

## 大学生テニス選手におけるトレーニング時の水分損失率とサービス精度との 関連性の検討

黒田裕太<sup>1)2)</sup>, 石原暢<sup>3)</sup>, 水野眞佐夫<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>北翔大学 生涯スポーツ学部

<sup>2)</sup>北海道大学 大学院 教育学院

<sup>3)</sup>北海道大学 大学院教育学研究院

キーワード: テニス競技, 脱水, 2nd サービス, 主観的運動強度

### 【要 旨】

スポーツ活動時に見られる一過性の水分損失は、競技パフォーマンスや認知機能を低下させる。テニス競技においても水分損失を引き起こすことが報告されており、テニス競技特有のパフォーマンスとの関連性を検討する必要がある。本研究は、テニス競技のトレーニング時における水分損失率とサービス精度との関連性を検討することを目的とした。対象者は大学テニス部に所属する健常な男子学生 12 名とし、30 分間のテニストレーニングを実施した。測定項目は、体重、主観的運動強度(RPE)、サービス精度(それぞれトレーニング前後)および心拍数(トレーニング中)とした。トレーニング前後の体重はそれぞれ  $67.8 \pm 8.2\text{kg}$  および  $67.2 \pm 8.2\text{kg}$  で有意な減少を示した( $p < 0.05$ )。トレーニング中の平均心拍数は  $154.5 \pm 15.5 \text{ bpm}$ 、トレーニング後の主観的運動強度(RPE)は  $15.0 \pm 2.0$  だった。トレーニング前後におけるサービス精度の平均値はそれぞれ  $4.9 \pm 1.8$  球および、 $4.4 \pm 1.5$  球であり、有意な変化は認められなかったが、水分損失率とサービス精度に負の相関関係が認められた( $p < 0.05$ , partial  $r = -0.70$ )。本研究により、水分損失がサービス精度の低下を引き起こす要因として考えられた。

スポーツパフォーマンス研究, 11, 172-182, 2019 年, 受付日: 2018年4月13日, 受理日: 2019年3月25日

責任著者: 黒田裕太 069-8511 江別市文京台 23 番地 kuroda@hokusho-u.ac.jp

\* \* \* \* \*

### **Relation between dehydration during training and accuracy of male university tennis players' serves**

Yuta Kuroda<sup>1),2)</sup>, Toru Ishihara<sup>3)</sup>, Masao Mizuno<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Hokusho University

<sup>2)</sup>Graduate School, Hokkaido University

<sup>3)</sup>Hokkaido University

Key words: tennis, dehydration, 2nd service, rating of perceived exertion

**【Abstract】**

Transient dehydration during sport activities lowers athletes' competitive performance and cognitive function. In tennis, also, dehydration occurs, and its influence on performance should be examined. The present study investigated the relation between dehydration during tennis practice and service accuracy. The participants were 12 male university tennis players. For this study, they practiced tennis for 30 minutes. The measures before and after the practice included weight, rating of perceived exertion, and service accuracy; heart rate was measured during the practice. The average weight was  $67.8 \pm 8.2$  kg before the practice and  $67.2 \pm 8.2$  kg after, which was a significant decrease ( $p < 0.05$ ). The average heart rate during training was  $154.5 \pm 15.5$  bpm, and the rating of perceived exertion after training was  $15.0 \pm 2.0$ . The average service accuracy was  $4.9 \pm 1.8$  balls and  $4.4 \pm 1.5$  balls. These differences did not reach statistical significance. A negative correlation was observed between dehydration rate and service accuracy (partial  $r = -0.70$ ,  $p < 0.05$ ). These results suggest that dehydration may be a cause of lowered service accuracy

