應義塾大学医学部眼科学教室講師

研究要旨

我が国の水泳プールについては、感染症を予防するために塩素濃度を 0.4~1.0 mg/L とすることが定められている。研究代表者らの先行研究において、この塩素濃度の低浸透圧液は眼表面粘膜を障害することが明らかにされた。すなわち、ゴーグルを着用せずに水泳を行い、さらにその後水道水で洗眼を行うことは、眼表面粘膜保護という観点からは余り推奨できないことが示唆された。しかし、先行研究では研究デザインが実際の水泳に則しておらず、また、実際の水泳時にゴーグルを着用することの効果については検証していなかった。

本研究では、健常ボランティアに実際に 1 時間の水泳を行ってもらい、ゴーグルを着用した場合としない場合とで角結膜等の状態を比較した。また、水泳後に洗眼をするものとし、しないものでも角結膜の状態等を比較し、水泳後の洗眼が眼表面に与える影響についても検討を行った。具体的には、63 名の健常ボランティア（年齢 32.1 ± 10.6 歳、男性 46 名、女性 17 名）を無作為に 2 群に分け、一方はゴーグルを着用し、他方はゴーグルなしで、室内プールで 1 時間の水泳を行った。その前後に、視力、眼圧、細隙灯顕微鏡検査（角結膜上皮障害を観察するためのフルオレセイン、ローズベンガル染色検査を含む）、アンテリオールフルオロメーター測定、角膜知覚検査、角膜厚測定検査、生体共焦点顕微鏡検査、結膜囊細菌培養検査を行った。また、2 週間後まで追跡調査を行い、合併症や後遺症がないかを確認した。

水泳中にゴーグルを着用しなかった群では、水泳直後のフルオレセインスコア、ローズベンガルスコア、アンテリオールフルオロメーター値ともに、水泳前の値に比べて有意な増加がみられた（いずれも  $p < 0.001$ ）。それに対して、ゴーグルを着用していた群では角結膜染色スコア、アンテリオールフルオロメーター値には有意差はなかった。水泳直後に悪化したデータは、水泳後 2 週間までの間に全例で正常値に回復した。視力、眼圧、涙液層破綻時間、角膜知覚、角膜厚測定では、ゴーグルを着用した群、着用しなかった群ともに、水泳による有意な変化はみられなかった。さらに、ゴーグルを着用した群、着用しなかった群とも、水泳後の洗眼の有無と種類による分類では 3 つのサブグループ間での有意差はみられなかった。2 週間の追跡調査で、感染症の発症は 1 例もなかった。

以上の結果より、プールにおける水泳の際にはゴーグルを着用することが眼表面の保護に極めて有効であることが示唆された。



#### 研究分担者

村戸ドール 慶應義塾大学 Johnson & Johnson 眼光学眼表面寄附講座

#### A. 研究目的

我が国の水泳プールについては「遊泳用プールの衛生基準について」(平成 19 年 5 月 28 日付け健発第 0528003 号厚生労働省健康局長通知)の中で洗眼設備を設けるよう定められており、一般的に水泳後の洗眼は感染症予防のため推奨されている。プールの水質基準については「遊離残留塩素濃度 0.4 mg/L 以上、1.0 mg/L 以下」であることが定められており、これは水中の病原微生物を数十秒で死滅させるのに十分な濃度である。しかし、洗眼により感染症を予防できるとする明確な根拠はなく、むしろ水圧や浸透圧の影響で眼の表面が傷害される可能性が考えられる。一方、水泳中のゴーグルの装用については個人の判断に一任されている。小中学校等では破損の危険性等を考慮して、ゴーグルの装着を積極的に推奨していないところもある。

我々の先行研究により、上に規定される濃度の塩素を含むプールの中で泳ぐことと水道水を用いた洗眼を行うことは、眼表面粘膜を障害する可能性があることが示唆された。しかし、先のデータは、250 ml の溶液(生理食塩水、蒸留水、水道水、0.6 mg/L の塩素を含む生理食塩水の 4 種類)で洗眼を行うことにより示されたもので、実際の水泳時の状態を忠実に再現するものではなかった。また、感染症の発生については検討を行っていなかった。

本研究では、実際の水泳中にゴーグルを装着することと水泳後に洗眼を行うことが眼表面粘膜の状態に与える影響を検討することを目的としている。

#### B. 研究方法

##### 1) 被験者

ドライアイ、アレルギー性結膜炎などがなく、1 時間の水泳を行うことのできる健康者 61 名(年齢 32.1 ± 10 歳、20~58 歳、男性 46 名、女性 17 名)の協力を得た。水泳に先立って候補者全員に、視力、眼圧、細隙灯顕微鏡検査、ドライアイ検査(角結膜上皮障害、涙液層破綻時間、涙液分泌量検査)を行い、異常のないもののみを選出した。緑内障などがあり点眼薬を使用しているもの、コンタクトレンズ装用者、過去

1 年以内に角膜屈折矯正手術などの眼手術を受けているものは除外した。また、糖尿病などの眼表面粘膜の創傷治癒に影響を及ぼす可能性のある全身疾患のあるものは除外した。

年齢を階層化した封筒法にて、全被験者をゴーグル装着する群と装着しない群の 2 群に分類した。さらに、それぞれの群を水泳後に水道水にて洗眼を行う群、人工涙液を点眼する群、何もしない群の 3 群に分けた。

##### 2) 水泳と洗眼

水泳は、東京体育館プールにて実施した。プールの水は定期的に分析が行われており、厚生労働省令第 135 号(平成 19 年)に定める方法により、基準値(付表 1)に適合していることが確認されている。

水泳の前に、すべての被験者に対して、水泳中に眼あるいは全身の異常を感じた場合には直ちに水泳を中断し、検査員に連絡をするよう伝えた。水道水洗眼を行うものは、東京体育館プールに設置されている洗眼水道で普段実施している方法に準じて洗眼を行うように指示した。人工涙液を点眼するものには、水泳直後にソフトサンティア(参天製薬)を数滴点眼するように指示した。

##### 3) 眼科学的検査

本研究において実施した眼科学的検査項目の一覧を付表 2 に示す。水泳前の検査は、水泳の前日までに適応検査と同時に行われた。水泳前の検査で適応を満たすと判断された被験者のみを研究に組み入れた。その後の検査は、水泳の直後、翌日、1 週間後、2 週間後に行った。すべての検査項目の評価は、各症例において片眼のみ(原則として右眼、組み入れには差し支えないが右眼に軽微な異常があると判断されたもののみ左眼)で行われた。

##### ① 問診

問診は、付表 3 に示す問診票を用いて行った。眼の乾燥感、違和感、異物感、痛み、疲れ、不快感、充血、かゆみ、眼の開けにくさ、しょぼしょぼ感、重たい感じ、その他(随意)の 12 項目について、0(全くない)から 4(いつもある)の 5 段階で、検査を行った時点での状態を回答してもらった。全スコアの合計を自覚症状スコアとして記録した。

