水球競技におけるコンタクトレンズ使用が競技中の静止視力, 動体視力, 眼痛および霧視の程度に与える影響

小 森 康 加¹⁾ 望 月 康 司²⁾ 榎 本 至^{3,4)}
前 田 明⁵⁾ 河 野 一 郎⁶⁾

EFFECTS OF THE USE OF CONTACT LENS ON STATIC AND KINETIC VISUAL ACUITY, OCULAR PAIN, AND BLURRED VISION DURING A WATER POLO MATCH

YASUKA KOMORI, KOJI MOCHIZUKI, ITARU ENOMOTO,
AKIRA MAEDA and ICHIRO KONO

Abstract

This study examined the effects of the use of contact lenses on static and kinetic visual acuity, ocular pain, and blurred vision during a water polo match. Eleven male water polo players participated in this study, and were assigned to one of two groups: contact lens users (CL, n=5) and non-users (NCL, n=5). Both groups participated in a typical water polo match with four 7-min periods and 2-min resting intervals between the four periods. Static and kinetic visual acuity, subjective ocular pain, and blurred vision were measured before the match (pre-test), during the match (after each of four 7-min periods), and during the recovery phase at 5, 15, and 30 min after the completion of the match.

Results showed that kinetic visual acuity was significantly lower for the NCL group than for CL in the 4th period of the match. In addition, for the NCL group, kinetic visual acuity was significantly lower in the 3rd and the 4th periods than at the pre-test time. On the other hand, static visual acuity did not significantly differ between the two groups; but, for NCL, static visual acuity was significantly lower in the 4th period than at the pre-test time. According to self-evaluation scores, ocular pain significantly increased in NCL compared to CL in the 3rd and 4th periods. Ocular pain in NCL was significantly higher between the 2nd period and recovery phase at 5 min than at the pre-test time. Blurred vision was significantly higher in NCL than CL between the 2nd period and recovery phase at 5 min. Blurred vision in NCL was significantly higher at the same duration than at the pre-test time.

These findings indicate that the use of contact lenses may prevent ocular pain and blurred vision, maintaining both the static and kinetic visual acuity at a normal level during a water polo match. Further, the results of this study suggest that the use of contact lenses is effective for water polo players.

(Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med. 2011, 60 : 113~120)

Key words : water polo players, contact lenses, visual acuity

¹⁾同志社大学スポーツ健康科学部
〒610-0394 京都府京田辺市多々羅都谷1-3

²⁾武蔵大学
〒176-8534 東京都練馬区豊玉1-26-1

³⁾鎌倉女子大学
〒247-8512 鎌倉市大船6-1-3

⁴⁾鹿屋体育大学大学院
〒893-2393 鹿児島県鹿屋市白水町1

⁵⁾鹿屋体育大学
〒893-2393 鹿児島県鹿屋市白水町1

⁶⁾筑波大学大学院人間総合科学研究科
〒305-8574 茨城県つくば市天王台1-1-1

Faculty of Health & Sports Science, Doshisha University

Musashi University

Kamakura Women's University

Graduate School of Physical Education, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

Doctoral Program in Comprehensive Human Science, University of Tsukuba

I. 緒 言

感覚器を通して入力される情報の九割は視覚に依存する¹⁾と記述されているように、情報と視覚との関わりは深いことが知られている。そのため、ヒトを含む霊長類の視覚に関する研究は、他の感覚機能に比べて盛んに行なわれてきている¹⁾。スポーツにおいても同様に、視覚の重要性を指摘した多くの研究がこれまでに報告されている。特に、視覚機能と競技パフォーマンスの關係に着目した研究が多く存在し、野球²⁾、バスケットボール、バレーボール、サッカー競技などの球技種目では、競技力の高い選手の方が総合的な視覚機能の値が高値を示したことが報告されている³⁾。