## I. 緒言

運動における一過性の体重減少は、体重あたりの水分損失率として評価される。水分損失率が増加すると運動能力、競技特異的なパフォーマンスの低下することが知られている。Armstrong et al.(1985)は、1.8%の水分損失により5000mの走行タイムが、2.1%の水分損失により10000 mの走行タイムが遅延したこと、Davis et al.(2015)は30m走を間欠的に3試行した実験において、体水分が適正に保たれた条件と比較して、3%の水分損失をしていた条件の方が有意に走行タイムが遅延したことを報告した。これらのことから走動作は、水分損失の影響を受けていることが確認できる。また、Baker et al.(2007)はバスケットボール競技において水分損失率の上昇に伴い、シュートの正確性が低下していくこと、Smith et al.(2012)は1.4%の水分損失率によりゴルフ競技におけるショットの飛距離や正確性が低下することを報告しており、1%の水分損失でも選手の身体に悪影響を与えることが考えられる(Hillyer et al., 2015)。このことは、一過性の運動による水分損失を可能な限り抑制することは、競技パフォーマンス維持に寄与することを示唆している。

テニス競技において、試合開始から30分までに深部体温が39°C近くまで上昇すること、深部体温の上昇は発汗量の上昇を引き起こすことが報告されている(Bergeron et al., 2007; Gagnon et al., 2012)。また、女性のプロテニス選手において、試合時間が1時間で約2.0 Lの発汗量が認められたこと、男性テニス選手において、試合時間が1時間半で約1.5 L、4時間で約4.0 Lの水分損失が生じたことが確認されている(Tippet et al., 2011; Bergeron et al., 2014)。このことから、テニス競技においても水分損失が競技パフォーマンスの低下を引き起こす可能性が考えられ、水分損失とテニス競技特有のパフォーマンスとの関連性を検討する必要がある。

テニス競技における重要な技術にサービスが挙げられる。1991年から2008年までの9144試合の勝敗に関わる競技パフォーマンスを検討した研究では、勝利試合においてサービスエースや1st Serve Point Won および2nd Serve Point Won が負けた試合と比較し有意に多いことが報告されている(Ma et al., 2013)。また、グランドスラムにおけるダブルフォルトの本数は、年々減少している(Cross and Pollard, 2009)。このことから、テニス競技においてサービスの質(e.g. 速度, 精度)は、試合に勝つために重要な競技パフォーマンスであることが考えられる。サービスは、選手が競技中に受ける生理・心理的要因に影響を受けることが確認されている。プレーの進行に伴う水分損失率の上昇や主観的運動強度の上昇は、サービス動作(e.g. トスの高さ, ボールの位置)の再現性の低下を誘導すること、2nd サービスの精度の低下を誘導することが報告されている(Davey et al., 2002; Davey et al., 2003; Horney et al., 2007; Kuroda et al., 2017)。これらの研究では、サービスに関連するパフォーマンスおよび精度の低下がどのような要因で起こったのかは不明であるが、これまでの背景を踏まえると、テニス競技におけるサービスも、水分損失に影響を受けている可能性が考えられる。しかし、テニス競技における水分損失率とサービスとの関連性を報告している研究は著者の文献検索においては認められず、十分に検討されていないと推察される。

そこで本研究は、大学テニス選手におけるトレーニング時の水分損失率と2nd サービス精度の関連性について検証することを目的とした。

## II. 方法

### 1) 対象者

対象者は、大学テニス部に所属する健常な男子学生12名とした(年齢:20.8 ± 1.9歳, 身長:173.6 ± 7.4cm, 体重:67.8 ± 8.2kg)。本研究は、北海道大学大学院教育学研究院倫理委員会の承認を得て、全ての対象者に本

研究の目的, 方法および実験の安全性について説明を行い, 書面による研究参加の同意を得た上で実施した。

## 2) 実験プロトコル

対象者は, 30 分間のテニストレーニングを実施した。トレーニング内容は, ストロークラリーを 10 分間(ストレートラリーおよびクロスラリーがそれぞれ 5 分間), ボレー&ストロークを 20 分間(ボレーvs ストロークをそれぞれ 5 分間, ストレートおよびクロス の 2 方向実施した。)の順序で実施された(図 1)。ウォーミングアップは, ダイナミックストレッチ, ショートラリー, ロングラリー, サービス練習の順序で実施された。トレーニング中は 10 分おきに水分摂取を認めたが, 摂取量は自由とした。また, 対象者には, 実験前の運動を極力控える事, 体重測定後に排尿することがないよう事前に済ませておくよう指示をした。