また、ゴーグルを装着せずに水泳を行っ



た被験者に対しては、水の中で開眼していたおおよその時間を記載してもらった。水道水洗眼を行ったものは、洗眼を行ったおおよその秒数を問診票に記載してもらった。

#### ② アンテリオールフルオロメーター

バックグラウンド値として FL-500™ (興和) を用いて角膜実質の蛍光強度を測定した後、0.5%フルオレセイン液 3μl を結膜嚢に点眼し、10分後に 20 ml の BSS Plus 眼内還流液 0.0184% (日本アルコン) にて結膜嚢を洗浄した。20分後に角膜実質の蛍光強度を再度測定し、バックグラウンド値を差し引いたものをアンテリオールフルオロメーター値とした。

#### ③ 細隙灯顕微鏡検査 (生体染色)

まず染色液を用いずに前眼部の状態を確認した後に、フルオレセイン 2μl を結膜嚢内に点眼し、角膜を上、中、外部に 3 分割し、それぞれの領域での角膜上皮の染まり具合を 0 から 3 点で記載した。また、一旦閉眼した後に開眼し、フルオレセインで染まる涙液の膜が破綻するまでの時間を 3 回測定し、その中央値を涙液層破綻時間として記載した。その後、ローズベンガル液を 2μl 点眼し、角結膜上皮を耳側、中央、鼻側に 3 分割し、それぞれの領域の染まり具合を 0 から 3 点で記載した。

#### ④ 涙液分泌量検査 (シルマー試験)

点眼麻酔などの表面麻酔を行わない状態で、シルマー試験紙を耳側の脣縁にはさみ、5 分間閉眼した状態での涙液分泌量を記載した。

#### ⑤ 角膜知覚検査

コシュボネ角膜知覚計を用いて角膜中央部の知覚を測定した。

#### ⑥ 角膜厚検査

眼軸長・角膜厚測定装置 (AL-2000 ; トーメーコーポレーション) を用いて角膜の中央部の厚みを測定した。

#### ⑦ 生体共焦点顕微鏡検査

点眼により表面麻酔を施した後、生体共焦点顕微鏡 (HRT-II ロストック角膜モジュール : Heidelberg Engineering GmbH) を用いて、角膜中央部の観察を行った。

#### ⑧ 結膜嚢培養検査

下眼瞼結膜を滅菌綿棒で擦過し、慶應義塾大学病院中央検査室に依頼して好気性培

養、嫌気性培養を行った。菌が検出された場合には、検出菌の同定と抗生物質に対する感受性試験を行った。

#### 4) 統計学的解析

統計解析は、JMP (ver.6.0) を用いて行った。統計学的解析については、まず多群間での分散分析を行い、分散に差があると判断された場合には、さらに Dunnett の検定、または Tukey の HSD 検定を行い、各群間の比較を行った。P 値は 0.05 をもって有意差ありと判断した。

#### (倫理面への配慮)

本研究は、臨床研究に関する倫理指針 (厚生労働省 平成 15 年 7 月 30 日) に基づき実施された。実施に先立ち、実施計画、検査の手技、個人情報保護に関する対応などについて慶應義塾大学医学部倫理委員会の承認を得た。また、大学病院医療情報ネットワークへの臨床検査登録を行った。研究への参加に先立って被験者全員に対して研究の概略を説明し、文書による同意を得た。

#### C. 研究結果

##### 1) 問診

問診スコアは、ゴーグルを装着しなかった群では水泳直後に有意に増加した ( $p < 0.001$ ) が、翌日には水泳前の値に回復した。ゴーグルを装着した群では水泳の前後で有意な変化はみられなかった (図 1)。

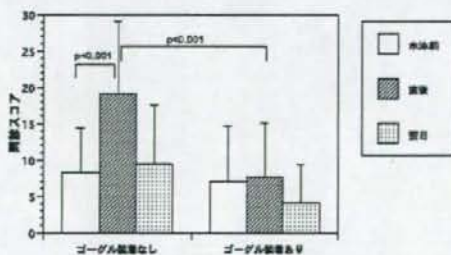


図 1 ゴーグル装着の有無での水泳前後の問診の変化

水泳後の洗眼の有無による分類では、ゴーグルを装着しなかった群では、水道水洗眼をしたもの、生理食塩水点眼を行ったもので水泳直後に問診スコアが増加した。ゴーグルを装着せず水泳後の洗眼も行わなかったものでは、問診スコアが増加する傾向があったが有意な変化ではなかった。ゴー

グルを装着した群では、洗眼の有無、種類に関わらず水泳の前後で問診スコアは変化しなかった (図2)。

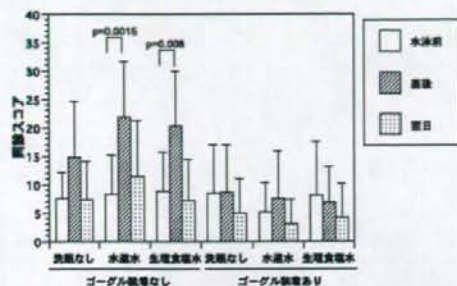


図2 洗眼の有無と種類による水泳前後の問診の変化

## 2) 視力・眼圧

すべての被験者で、水泳の前後で矯正視力に変化はなかった。眼圧についても、同様にすべての被験者で変化はみられなかった。

## 3) 細隙灯顕微鏡検査

ゴーグルを装着しなかった群では、水泳直後にカラー図1に示すような結膜充血を認めた。ゴーグルを装着していた群では、結膜に異常所見のみられた症例はいなかった。

フルオレセイン染色では、ゴーグルを装着しなかった症例では水泳直後に軽度から重度の角膜上皮へのフルオレセインの染色が認められた (カラー図2-4)。

フルオレセインスコアは、ゴーグルを装着しなかった群では水泳直後に有意に増加したが、翌日には水泳前の値に回復した。ゴーグルを装着していた群では、水泳の前後で有意な変化はみられなかった。

水泳後の洗眼による分類では、ゴーグルを装着しなかった群では、洗眼の有無と種類に関わらずすべての群で水泳直後のフルオレセイン染色スコアが水泳前に比べて増加していた。しかし、洗眼の有無と種類による差は見られなかった。ゴーグルを装着していた群ではいずれもフルオレセインスコアは変化しなかった (図4)。

しかし、個別の症例の水泳直後のフルオレセインスコアの分布をみると、ゴーグルを装着していても、水泳後に水道水で洗眼したものでフルオレセインスコアが著しく増加したものが2例認められた (7点と5点)。これら2例での水泳後の水道水洗眼の時間はそれぞれ10秒と30秒であった。

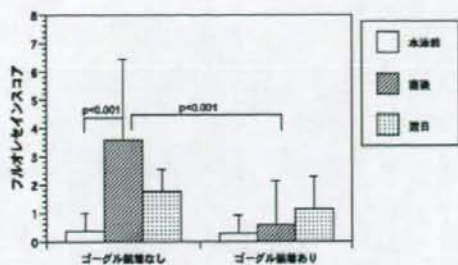


図3 ゴーグル装着の有無での水泳前後のフルオレセインスコアの変化

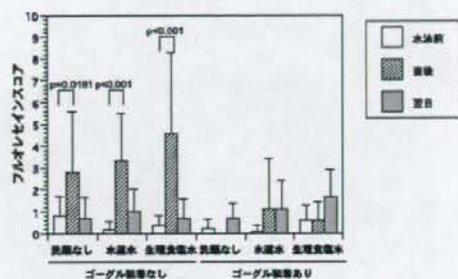


図4 洗眼の有無と種類による水泳前後のフルオレセインスコアの変化

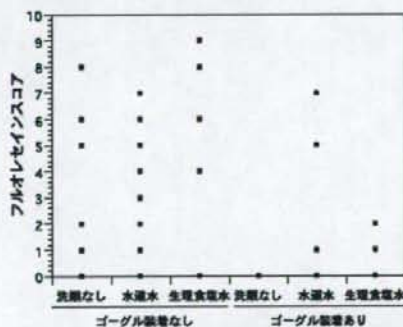


図5 水泳直後の被験者毎のフルオレセインスコアの分布

ローズベンガル染色では、ゴーグルを装着しなかった症例では水泳直後に軽度から重度の角膜上皮へのローズベンガルの染色が認められた (カラー図5、6)。

ローズベンガルスコアは、水泳直後に有意に増加したが、翌日には水泳前の値に回復した。ゴーグルを装着していなかったでは、水泳の前後で有意な変化はみられなかった (図6)。