水球競技は水泳競技の中でも唯一の球技種目であり、ゲーム状況に応じたプレイを要求されるために、他の水泳競技に比べて、水球競技における視覚機能は重要な役割を果たしているものと考えられる。女子水球選手を対象とした報告では、全国大会で上位の成績を収めるような競技レベルの高い選手ほど、水中でコンタクトレンズを使用して視力矯正を行っている選手が多く、良好なコンディションで競技を実施していることが認められている^{4,5)}。

学校保健統計調査報告書⁶⁾によると、近年、児童・生徒の視力低下者（裸眼視力1.0未満の者）は増加を示し、保健教育学的にも懸念されている健康障害である⁷⁾と報告されている。一般的な視力矯正方法として、眼鏡やコンタクトレンズが用いられているが、スポーツ現場では競技特性や安全性などを考慮して矯正方法を選択する必要がある。しかしながら、水球競技は激しいコンタクトスポーツであるために、安全性の観点から競技中の眼鏡やゴーグルの使用がルール上禁止されている⁸⁾。そのため、視力低下者は矯正方法が制限され、近年、水中でコンタクトレンズを用いるようになってきた^{9,10)}。1991年から2006年の間における水球競技中のコンタクトレンズによる視力矯正状況を調べた結果、1996年以降、競技中のコンタクトレンズ使用率は高い割合を示していることが明らかにされている¹¹⁾。視力（静止視力）は動体視力やコントラスト感度などの視覚機能の基礎となるもの¹²⁾と考えられているため、視力低下者が増加している昨今、競技中の視覚についての問題は重要であると考えられるが、水球競技に

おける視覚に関する報告は、視力矯正状況に留まり、それ以外のものは極めて少ない。従って、コンタクトレンズを水中使用することにより、視覚機能や視覚器にどのような影響を与えるかについては、これまでに明らかにされていない。

また、水球競技におけるフィールドプレイヤーの試合中の平均心拍数は170.1拍/分にも達し、高強度な運動であることが示されている¹³⁾。これまでに、運動による刺激は視覚機能に影響を与えていることが数多く報告されている^{14~21)}。従って、水球競技の場合、視覚機能や視覚器を検討するためには、水中という特殊環境での状況と運動強度による影響の両方を加味する必要がある。運動の設定として、コントロールテストを用いた場合、水球競技は流動的な球技種目であるために、競技全体の特性を捉えることは難しい。実際の競技現場で発生している事象を観察することがより重要であると考えられる。

以上のことから、本研究では、水球競技における競技中の視覚機能として、基礎的な機能である静止視力、および水球競技の競技特性を考慮した動体視力を取り上げ、検討を加えることとした。また、水中環境下において発生すると考えられている眼障害を検討するために、眼痛および霧視の程度を観察し、実際の試合形式の状況から、水中でのコンタクトレンズ使用を検討することを目的とした。

II. 方 法

A. 被検者

健康な男子水球選手11名を対象とし、通常コンタクトレンズを水中使用して競技している選手5名（以下、CL）と、通常コンタクトレンズを使用せず裸眼の状態競技している選手6名（以下、NCL）の条件に分類し、分析を加えた。各群の年齢、競技年数、および身体特性を表1に示した。本研究は慶應義塾大学理工学部生命倫理委員会の規定に従い、全ての被検者には予め、本研究の目的、方法、危険性を説明し、実験への参加の同意を得た上で実施に至った。

B. 実験手順

国際水泳連盟が定める競技規則⁸⁾に従い、水球競技の試合を実施し、静止視力（Static visual acuity, SVA）、動体視力（Kinetic visual acuity, 以

Table 1. Physical characteristics of subjects.