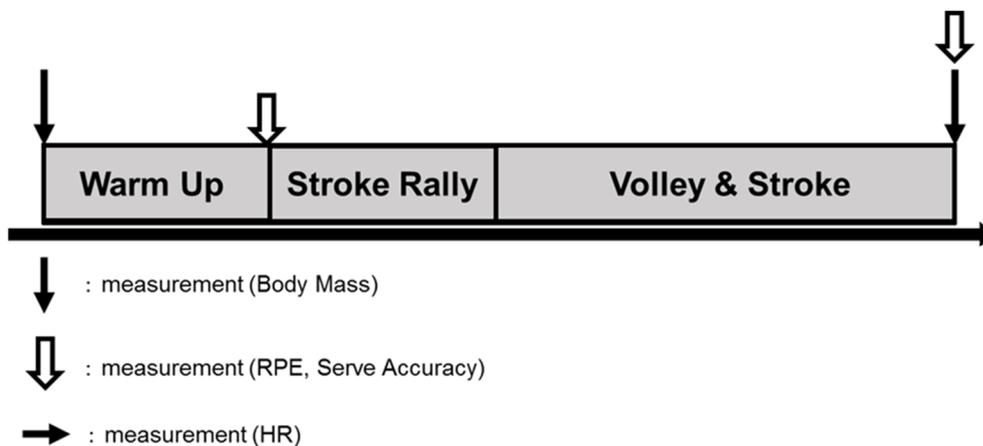


図 1. 実験プロトコル

実験に当たり, 環境温度の変化が大きく起こらないように室内での実施とした。トレーニング前および直後の環境温度および湿度は, それぞれ  $23.0 \pm 0.8^{\circ}\text{C}$ ,  $36.5 \pm 7.8\%$  および  $21.2 \pm 1.3^{\circ}\text{C}$ ,  $41.6 \pm 6.7\%$  だった。

## 3) 測定項目

### a) 選手の体重

体組成計(TANITA 社, HBF212)を使用し, 選手のトレーニング直前および直後に体重を測定した。今回の測定では, トレーニング前後の体重を測定する間または, トレーニング途中に排尿をした選手はいなかった。本研究では, トレーニング前後の体重の変化から水分損失率を下記の計算式にて算出し, 評価をした。

(計算式) 水分損失率 = (トレーニング前の体重 - トレーニング後の体重)  $\div$  トレーニング前の体重  $\times$  100

### b) トレーニング時の運動強度の評価

本研究では, 対象者の運動強度は心拍数計(Polar 社, A300)を使用し, トレーニング時の心拍数(以下 HR)を用いて評価した。

### c) トレーニングにおける主観的運動強度

対象者のトレーニングにおける主観的運動強度(以下 RPE)は Borg Scale を使用した(Borg, 1982)。「どのくらいきつかったか?」の問いに対し、15 項目の運動強度が提示されており、「非常に楽である」から「非常にきつい」までを回答させ、対象者が主観的に感じている「きつさ」を評価するものである。主観的運動強度は、対象者のウォーミングアップ後およびトレーニング後に測定実施者の問診により聞き出した。本研究では、ウォーミングアップ後およびトレーニング後の測定数値の変化率を用いて評価した。

#### d) サービス精度の測定

トレーニング開始前と終了直後に、試合と同様のイメージで 2nd サービスを 20 球打たせた。サービスの成功範囲は、対象者から見てデュースサイドのサービスボックスの右奥の隅に長さ 1.07m のシングルススティック 2 本で作成した正方形の枠とした(図 2)。サービスの成功球数は、テニス競技の経験が豊富な 2 人の検査者による目視で判定した。本研究では、トレーニング前後の測定値の変化率を用いて評価した。