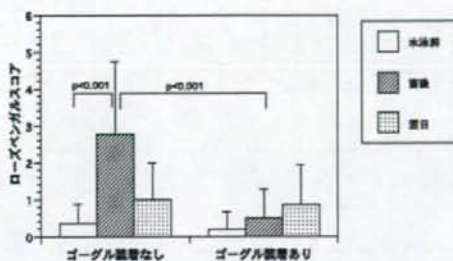


図6 ゴーグルの有無による洗眼前後のローズベンガルスコアの変化

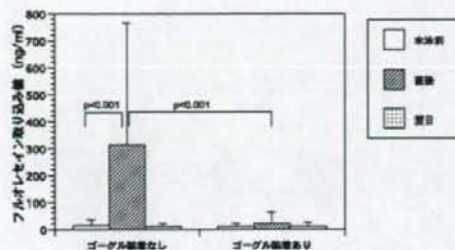


図8 ゴーグルの有無による水泳前後のアンテリオールフルオロメーター値の変化

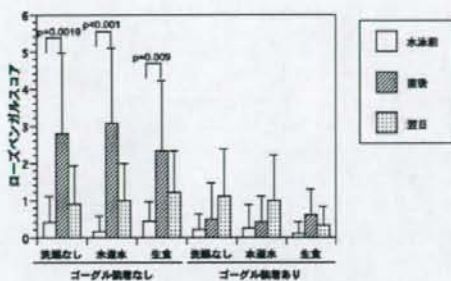


図7 洗眼の有無と種類による水泳前後のローズベンガルスコアの変化

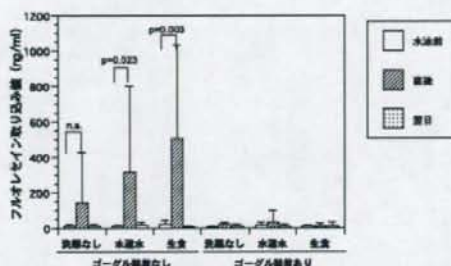


図9 洗眼の有無と種類による水泳前後のアンテリオールフルオロメーター値の変化

水泳後の洗眼による分類では、ゴーグルを装着していなかった群では、水道水洗眼、生理食塩水点眼、洗眼なしのいずれのものも水泳直後のローズベンガルスコアは水泳前と比較して有意に増加していた。しかし、洗眼の有無と種類による差はみられなかった。ゴーグルを装着していた群では、洗眼の有無と種類に関わらず、ローズベンガルスコアは水泳前の値から変化しなかった(図7)。

フルオレセインスコア、ローズベンガルスコアともに、水泳直後で悪化した群でもすべて翌日には水泳前の値に回復した。1週後、2週後の検査では異常値を示した症例は一例もなかった。

涙液層破綻時間については、ゴーグルの有無、洗眼の有無と種類に関わらず、水泳の前後で有意な変化はみられなかった。

#### 4) アンテリオールフルオロメーター

ゴーグルを装着していなかった群では水泳直後にアンテリオールフルオロメーター値の有意な増加が認められた。一方、ゴーグルを装着していた群では、アンテリオールフルオロメーター値には変化は見られなかった(図8)。

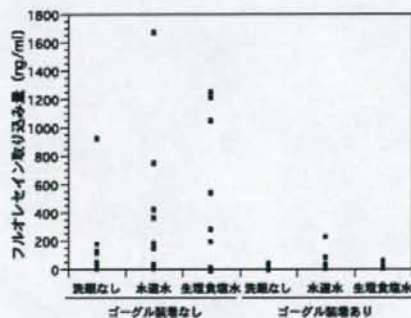


図10 水泳直後の被験者毎のアンテリオールフルオロメーター値の分布

水泳後の洗眼による分類では、ゴーグルを装着していなかった群では、洗眼の有無と種類に関わらず全部の群で水泳直後のアンテリオールフルオロメーター値が増加していた。各群間に有意差はなかった。ゴーグルを装着していた群では、洗眼の有無と種類に関わらずすべての群で水泳前後の値に変化はなかった(図9)。

しかし、個々の症例の水泳直後のアンテリオールフルオロメーター値の分布をみると、ゴーグルを装着していた群の中にも、水泳後に水道水洗眼を行ったもののうち値が著しく上昇したものが1眼あった(227.6 ng/ml)。この症例は、フルオレセインスコアが増加した2眼のうちの1眼であった(図10)。

アンテリオールフルオロメーター値は、水泳直後に有意に増加したが、翌日から1週間目の検査までの間に全例で水泳前の値に回復した。

#### 5) 角膜知覚検査

角膜知覚については、ゴーグルの有無、洗眼の有無と種類に関わらず、いずれの群でも水泳の前後で有意な変化はみられなかった。

#### 6) 角膜厚検査

角膜厚については、ゴーグルの有無、洗眼の有無と種類に関わらず、いずれの群でも水泳の前後で有意な変化はみられなかった。

#### 7) 生体共焦点顕微鏡検査

生体共焦点顕微鏡検査の結果については、詳細は研究分担者の報告に譲る。ゴーグルを装着しなかった被験者の眼では、水泳直後に角膜上皮最表層の細胞が著しい浮腫をきたし、接着が弱まり涙液中に脱落する様子が観察された。ゴーグルを装着していた被験者では、これらの変化は観察されなかった。

#### 8) 結膜囊細菌培養検査

水泳前の結膜囊培養検査で、63眼中46眼(68.3%)で表皮ぶどう球菌、黄色ぶどう球菌、アクネ菌、コリネバクテリウム菌などの常在菌が検出された。(表)。

水泳後の結膜囊培養検査では、50眼(79.4%)で菌が検出された。検出された菌の種類は、水泳前とほぼ同じだった(図11)。

水泳後2週目までの追跡調査で、感染性角結膜炎様の症状を示したものはなかった。

#### 9) 有害事象

63例全例で視力障害、眼圧異常、その他の重篤な有害事象はみられなかった。

表 結膜囊培養で検出された細菌

| 菌種         | 水泳前 | 水泳直後 |
|------------|-----|------|
| 表皮ぶどう球菌    | 18  | 19   |
| アクネ菌       | 16  | 23   |
| 黄色ぶどう球菌    | 3   | 2    |
| コリネバクテリウム菌 | 3   | 2    |
| その他        | 6   | 7    |