グループ	被検者 (n)	年齢 (age)	競技年数 (year)	身長 (cm)	体重 (kg)	裸眼視力値	矯正視力値	CL水中使用年数 (year)
CL	5	18.00±2.92	3.20±3.90	171.90±9.11	65.20 ±8.98	0.04 ±0.04	0.83 ±0.17	1.75±1.5
NCL	6	17.67±1.97	3.02±3.20	171.83±4.96	63.37±6.38	1.33±0.27	—	0

平均値±標準偏差

下, KVA動体視力), 眼痛および霧視の程度の測定を行った. 試合時間は各ピリオド7分間(インプレイ時間)とし, 2分間の休息時間を挿みながら, 第4ピリオドまで行った. 各項目の測定は, 安静時, 各ピリオド(第1ピリオドー第4ピリオド)終了直後, 回復期として試合終了5分後, 15分後, 30分後に行った.

また, 試合中の運動強度を観察するために, 心拍数, 主観的運動強度(Rating of perceived exertion, 以下, RPE)を測定し, 検討を加えた.

C. 測定方法

1. 視覚機能

視覚機能の測定は, 静止視力および, 水球競技の競技特性を考慮し, KVA動体視力を用いた. 静止視力およびKVA動体視力の測定は, 動体視力計AS-4C(KOWA社製)を用いて, 両眼にて行った. CLは, 通常競技中に使用しているコンタクトレンズを用いた状態で行い, NCLは裸眼の状態にて測定を実施した. 各群の裸眼視力値および矯正視力値を表1に示した.

静止視力は, 静止しているランドルト環が識別できた視力値を用いた.

KVA動体視力は, 移動しているランドルト環が識別できた視力値とし, 3回の測定を行い, 平均値を測定値として用いた. 本研究で使用したKVA動体視力計は, 視距離30mで視力値1.0に相当するランドルト環が50m前方から, 秒速 $8.3\text{m} \cdot \text{sec}^{-1}$ の速度で, 被検者の眼前に接近してくる装置である. ランドルト環が識別できた距離を視力値に換算し, デジタル表示される. 従って, 視力値が高いことは, より前方でランドルト環を識別できたことを意味している²¹⁾.

また, 動体視力値は, 心身のコンディションに左右される^{22,23)}と考えられることから, 測定の直前

にProfile of mood status テスト(以下, POMS)を行い, Vigor(活動性)のポイントが50(T-score)に満たなかった被検者のデータは除外することとした.

2. 眼障害

眼障害を検討するために, 眼痛および霧視の程度を測定した. 眼痛の程度は1から5のスケール(1: 痛みなし, 2: やや痛い, 3: 痛い, 4: かなり痛い, 5: 非常に痛い)から構成された指標を用いて行い, 霧視の程度についても, 1から5のスケール(1: よく見える, 2: 見える, 3: やや見えにくい, 4: かなり見えにくい, 5: 非常に見えにくい)を用いて, 被検者に回答させ評価した.

3. 心拍数およびRPE

運動中の心拍数はハートレートモニター(POLAR, FS3c)を用い, 15秒毎に記録し, 各ピリオド終了直後の平均心拍数を算出した. RPEの測定は, 各ピリオド終了直後に, Borgたちによる6から20のスケールを用いて, 被検者に回答させ評価した.

D. 環境設定

試合は全て慶應義塾大学屋外プールにて実施した. 気温は22℃, 水温26℃, 残留塩素濃度0.3ppmであった.

E. 統計処理

各データは平均値±標準偏差で表示した. 被検者の年齢, 競技年数および身長, 体重についての有意差検定はt検定(対応なし)を用いた. 静止視力, KVA動体視力, 眼痛および霧視の程度についての有意差検定は, 二元配置分散分析(時間経過; 安静時, 第1ピリオドー第4ピリオド終了直後, 回

Table 2. Heart rate and RPE during a water polo match.