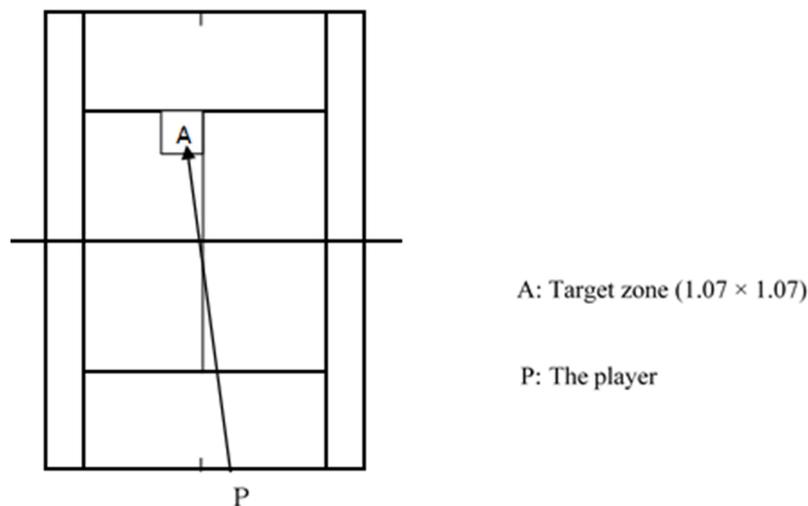


図2. サービス精度の測定方法

#### 4) 統計処理

選手の試合直前および直後の体重の比較は、対応のある t 検定を使用した。水分損失率と各測定項目の変化率の関連性を検討するためにピアソンの積率相関係数を用い評価した。また、トレーニング前のサービス精度がサービス変化率に与える影響を考慮し、サービス精度の関連性を「トレーニング前のサービス精度」を統制変数においた偏相関分析で検討した。これらにおける有意水準は  $p < 0.05$  とした。

### III. 結果

#### 1) トレーニング前後における体重変化および水分損失率

対象者のトレーニング前後の平均体重はそれぞれ  $67.8 \pm 8.2\text{kg}$ ,  $67.2 \pm 8.2\text{kg}$  であり、トレーニング前と比較すると有意に体重減少を引き起こしていた(Cohen's  $d=0.07$ ,  $p < 0.05$ )。また、体水分は、平均  $0.8 \pm 0.4\%$  の損失を生じた。

## 2) トレーニングにおける心拍数と主観的運動強度の変化

対象者のトレーニング直前の心拍数の平均値は  $72.0 \pm 8.4$  bpm であり、トレーニング直後の心拍数の平均値は  $165.5 \pm 16.1$  bpm だった。トレーニング中の心拍数の平均値は  $154.5 \pm 15.5$  bpm であった。

対象者のウォーミングアップ後の主観的運動強度の平均値は、 $10.4 \pm 1.4$  であった。また、トレーニング後の主観的運動強度の平均値は、 $15.0 \pm 2.0$  であった。また、主観的運動強度の変化率の平均値は、 $46.0\% \pm 24.6$  であった。

## 3) サービス精度の変化

トレーニング前のサービス成功率の平均値は  $24.6 \pm 9.4\%$  であり、トレーニング後のサービス成功率の平均値は  $22.1 \pm 7.8\%$  であり、トレーニング前後におけるサービス精度に有意な変化は認められなかった (図 3)。また、トレーニング前からトレーニング後は、トレーニング前後におけるサービスの変化率は  $-1.2 \pm 48.8\%$  だった。