#### D. 考察

本研究結果により、ゴーグルを装着せずにプールで水泳を行うと、眼表面粘膜に少なからぬ障害が生じることが明らかになった。その原因については、先行研究の結果とも合わせて、プール水の中に含まれる塩素消毒薬の作用と低浸透圧のためと推測される。他にも、今回の研究に協力した被験者は全員がある程度の泳力のある健康な成人であったことより、水泳中の水流の影響なども考えられる。

複数の指標について評価が行われたが、中でもフルオレセインとローズベンガルによる染色スコアと、アンテリオールフルオロメーター値で明らかに変化がみられた。フルオレセインとローズベンガルは、いずれも眼表面の検査に用いられる色素である。前者は角膜上皮細胞の欠損部分を染色し、後者は角結膜上皮細胞の微絨毛から分泌され細胞表面を覆う粘液であるムチンの欠損部分を染色する。それぞれの色素に染色される領域が大きいほど角結膜の上皮障害が重度であることを示している。今回の研究結果から、ゴーグルを装着せずに規定濃度の塩素を投入された水泳プールで泳ぐと眼表面の粘膜が著しく障害され、ゴーグルを装着することでこの障害をほぼ完全に防ぐことができることが明らかとなった。

一方、水泳後の洗眼に関しては、ゴーグルを装着する群、装着しない群につき、それぞれ水道水洗眼をする群、人工涙液を数滴点眼する群、そして何もしない群の3つのサブグループにさらに分けて観察を行った。しかし、いずれの指標においてもゴーグルの有無による差に対して、洗眼の有無と種類による差は小さく有意ではなかった。すなわち、水泳後の洗眼については、通常の水道水洗眼、点眼薬使用の範囲内では、眼表面粘膜には影響を与えないことを示している。



しかし、注目すべき点として、ゴーグルを装着して泳いだ後に水道水で洗眼した被験者の中に、2例のみではあったがフルオレセインスコアとアンテリオールフルオロメーター値が著しく悪化したものがあった。一方、ゴーグルを装着して泳いだ後に生理食塩水点眼を行ったもの、または何もしなかったものでは、染色スコアやアンテリオールフルオロメーター値が明らかに増加したものは一例もなかったことから、ゴーグルを装着して泳いだ場合でも、水泳後に水道水洗眼を行うことで稀に眼表面粘膜が障害される可能性があることが示唆された。

今回、水道水洗眼を行った被験者には、洗眼したおおよその時間を記載してもらった。その結果は、短いものが5秒(4眼、20%)で、次いで10秒(7眼、35%)、20秒(2眼、10%)、30秒(6眼、30%)、そして一番長時間洗眼したものが50秒(1眼、5%)であった。ゴーグルを装着せず水道水洗眼を行ったもののうちフルオレセインスコア、アンテリオールフルオロメーター値が著しく悪化した2眼での洗眼時間は、それぞれ10秒と30秒と、中間値に近い値であった。また、洗眼時間とフルオレセインスコア、ローズベンガルスコア、またはアンテリオールフルオロメーター値との間に相関関係は認められなかった。このことは、洗眼時間の長さよりも、むしろ個体における眼表面粘膜層の強さに何らかの差があることを示しているのではないかと考えられる。

本研究を開始するにあたり、懸念された事項の一つとして、ゴーグルを装着して泳いだ場合でも細菌やウイルスに汚染されたプールの水がゴーグルの中に漏れ入ってくる可能性があり、水泳後に洗眼をしないことで感染症が発生する危険性が考えられた。また、ゴーグルを装着せずに水泳を行った場合も、角膜上皮障害が生じるとその部分から病原微生物が侵入し、感染症が発生する危険性も考えられた。しかし、少なくとも今回の調査に参加した63名では、2週目までの追跡調査の間、感染性角結膜炎の可能性が疑われたものは一人もいなかった。細菌やウイルスによる感染性角結膜炎の潜伏期間は、数日から2週間程度であるため、本研究の実施に伴う感染症の発生はなかったと判断できると考えている。

細菌、ウイルスなどの生物学的特性を考慮すると、水道水に塩素消毒薬を投入して作るプールの水の浸透圧は0 mOsm/Lに近い低浸透圧であり、その中には多くの微生物の細胞膜が破壊されると考えられる。ま

た、0.4 mg/L以上の濃度の塩素の作用で細菌やウイルスの生存は困難と考えられる。本研究でゴーグルを装着しなかった群、水泳後に洗眼を行わなかった群を含めて一例も感染症の発生はみられなかったことは、プールの水に投入されている塩素消毒薬の有効性を裏付けていると言えるかもしれない。しかしながら、感染症に関する検討を行うには今回の研究の規模が十分であったとは言い難い。この点については、今後大規模なフィールド調査を実施するなどの必要性があるであろう。

#### E. 結論

塩素濃度が0.4~1.0 mg/Lに保たれているプールで水泳を行う時には、眼表面粘膜保護の観点からはゴーグルを装着することが望ましい。水泳後の水道水による洗眼は、積極的には推奨できない。

#### F. 健康危険情報

特になし

#### G. 研究発表

- 1) 加藤直子. プール後の洗眼が眼表面に与える影響及びその有効性に関する研究. 厚生労働省生活衛生課技術担当者研修会 平成21年3月9日

#### H. 知的所有権の出願・特許状況

なし

付表1 プール水の水質基準

| 分析項目   | 基準値          |
|--------|--------------|
| pH値    | 5.8以上8.6以下   |
| 濁度     | 2度以下         |
| 有機物    | 12 mg/L以下    |
| 大腸菌    | 検出されないこと     |
| 一般細菌   | 200 CFU/mL以下 |
| 遊離残留塩素 | 0.4 mg/L以上   |

付表2 本研究における検査実施項目

| 検査項目            | 水泳前 | 水泳直後 | 翌日 | 1週 | 2週 |
|-----------------|-----|------|----|----|----|
| 問診              | ●   | ●    | ●  | ●  | ●  |
| 視力              | ●   | ●    |    |    | ●  |
| 眼圧              | ●   | ●    |    |    | ●  |
| アンテリオールフルオロメーター | ●   | ●    |    |    |    |
| 細隙灯             | ●   | ●    | ●  | ●  | ●  |
| フルオレセイン         | ●   | ●    | ●  | ●  | ●  |
| ローズベンガル         | ●   | ●    | ●  | ●  | ●  |
| 涙液分泌量測定         | ●   |      |    |    |    |
| 角膜知覚測定          | ●   | ●    |    |    |    |
| 角膜厚測定           | ●   | ●    |    |    |    |
| 生体共焦点顕微鏡        | ●   | ●    |    |    |    |
| 結膜嚢培養           | ●   | ●    |    |    |    |