グループ	安静時	1ピリオド		2ピリオド		3ピリオド		4ピリオド	
	心拍数 (bpm)	心拍数 (bpm)	RPE (scale)	心拍数 (bpm)	RPE (scale)	心拍数 (bpm)	RPE (scale)	心拍数 (bpm)	RPE (scale)
CL	66.4±4.6	166.6±8.9*	15.2±1.3	169.0±9.1*	15.4±0.6	171.6±2.7*	16.0±1.2	172.9±1.9*	16.6±0.9
NCL	66.2±3.8	167.0±5.1*	15.2±1.6	169.8±2.9*	15.2±0.8	172.3±4.7*	16.7±1.0	173.7±4.9*	17.0±1.6

平均値±標準偏差

* $p < 0.01$: 安静時 VS 各ピリオド終了直後
N.S. : CL VS NCL

復期×コンタクトレンズ使用条件による2群; CL, NCL)を用いて, 時間経過および各条件間の比較を行った. 下位検定として, 多重比較検定および単純主効果検定を用いた. t 検定および二元配置分散分析の有意水準は $p < 0.05$ とし, 下位検定の有意水準はBonferroniの補正により, $p < 0.01$ と設定した. 統計処理ソフトにはPASW (SPSS) 18を用いた.

Ⅲ. 結 果

A. 有効データ数, 被検者

実験に先立って行ったPOMSテストの結果, Vigor (活動性) のポイントが50 (T-score) に満たなかった被検者はなく, 全てのデータが有効データとして用いられた.

また, CLとNCLの間に年齢, 競技年数, 身長, および体重の有意な差は認められなかった (表1).

B. 心拍数およびRPE

表2には, 各ピリオド終了直後の心拍数およびRPEを示した. 分散分析の結果, 心拍数は, 条件間に主効果は認められず, 時間経過のみに認められた ($F(7, 72) = 698.9$, $p < 0.01$). 両条件ともに何れのピリオドにおいても, 安静時と比較して有意に高い値が認められた ($p < 0.01$).

RPEについても, 分散分析の結果, 条件間に主効果は認められなかった. 両条件ともに第1ピリオドから第4ピリオドまで, 15 (scale) 以上の値を示した.

C. 静止視力

図1には, 各ピリオド終了直後と回復期における静止視力値の安静時からの変化率を示した. 分散分

析の結果, 時間経過については有意な主効果が認められ ($F(7, 72) = 5.2$, $p < 0.01$), 条件間では有意傾向が認められたが (条件: $F(1, 72) = 3.3$, $p < 0.1$), 交互作用は認められなかった. 下位検定の結果, CLでは安静時と比較して, 試合中および回復過程において有意な変化は認められなかったが, NCLでは試合後半の第3ピリオド終了直後に $89.1 \pm 8.5\%$ を示し, 安静時と比較して低下傾向を示した ($p < 0.05$). また, 第4ピリオド終了直後では, $88.0 \pm 8.2\%$ を示し, 安静時と比較して有意に低い値を示した ($p < 0.01$).

CLとNCLの比較では, 試合中および回復過程の何れにおいても, 統計的に有意な差は認められなかった.

Fig. 1 Percent change of static visual acuity just after each period and the recovery phase from initial state.

◆CL; The players using contact lens during water polo play, □NCL; The players non-using contact lens during water polo play. The asterisks indicate significant differences (* $p < 0.01$ from initial state). Values represent mean $\pm$ SD.

D. KVA動体視力

図2には、各ピリオド終了直後と回復期におけるKVA動体視力値の安静時からの変化率を示した。分散分析の結果、時間経過と条件間についての主効果が認められたが（時間経過； $F(7, 72) = 4.9$, $p < 0.01$, 条件； $F(1, 72) = 5.5$, $p < 0.05$ ），交互作用は認められなかった。下位検定の結果、CLでは安静時と比較して、試合中および回復過程において有意な変化は認められなかったが、NCLでは試合後半の第3ピリオド終了直後に $76.4 \pm 11.8\%$ ，第4ピリオド終了直後に $73.0 \pm 12.9\%$ を示し，安静時と比較して有意に低い値を示した（ $p < 0.01$ ）。また，CLとNCLの比較では，第3ピリオド終了直後にNCLの低下傾向が認められ（ $p < 0.05$ ），第4ピリオド終了直後には，NCLが有意に低い値を示した（ $p < 0.01$ ）。

Fig. 2 Percent change of kinetic visual acuity just after each period and the recovery phase from initial state. ◆CL; The players using contact lens during water polo play, □NCL; The players non-using contact lens during water polo play. The asterisks indicate significant differences (* $p < 0.01$ from initial state, and § $p < 0.01$ from CL group). Values represent mean $\pm$ SD.