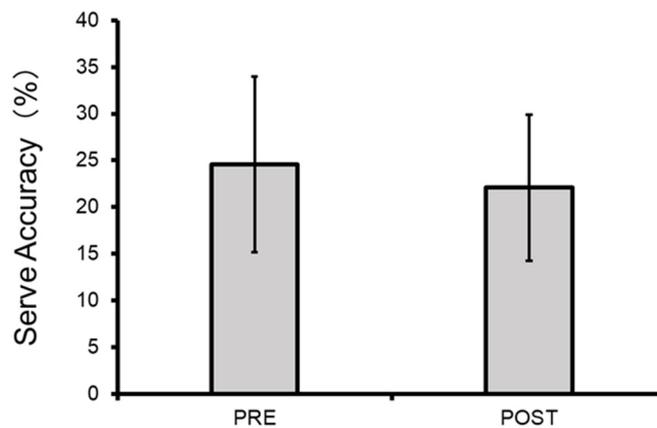


図3 トレーニング前後のサービス精度の変化

## 4) 水分損失率と各測定項目の変化率との関連性

水分損失率と各測定項目の変化率との相関係数を表1に示した。水分損失率はトレーニング前後における体重の減少率をみていることから、各測定項目における変化率との関連性の検討をした。水分損失率と有意に関連性のあった項目は、トレーニング中の平均心拍数 ( $r = 0.67, p < 0.05$ )、トレーニング後のサービス精度 ( $r = -0.61, p < 0.05$ ) であった。サービス精度との関連性を検討する場合、トレーニング前のサービス精度が極端に低い事により、トレーニング後のサービス精度がトレーニング前より低下したとしても変化率に差が出なくなってしまう可能性が考えられること、トレーニング前のサービス精度とサービス精度の変化率の関連性に有意傾向 ( $p < 0.1$ ) が認められたことから、トレーニング前のサービス精度を統制変数においたサービス精度の低下率と水分損失率を偏相関分析した結果、有意に負の相関関係を示した ( $\text{partial } r = 0.70, p < 0.05$ ) (図 4)。

表 1. 水分損失率と各変数の相関係数

(上底: トレーニング前のサービス精度を統制変数においた偏相関分析; 下底: 統制変数なしの相関分析)

	$\Delta$ Weight	$\Delta$ RPE	HR	$\Delta$ Serve	Serve_Post	Serve_Pre
$\Delta$ Weight	-	-.492	-.666*	-.702*	-.571	-
$\Delta$ RPE	-.486	-	-.342	.226	.165	-
HR	.679*	-.348	-	-.517	-.431	-
$\Delta$ Serve	-.393	.156	-.335	-	.949*	-
Serve_Post	-.611*	.177	-.459	.622*	-	-
Serve_Pre	-.329	.069	-.188	-.522	.291	-

Note:  $\Delta$ Weight = 水分損失率;  $\Delta$ RPE = ウォームアップ後とトレーニング後の主観的運動強度の変化率;  
 HR = トレーニング中の心拍数;  $\Delta$ Serve = サービス精度の変化率; Serve\_Post = トレーニング前のサービス精度;  
 Serve\_Pre = トレーニング後のサービス精度; \*p < 0.05

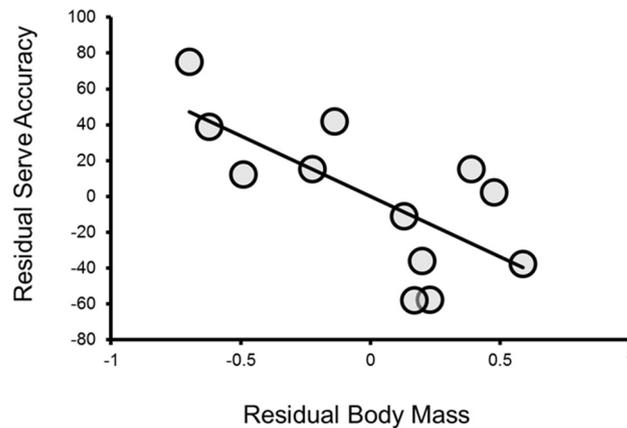


図 4 トレーニング前後におけるサービス精度の変化と水分損失率との関連性  
 (p < 0.05, partial r = -0.70)