● は実施項目



付表 3 本研究において使用した問診票

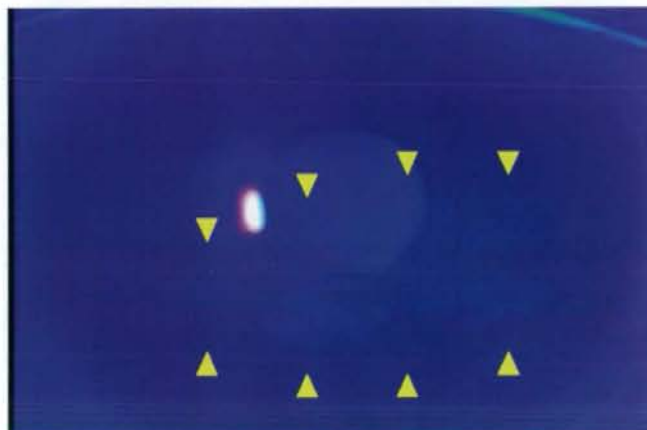
|     |  | いつも | よくある | 時々                | たまに | 全然ない |
|-----|--|-----|------|-------------------|-----|------|
| 1)  | 乾燥感(涙が出ない、潤いがないなど)を感じますか？              | 4   | 3    | 2                 | 1   | 0    |
| 2)  | 目の違和感を感じますか？                           | 4   | 3    | 2                 | 1   | 0    |
| 3)  | 目の異物感を感じますか？                           | 4   | 3    | 2                 | 1   | 0    |
| 4)  | 目の痛み(ちくちくする、ひりひりするなど)を感じますか？           | 4   | 3    | 2                 | 1   | 0    |
| 5)  | 目の疲れを感じますか？                            | 4   | 3    | 2                 | 1   | 0    |
| 6)  | 目の不快感を感じますか？                           | 4   | 3    | 2                 | 1   | 0    |
| 7)  | 目が充血しますか？                              | 4   | 3    | 2                 | 1   | 0    |
| 8)  | 目がかゆいことがありますか？                         | 4   | 3    | 2                 | 1   | 0    |
| 9)  | 目が開けにくいことがありますか？                       | 4   | 3    | 2                 | 1   | 0    |
| 10) | 目がしょぼしょぼしますか？                          | 4   | 3    | 2                 | 1   | 0    |
| 11) | 目が重たい感じがしますか？                          | 4   | 3    | 2                 | 1   | 0    |
| 12) | その他症状があれば具体的に記入し、その頻度に○をつけて下さい。<br>( ) | 4   | 3    | 2                 | 1   | 0    |
|     |  |     |      | 1)~12)で回答したスコアの合計 |     |      |

## 水泳当日のみ

|     |                                    |      |   |   |   |   |
|-----|------------------------------------|------|---|---|---|---|
| 13) | ゴーグルをどのくらいしていましたか？                 | 4    | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 14) | ゴーグルをしていなかった方は、水中でどのくらい目を開けていましたか？ | 分くらい |   |   |   |   |
| 15) | プール後の洗眼をした方は、何秒くらい洗いましたか？          | 秒くらい |   |   |   |   |

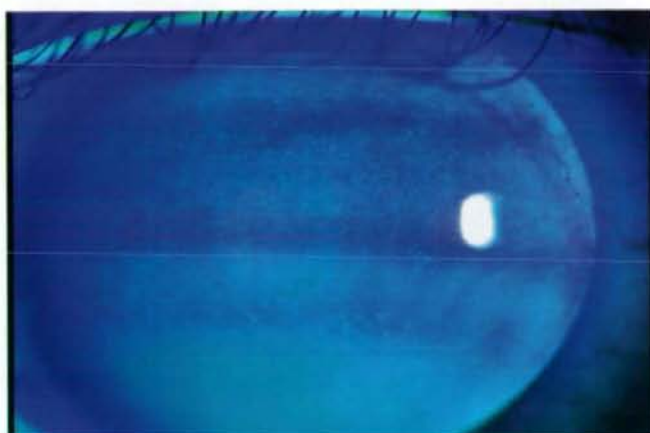


カラー図1 ゴーグルを装着せずに泳いだ症例の前眼部写真  
真  
球結膜全体に著しい充血が見られる。



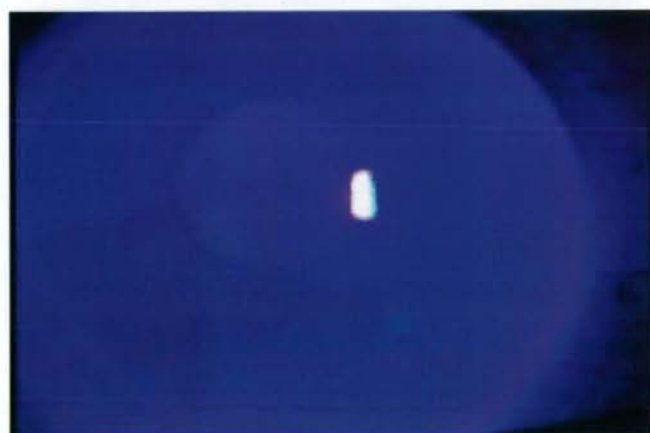
カラー図2 ゴーグルを装着せずに泳いだ症例のフルオレ  
セイン染色写真  
角膜中央から下方にかけてびまん性の点状の上皮欠損が集積して  
いる (▲)。