E. 眼痛の程度

図3には、各ピリオド終了直後と回復期における眼痛の程度を示した。分散分析の結果、時間経過と条件間についての主効果が認められ（時間経過； $F(7, 72) = 13.8$, $p < 0.01$, 条件； $F(1, 72) = 33.7$, $p < 0.01$ ），交互作用も認められた（ $F(7, 72) = 3.4$, $p < 0.01$ ）。下位検定の結果，CLでは安静時と比較

して，試合中および回復過程において有意な変化は認められなかったが，NCLでは，第2ピリオド終了直後から，安静時と比較して有意に高い値を示し，その状態は試合終了5分後まで続いた（ $p < 0.01$ ）。試合終了15分後においても，NCLでは眼痛の高値が持続する傾向が認められた（ $p < 0.05$ ）。また，CLとNCLの比較では，第3ピリオドおよび第4ピリオド終了直後において，NCLがCLと比較して有意に高い値を示した（ $p < 0.01$ ）。

Fig. 3 Ocular pain scale just after each period and the recovery phase.

◆CL; The players using contact lens during water polo play, □NCL; The players non-using contact lens during water polo play. The asterisks indicate significant differences (* $p < 0.01$ from initial state, and § $p < 0.01$ from CL group). Values represent mean $\pm$ SD.

F. 霧視の程度

図4には、各ピリオド終了直後と回復期における霧視の程度を示した。分散分析の結果、時間経過と条件間についての主効果が認められ（時間経過； $F(7, 72) = 10.3$, $p < 0.01$, 条件； $F(1, 72) = 49.3$, $p < 0.01$ ），交互作用も認められた（ $F(7, 72) = 2.6$, $p < 0.05$ ）。下位検定の結果，CLでは安静時と比較して，試合中および回復過程において有意な変化は認められなかったが，NCLでは，第2ピリオド終了直後から，安静時と比較して有意に高い値を示し，その状態は試合終了5分後まで続いた（ $p < 0.01$ ）。また，CLとNCLの比較では，第2ピリオドから第4ピリオド終了直後，さらには試合終了5分後においても，NCLがCLと比較して有意に高い値を示した（ $p < 0.01$ ）。

Fig. 4 Blurred vision scale just after each period and the recovery phase.

◆CL; The players using contact lens during water polo play, □NCL; The players non-using contact lens during water polo play. The asterisks indicate significant differences (* $p < 0.01$ from initial state, and § $p < 0.01$ from CL group). Values represent mean $\pm$ SD.

Ⅳ. 考 察

本研究では、水球選手を対象に競技規則に従った水球競技を行わせ、コンタクトレンズの水中使用が視覚機能および眼障害に与える影響を明らかにしようとした。視覚機能の指標は静止視力とKVA動体視力とし、眼障害の指標は主観的評価による眼痛および霧視の程度とした。

その結果、KVA動体視力は、CLに有意な経時的変化が認められなかったのに対し、NCLでは、試合後半の第3ピリオドおよび第4ピリオド終了直後において有意な低下を示した。また、CLとNCLの比較では、第3ピリオド終了直後にNCLの低下傾向、第4ピリオド終了直後にNCLが有意に低い値を示した。Watanabe¹⁸⁾と石垣¹⁹⁾は、高強度の自転車ペダリング運動を15分間実施した場合、KVA動体視力は有意に低下したことを示している。本研究においても、試合中の運動強度は高く、KVA動体視力が低下を示したのは運動強度に依存している可能性が考えられる。しかしながら、CLとNCLの心拍数およびRPEにおける差異は認められず、同等な運動強度であったと推定できるにも関わらず、KVA動体視力はNCLのみ有意な低下を示した。従って、NCLにおけるKVA動体視力の変化は、運動強

度による影響ではなく、水中でのコンタクトレンズ非装用によるものと推察された。板垣たち^{24, 25)}は、コンタクトレンズの水中使用は角結膜の上皮障害を防ぎ、視覚機能を高いレベルに保つ可能性を有していると報告している。本研究においても、主観的評価により眼痛を5段階評価した結果、NCLは第2ピリオド以降、眼痛の程度は有意に高値を示し、その状態は試合終了5分後まで続いたが、CLでは有意な変化は認められなかった。角膜上皮障害の症状として、眼痛、異物感、流涙が挙げられる^{26, 27)}。また、角膜上皮障害の程度とコントラスト感度およびグレア感度の低下に関連があるという報告も行われている^{24, 25)}ことから、NCLでは角膜上皮障害が発生し、眼痛の程度が上昇するのに伴って、KVA動体視力が低下を示したことが考えられる。一方、CLではコンタクトレンズが保護の役割を担い、角結膜の上皮障害を防いだことにより、KVA動体視力の低下をも防いだ可能性が推察された。従って、高速度に動くボールや刻々と変化する試合場面を認識しなければならない水球選手にとって、競技中のコンタクトレンズ使用は有効に働く可能性が考えられた。

静止視力は、NCLが試合後半の第3ピリオド終了直後に低下傾向、第4ピリオド終了直後に低下を示したが、CLとNCLとの間に有意な差は認められず、KVA動体視力とは異なる様相を示した。15分間の高強度自転車ペダリング運動においても、静止視力はKVA動体視力と比較して、運動中の低下率は小さく、運動後の回復に要する時間も長くなかったという、両者の異なる反応を示した報告が行われている¹⁸⁾。このことは、静止視力とKVA動体視力との視覚における生理学的メカニズムの相違によるものであると推察されている。静止視力とKVA動体視力に変化を与える因子として、網膜機能^{28, 29)}、中枢機能、眼調節機能^{19, 30)}、眼球運動¹⁹⁾などが調べられているが、現在もそのメカニズムは明らかにされていないことが多い。

霧視の程度について主観的に評価させた結果、CLは有意な変化が認められなかったのに対し、NCLは第2ピリオドからスコアが有意に上昇を示し、その状態は試合終了5分後も続いた。即ち、NCLは見えにくい状況を主観的に感じながら、競技を行っていることが明らかとなった。

KVA動体視力の低下, 静止視力の低下, 角膜上皮障害に伴うと考えられている眼痛, 見えにくいと感じる霧視の程度を含めると, NCLは視覚コンディションの悪い状況において競技を行っていることが明らかとなった。特に, 試合後半において, このような状況が顕著であるということは, 競技パフォーマンス, さらには勝敗につながる要因にも影響を与える可能性が懸念される。水球競技におけるゲーム分析を行った結果, 静止視力が低下している状況下では, 実戦において重要視されているミスプレイの割合が高値を示したことが報告されている³¹⁾ことから, 今後, 競技中の対応策について, 積極的に取り組む必要があると考えられた。

水球競技は, 激しいコンタクトプレイが数多く発生する中, 頭部は浸水・浮上を繰り返し, 予期せぬ激しい水しぶきを被ることもある。また, 30m×20mのコートを立位泳法や水平泳法を用いて泳ぎ回りながら, 状況判断を行わなければならない競技特性を有している。このように複雑な球技種目においては, コントロールテストでは競技全体の特性を捉えることは難しいと考えたため, 本研究では競技規則に従った試合形式から評価を行うことを試みた。しかしながら, 本研究においてNCLが示した競技中の静止視力およびKVA動体視力の変化については, 水中で角膜上皮障害が発生した影響か, またそれ以外に要因があるのかは明らかにすることができなかった。今後, 視覚機能に変化をもたらす要因を細分化して探究する必要性が重要であると考えられた。