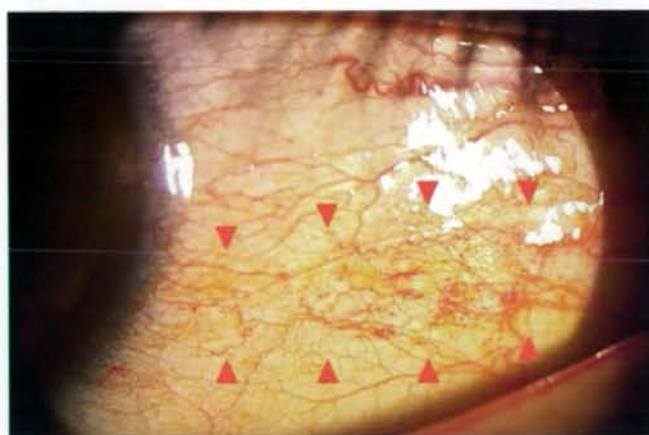
カラー図3 ゴーグルを装着せずに泳いだ症例のフルオレ  
セイン染色写真

角膜全体にびまん性の点状の上皮欠損が集積している（黄色の点  
状に染まっている部分）。



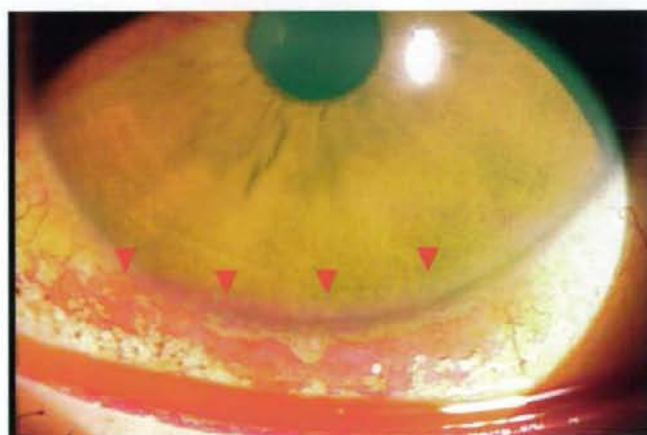
カラー図4 ゴーグルを装着せずに泳いだ症例のフルオレ  
セイン染色写真

角膜中央から下方にかけてびまん性の点状の上皮欠損が集積して  
いる（黄色の点状に染まっている部分）。



カラー図5 ゴーグルを装着せずに泳いだ症例のローズベンガル染色写真

鼻側結膜中央部付近にローズベンガル液の点状の染まりが集積している(▲)。



カラー図6 ゴーグルを装着せずに泳いだ症例のローズベンガル染色写真

角膜の下方、角結膜の境界部からやや結膜側に向け、ローズベンガル液による染まりが面状につながっている(▲)。重症例である。



研究分担者 村戸ドール 慶應義塾大学医学部 J&J眼表面眼光学講座

水泳前後の角膜上皮障害の生体共焦点顕微鏡による検討

**研究要旨:** 小中学校における水泳授業時のプール水中に含まれる塩素が眼表面状態に影響を及ぼす可能性についてゴーグル着用の観点から比較検討した。我々は対象者をゴーグル着用群(32名)ならびにゴーグル非着用群(31名)の二つのグループにわけ角膜上皮障害の程度を生体共焦点顕微鏡検査にて調べた。角膜上皮障害における生体共焦点顕微鏡のパラメータとして最表層角膜上皮密度および上皮脱落部位について検討を加えた。ゴーグル非着用群では着用群に比較して角膜最表層上皮細胞密度が有意に減少し、上皮の脱落も著明に増えたことが観察された。これら結果より水泳に伴う角膜上皮障害の予防にゴーグル着用がある程度効果的であるという結論に達した。

**A. 研究目的:**

今回我々は水泳時のゴーグル着用の有無が角膜上皮に与える影響を調べた。

**B. 研究方法:**

対象者(男性:46名、女性:17名)をゴーグル非着用(男性:22名、女性:9名;平均年齢:32.3±11.2歳)とゴーグル着用(男性:24名、女性:8名;平均年齢:32.1±10.6歳)の二つの群にわけ、水泳前と2週間後に生体共焦点顕微鏡を用いて角膜最表層上皮細胞密度の変化を検討した。各例の両眼の生体共焦点顕微鏡の画像より解像度の良いものを3枚選び角膜上皮細胞密度を算出した。統計学的な検討にWilcoxon testを用いた。

(倫理面への配慮)

本研究は慶應義塾大学医学部倫理委員会の承認の下で行なわれ、対象者より承諾書に捺印が得られたもののみ検査を施行した。

**C. 研究結果:**

ゴーグル非着用で水泳した殆どの者では角膜(図1A)及び結膜に(図1B)高度な上皮障害を認めた。ゴーグルなしで水泳した群の水泳前の角膜上皮細胞密度は $2359 \pm 1033 \text{ cells/mm}^2$ で水泳後は $1566 \pm 885 \text{ cells/mm}^2$ と有意に減少していたがゴーグルを着用し水泳した群では水泳前後で有意な差が認められなかった(図2)。ゴーグル無しで水泳した群における水泳直後の生体共焦点顕微鏡検査では殆ど角膜上皮の著しい脱落と角膜上皮障害が観察された(図3A-B)。水泳後1週間目の時点でも殆どの症例では高度の角膜上皮脱落を認めた(図4A-B; 図5A-B)。

**D. 考察:**

ゴーグル無しで水泳したものでは眼表面上皮に高度な障害がおきることを生体共焦点顕微鏡検査でも認めこの結果はプール水中に含まれている塩素や多彩な科学物質の角結膜上皮に対する毒性によるものだと思われる。

**E. 結論**

水泳時のゴーグル着用により角膜上皮障害がおさえられることが示唆され、水泳の際にゴーグル着用を積極的に進めるべきであると考えられる。

**F. 健康危険情報**

総括研究報告書を参考に

**G. 研究発表**

1. 論文発表

該当無し

2. 学会発表

該当無し

**H. 知的財産権の出願・登録状況(予定を含む。)**

1. 特許取得

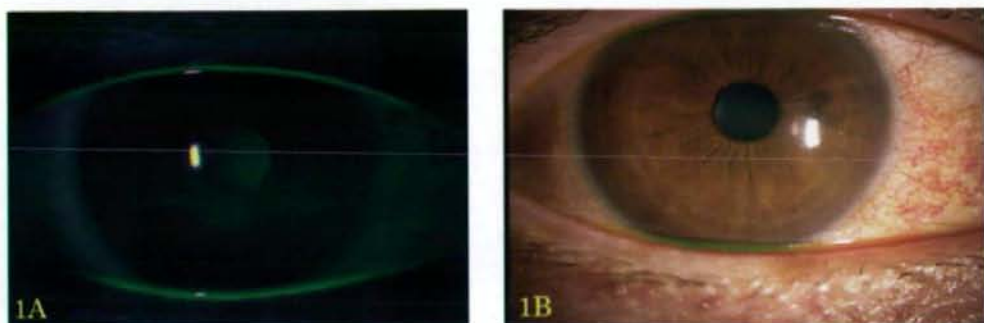
該当無し

2. 実用新案登録

該当無し

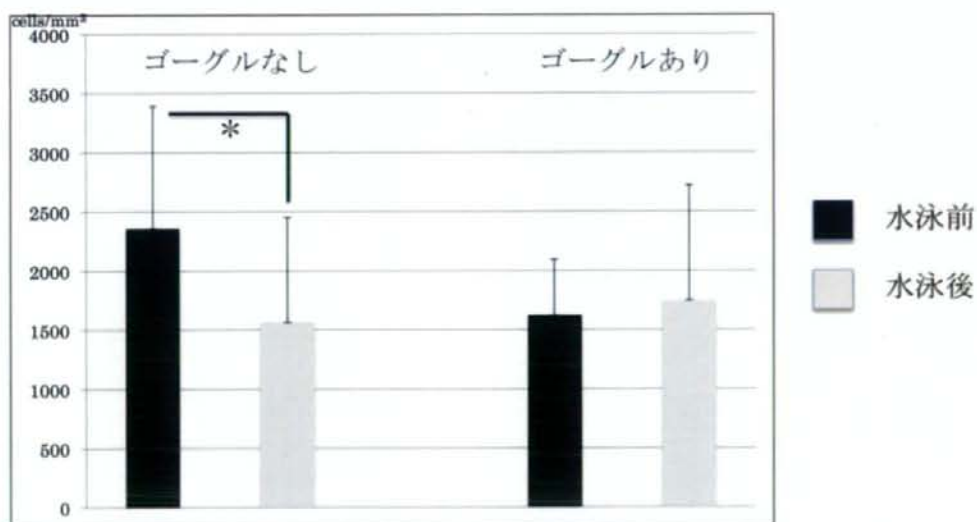
3. その他

図1 ゴーグル無しで水泳した典型例の水泳後の角膜フルオレセイン染色および結膜ローズベンガル染色の背景



角結膜（眼表面）上皮に著しい障害が認められる。

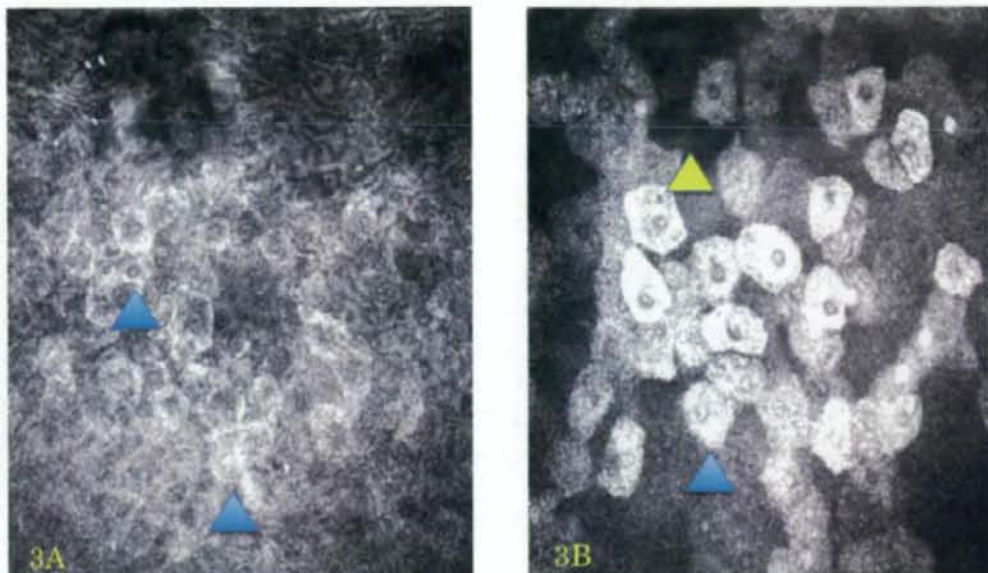
図2：水泳前後の角膜再表層上皮細胞密度の変化



Wilcoxon matched pairs test \*  $p=0.03$

ゴーグルを着用しないで水泳した群では水泳後に角膜最表層上皮細胞密度の有意な減少が認められるもののゴーグルを着用した群では変化が見られなかった。

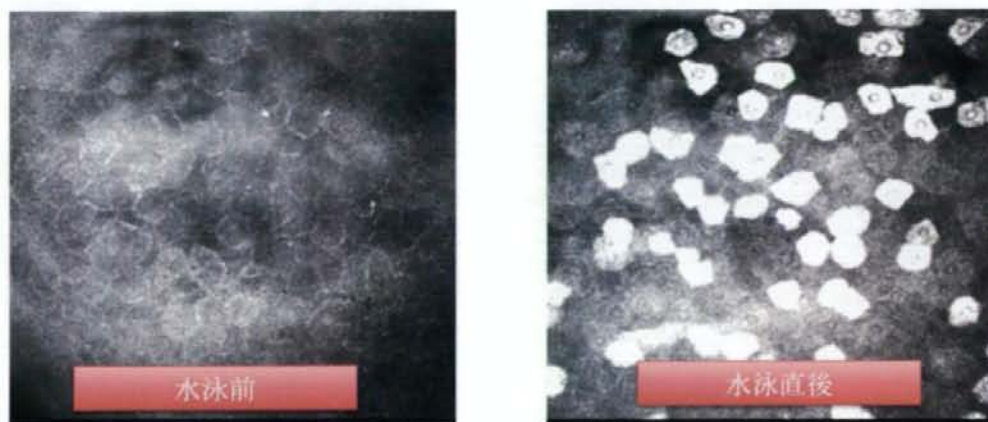
図 3A-B:ゴーグル無しで水泳した典型例の水泳後に生体共焦点顕微鏡を用いて観察された角膜再表層上皮細胞の背景



3A:生体共焦点顕微鏡にて水泳前に正常な角膜上皮細胞が観察され（青い三角）、傷を認めない。

3B:水泳直後では角膜上皮細胞の著しい脱落（青い三角）と角膜の傷（黄色い三角：黒い領域）が認められる。

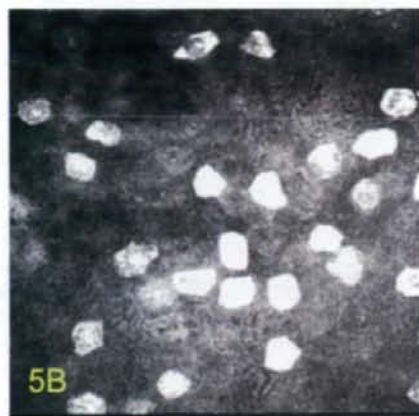
図 4A-B:ゴーグル無しで水泳した他の例の水泳直後に観察された角膜再表層上皮細胞の背景



水泳前に正常な角膜上皮細胞が観察されているが水泳後は上皮の高度な脱落が認められる。



図 5A-B: ゴーグル無しで水泳した他の例の水泳直後に観察された角膜再表層上皮細胞の背景



水泳前に正常な角膜上皮細胞（中層）が観察されているが水泳後は上皮の高度な脱落が認められる。

## Deleterious Effects of Swimming Pool Chlorine on the Corneal Epithelium

Misaki Ishioka, MD,\*† Naoko Kato, MD,†‡ Akira Kobayashi, MD,§  
Murat Dogru, MD,†‡ and Kazuo Tsubota, MD†‡

**Purpose:** To study the effect of rinsing with tap and pool water on the ocular surface epithelium.

**Methods:** Twenty eyes of 10 volunteers were irrigated in the following order with 250 mL (50 seconds) of physiological salt solution (PSS), distilled water (DW), tap water, or PSS with chlorine (0.5 mg/L). The pH of each fluid was 6.4, 6.8, 6.8, and 6.4, respectively. Vital staining, fluorophotometric assessment, and confocal microscopy were performed before and after irrigation with each fluid.

**Results:** Eyes irrigated with PSS with chlorine showed an increase in fluorescein scores, and eyes washed with both tap water and PSS with chlorine showed an increase in Rose Bengal scores. Corneal fluorescein uptake measured by anterior fluorometer was not altered by eye irrigation with PSS, DW, or tap water. However, PSS with chlorine resulted in a significant increase in corneal fluorescein uptake. Confocal microscopy showed corneal epithelial cell damage in eyes rinsed with PSS with chlorine.

**Conclusions:** Chlorine was determined to be potentially harmful to the corneal epithelial barrier. This study indicated the possibility that swimming without goggles might become a risk factor for corneal epithelial integrity, suggesting encouragement of goggle wear while swimming.

**Key Words:** eye irrigation, corneal epithelial barrier, swimming pool, goggles, chlorine

(*Cornea* 2008;27:40–43)

Swimming in swimming pools often causes eye redness, itchiness, and irritation, and the ophthalmic examination in such cases may reveal superficial punctate keratitis and conjunctival and ciliary injection.<sup>1</sup> Symptoms indicating the presence of corneal edema such as seeing rainbows and/or halos around lights and the presence of corneal epithelial

erosions in a punctate or linear pattern by slit-lamp microscopy are typical findings after swimming.<sup>1</sup>

Haag and Gieser<sup>1</sup> speculated that corneal epithelial damage after swimming may be attributed to several factors: pH, hypotonicity, chloramine, or mechanical factors. However, they did not determine how these factors were harmful to the ocular surface, and no additional or supplementary studies about the relation between the epithelial impairment of the ocular surface and swimming pool water were thereafter reported.

Chlorine is the most commonly used disinfectant for swimming pools and for tap water. The Japanese Board of Education requires by law that the concentration of free residual chlorine should be 0.4–1.0 mg/L, so it is added to tap water in swimming pools at schools.<sup>2</sup> Japanese school students are required to rinse their eyes with tap water after swimming, which has been also regulated by law by the Japanese Board of Education.<sup>2</sup> We believe that rinsing eyes with hypotonic tap water after swimming in chlorine-containing swimming pool water may have additive harmful effects on the ocular surface epithelium.