V. 摘 要

本研究では, 水球競技におけるコンタクトレンズの水中使用が静止視力, KVA動体視力および眼障害に与える影響を検討した。その結果, 以下の知見を得た。

- (1) 試合終了直後の心拍数およびRPEは, CLとNCLの条件間に有意な差異は認められなかった。
- (2) KVA動体視力は, NCLがCLと比較して, 第4ピリオドに有意に低い値を示した。また, NCLは安静時と比較して, 第3ピリオドと第4ピリオドに有意に低い値を示した。
- (3) 静止視力は, CLとNCLの条件間に有意な差は

認められなかったが, NCLでは安静時と比較して, 第3ピリオドに低下傾向, 第4ピリオドに有意に低い値を示した。

- (4) 主観的評価による眼痛の程度は, NCLがCLと比較して, 第3ピリオドおよび第4ピリオドに有意に高い値を示した。NCLは安静時と比較して, 第2ピリオドから有意に高い値を示し, その状態は試合終了5分後まで継続を示した。
- (5) 主観的評価による霧視の程度は, NCLがCLと比較して, 第2ピリオドから有意に高い値を示し, 試合終了5分後においても継続を示した。NCLは安静時と比較して, 第2ピリオドから試合終了5分後まで有意に高い値を示した。従って, NCLは見えにくい状況で試合を遂行していることが明らかとなった。

以上のことから, 水球競技におけるコンタクトレンズの使用は, 静止視力, KVA動体視力の低下を防ぎ, 眼障害を軽減させることが示唆された。従って, 競技中にコンタクトレンズを水中を使用することは, 水球競技選手にとって有効に働く可能性が推察された。

(受理日 平成22年10月1日)

文 献

- 1) 三上 章. 視覚の進化と脳, 東京, 朝倉書店, 序, 1993.
- 2) 石垣尚男, 石橋秀幸, 阿南貴教, 真下一策. プロ野球某球団における入団時のスポーツビジョン能力とその後の競技成績の関係. 体力科学, 45, 885, 1996.
- 3) 石垣尚男, 真下一策, 遠藤文夫. トップレベルのスポーツ選手の視覚機能と競技力の関係. 愛知工業大学研究報告, 27, 43-47, 1994.
- 4) 小森康加, 河野一郎, 齊藤まゆみ, 坂田勇夫. 水球競技におけるコンタクトレンズの使用実態. 慶應義塾大学体育研究所紀要, 37, 21-29, 1998.
- 5) 小森康加. 水球競技と視覚. バイオメカニクス研究, 3, 308-310, 1999.
- 6) 文部科学省. 平成21年度学校保健統計調査, http://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/chousa05/hoken/kekka/k_detail/__icsFiles/afield-file/2010/03/26/1287812_2.pdf, 2009.
- 7) 高石昌弘. 学校保健活動と眼の保健教育. 保健の科学, 40, 44-48, 1998.
- 8) (財)日本水泳連盟. 水球競技ハンドブック, 第6版, 東京, API, 17, 2010.
- 9) Komori, Y., Kono, I., Tsukuda, F., Saito, M., Sakata,