In this study, we conducted an experiment simulating the condition of the eyes during swimming and eye rinsing, in which the ocular surfaces of healthy volunteers were gently irrigated with several types of fluids, and the condition of the corneal epithelium after irrigation was assessed to evaluate the characteristics of epithelial impairment by chlorine as a disinfectant and hypotonicity of fluids.

### MATERIALS AND METHODS

#### Subjects

Ten volunteers (5 women and 5 men; mean age, 34.2 ± 6.1 years) were enrolled in this study. None of the subjects had any history of eye disease, surgery, or use of ophthalmic medications or contact lenses within 1 year before this study. This study followed the guidelines of the tenets of the Declaration of Helsinki for clinical research and was approved by the institutional review board. Informed consent was obtained from all subjects.

#### Eye Irrigation

Both eyes of volunteers were rinsed by using 4 different fluids: physiological salt solution (PSS), distilled water (DW), tap water, and PSS with chlorine. The pH of each fluid was 6.4, 6.8, 6.8, and 6.4, respectively. These data were confirmed just before irrigation. Eyes without instillation of any these fluids

Received for publication April 3, 2007; revision received June 27, 2007; accepted July 10, 2007.

From the \*Ryogoku Eye Clinic, Tokyo, Japan; †Department of Ophthalmology, Tokyo Dental College, Chiba, Japan; ‡Department of Ophthalmology, Keio University School of Medicine, Tokyo, Japan; and §Department of Ophthalmology, Kanazawa University, Kanazawa, Japan.

The authors state that they have no proprietary interest in any of the products named in this article.

Reprints: Misaki Ishioka, Ryogoku Eye Clinic, 4-33-12 Ryogoku, Sumida-ku, Tokyo 130-0026, Japan (e-mail: misaki@misaki-eye.com).

Copyright © 2007 by Lippincott Williams & Wilkins



were used as the controls. To prepare PSS with chlorine, a sodium dichlorocynurate tablet (Presept; Johnson & Johnson, Tokyo, Japan) was dissolved into PSS by adjusting the concentration to 0.5 mg/L of residual chlorine and was used immediately after dissolving.

Before eye irrigation, 1 drop of topical 0.4% oxybuprocaine hydrochloride (Benoxyl; Santen, Osaka, Japan) was instilled in each eye. Then each eye was gently irrigated with 250 mL of each fluid by using specially prepared bottles. It took 50 seconds to irrigate with 250 mL of each fluid. The sequence of irrigation was PSS, DW, tap water, and PSS with chlorine. Between the irrigation trials with different types of fluids, at least a 1-week interval was established. The control eyes also received 1 drop of topical 0.4% oxybuprocaine hydrochloride to exclude its deleterious effect.

### Vital Staining

For vital staining, 2  $\mu$ L of preservative-free 1% sodium fluorescein and 1% Rose Bengal solution were instilled.<sup>3</sup> The Rose Bengal staining was recorded in the temporal and nasal conjunctiva and the cornea, and the severity was quantified by a scale of 0–3 points. Thus, the maximum score obtained from the staining of each subject was 9 points. Fluorescein staining was also rated from 0 to 3 points, but in the cornea only.

### Fluorophotometric Assessment

Corneal epithelial barrier function was evaluated by using a slit-lamp fluorophotometer (Anterior Fluorometer FL-500TM; Kowa, Nagoya, Japan).<sup>4</sup> In brief, a fluorophotometer coupled with a biomicroscope was used to measure fluorescence in the corneal stroma 20 minutes after instillation of 1% preservative-free sodium fluorescein, followed by gentle washing with 20 mL of BSS-plus (Alcon, Fort Worth, TX). The mean fluorescent intensity, which was obtained by 10 measurements before the instillation of fluorescein, was recorded as background fluorescence. The background fluorescence was subtracted from the average of 10 fluorescein uptake counts, and the value was converted into the corresponding fluorescein concentration.

### Confocal Microscopy

A corneal confocal microscope (ConfoScan 2; Nidek Technologies, Vigonza, Italy) was used to perform layer-by-layer analyses of the central cornea. Topical 0.4% oxybuprocaine hydrochloride (Benoxyl) was instilled in each eye before the examination. A drop of 0.2% polyacrylic acid (Viscotris; CIBA Vision Ophthalmics, Rome, Italy) was placed on the objective lens of the microscope to protect the patient's cornea according to the manufacturer's instructions. The objective lens was a 40 $\times$  Achromplan (Zeiss, Oberkochen, Germany) water immersion lens, with a numeric aperture of 0.75 and a working distance of 1.92 mm. The center of the cornea was aligned to obtain tangential optical sections of the cornea, and the z axis was controlled by using a manual joystick. Each corneal confocal microscopic examination was completed within 2 minutes and encompassed 350 serial digital images. No software was used to enhance the contrast of the images obtained by confocal microscopy.

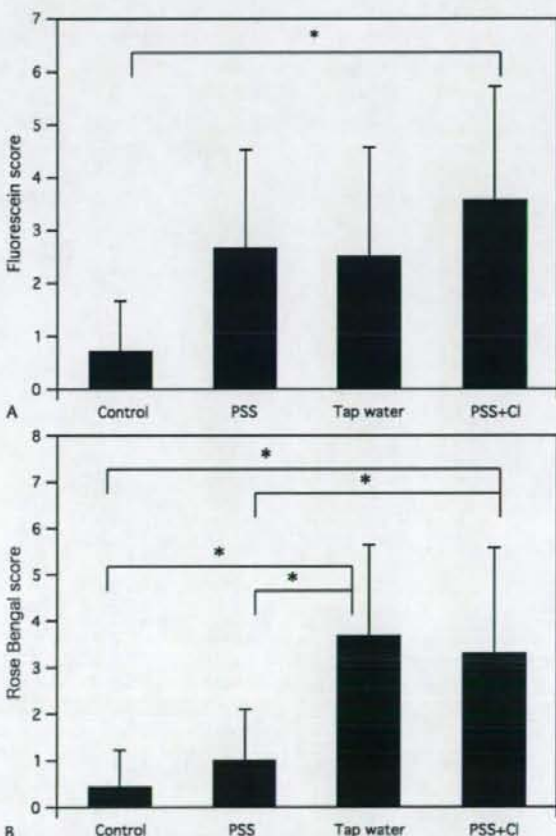
### Statistical Analysis

Differences in vital staining and fluorescein uptake by anterior fluorometry between groups were evaluated by using analysis of variance, Kruskal–Wallis test, and the nonpaired Student *t* test.  $P < 0.05$  was considered statistically significant.

## RESULTS

### Changes In Vital Staining

The mean fluorescein score of eyes irrigated with PSS or tap water was not significantly changed compared with before irrigation. The mean fluorescein score of eyes irrigated with PSS with chlorine showed a significant increase compared with before irrigation ( $P < 0.05$ ; Fig. 1A). The mean Rose Bengal score of eyes irrigated with PSS was not significantly changed compared with before irrigation. However, the mean



**FIGURE 1.** Vital staining before and after eye washing. A, Fluorescein staining scores are significantly elevated in the PSS-with-chlorine group compared with before irrigation. B, Rose Bengal scores are significantly elevated in eyes irrigated with PSS with chlorine and tap water than before irrigation and eyes irrigated with PSS solely ( $*P < 0.05$ ).