- I., and Kono, K. Wearing contact lens might prevent corneal damages and keep visual functions during water polo play. *Med Sci Sports Exerc*, 30, S157, 1998.
- 10) 小森康加, 榎本 至, 前田 明, 河野一郎. 水球選手における競技中の視力矯正方法に関する研究－コンタクトレンズ使用からみた年代別比較－. *体力科学*, 56, 105-114, 2007.
Komori Y., Enomoto I., Maeda A., and Kono I. Contact lens use among water polo players at different age levels. *Jpn J Phys Fitness Sports Med*, 56, 105-114, 2007. (in Japanese)
- 11) 小森康加, 小林大祐, 村瀬陽介, 河野一郎. 水球競技におけるコンタクトレンズの使用実態Ⅲ－大学男子水球選手を対象とした15年間の比較－. *体力科学*, 57, 979, 2008.
- 12) 石垣尚男. スポーツビジョンの測定と評価. *臨床スポーツ医学*, 12, 1105-1112, 1995.
- 13) 村岡康博, 山内美代子, 洲 雅明, 堀田 昇. 高校一流選手の試合中の心拍数からみた水球の競技特性. *健康科学*, 15, 51-56, 1993.
- 14) Whiting, H.T.A., and Sanderson, F.H. The effect of exercise on the visual and auditory acuity of table-tennis players. *J Mot Behav*, 4, 163-169, 1972.
- 15) Vlahov, E. Effect of the Harvard step test on visual acuity. *Percept Mot Skills*, 45, 369-370, 1977.
- 16) クレストニコフ. スポーツの生理学, ソビエトスポーツ科学研究会訳, 東京, 不味堂出版, 8-41, 1978.
- 17) 酒井敏夫, 上岡輝方, 栗原 毅, 長田善博. 24時間の競歩時の視機能について. *体力科学*, 1, 170-172, 1951.
- 18) Watanabe, Y. Effect of 15-minute bicycle work load on static and kinetic visual acuities. *J Sports Med Phys Fitness*, 23, 373-381, 1983.
- 19) 石垣尚男. 15分間の自転車エルゴメーター運動による視力低下と要因分析. *体育学研究*, 33, 185-192, 1978.
- 20) 石垣尚男. 視覚機能に及ぼす身体運動の影響－運動中の視野狭窄について－. *体育学研究*, 34, 245-253, 1989.
- 21) Ando, S., Kimura, T., Hamada, T., Kokubu, M., Moritani T., and Oda, S. Increase in reaction time for the peripheral visual field during exercise above the ventilatory threshold. *Eur J Appl Physiol*, 94, 461-467, 2005.
- 22) 前田 明, 鶴原琢哉. 超速球での打撃練習がレベルの異なる野球選手の動体視力に及ぼす影響. *トレーニング科学*, 10, 35-40, 1998.
- 23) 前田 明, 小森康加, 芝山秀太郎. 超速球を見るトレーニングが野球選手の動体視力とバントパフォーマンスに及ぼす効果. *トレーニング科学*, 11, 1-8, 1999.
- 24) 板垣秀夫, 須山収作, 臼木奈利, 平岡孝浩, 本村幸子, 河野恵子, 河野一郎, 坂田勇夫, 山内愛造. 水泳時におけるソフトコンタクトレンズ装用の角結膜に及ぼす影響. *日本コンタクトレンズ学会誌*, 36, 190-195, 1994.
- 25) 板垣秀夫, 須山収作, 臼木奈利, 平岡孝浩, 本村幸子, 河野恵子, 河野一郎, 坂田勇夫, 山内愛造. 水球選手におけるソフトコンタクトレンズ装用の現状と問題点. *日本コンタクトレンズ学会誌*, 37, 38-44, 1995.
- 26) 吉村 久, 清原 尚, 吉沢 徹, 崎元 卓, 北野周作. 塩素による角結膜障害第一報. *日本眼科紀要*, 37, 975-984, 1986.
- 27) 吉村 久, 清原 尚, 吉沢 徹, 崎元 卓, 北野周作. 塩素による角結膜障害第二報. *日本眼科紀要*, 37, 1141-1148, 1986.
- 28) 鈴村昭弘. 動体視力における網膜機能の意義. *眼科臨床医報*, 16, 370-374, 1965.
- 29) 渡部善行, 水野義雄, 長岡良治. 運動が視覚機能に与える影響に関する研究－運動による負荷とERG－律動様小波の関係－. *大同工業大学紀要*, 13, 19-27, 1978.
- 30) 鈴村昭弘. 動体視力の研究, 動体視力における眼調節機能の意義について. *環研年報*, 81-88, 1962.
- 31) 小森康加, 望月康司, 榎本 至, 前田 明, 河野一郎. 水球競技における視力矯正が競技パフォーマンスに与える影響. *トレーニング科学*, (印刷中)