#### IV. 考察

本研究は、大学テニス部に所属する健常な男子学生 12 名を対象とし、30 分間のテニストレーニングを実施した。測定項目はトレーニング前後の体重、トレーニング時の心拍数、主観的運動強度とし、トレーニングにおけるサービス精度の変化および関連性を検討した。その結果、トレーニング前の体重の平均値は 67.8 ± 8.2kg、試合後の体重の平均値は 67.2 ± 8.2kg であり、水分損失率の平均値は、0.8 ± 0.4%であった。トレーニング前後におけるサービス精度の変化は認められなかったが、水分損失率とサービス精度に負の相関関係が認められた。

##### 1) トレーニング前後の体重の変化

本研究の対象者は、トレーニング前後で体重減少を引き起こし、その水分損失率の平均値は、0.8 ± 0.4%であり、先行研究に示されるような水分損失率ではなかった(Tippet et al., 2011; Bergeron et al., 2014; Gomes et al., 2011)。要因としては、本研究のトレーニング時間は 30 分であり、先行研究の 1 試合平均 1.5 時間と比較して短いためだと考えられる(Kovacs, 2007)。また、暑熱環境下で実施している先行研究が多い中、室内で温度が一定だったこと、対象者の体調を考慮し実験時は水分摂取量を自由にしたことも要因だと考えられる。その結果、競技パフォーマンスへの影響を検討している先行研究で示されている水分損失には到達していなかった(Armstrong et al.,

1985; Davis, et al., 2015; Baker et al., 2007; Smith et al., 2012).

## 2)水分損失率とサービス精度の関連性

水分損失率と競技特有のパフォーマンスの関連性について、いくつかの報告がある。中・長・短距離走において、走行タイムが遅延すること(Armstrong et al.,1985; Davis et al., 2015), バスケットボール競技においてシュートの正確性が低下すること(Baker et al., 2007)が報告されているが、同様の研究でテニス競技特有の技術(e.g. サービス)との関連性を検討した報告はない。本研究は、水分損失率とサービス精度の関連性を報告した数少ない論文だといえる。Horney et al.(2007)の研究では、水分損失率によるサービス動作の影響を述べており、試合時の水分損失がサービス動作(e.g. トスの高さ, 位置)に悪影響を及ぼすことを報告している。本研究は、サービス動作の分析は実施していないものの、水分損失がサービス動作に影響を与えた結果、サービス精度の低下に繋がった可能性は考えられる。

近年、競技パフォーマンスに影響を与える要因として認知機能が報告されている。石原ら(2016, 2017) および Ishihara et al. (2018)は、テニス競技の模擬試合時において注意シフトが低いほどショットエラーが多くポイント取得率が低かったこと、そして 1st サービスポイント取得率が低下したことを報告しており、競技パフォーマンスと認知機能(認知処理速度や正確性および注意シフト)との関連性が認められた。また近年、水分損失により認知機能が低下することも報告されている。Cian et al.(2000)は、体水分量が正常な状態と比較し 2.8%の水分損失により短期記憶が低下したこと、Ganio et al. (2011)は、1%の水分損失によりワーキングメモリの応答が遅延したことを報告しており、認知機能も水分損失により影響を受けていることが考えられる。認知機能の変化が競技パフォーマンスに影響を与えることと合わせて考えると、水分損失により、認知機能が低下し(Cian et al, 2001; D'Anci et al, 2006)サービス動作に影響を及ぼし(Horney et al, 2007), サービス精度の低下が生じた可能性が考えられる。テニス競技において、アジリティ、筋力および有酸素性能力といった競技関連体力が競技成績に影響を与えることは多く報告されている(小屋ほか, 2014; Kuroda et al., 2015;Roetert et al., 1992)。また、認知機能も競技パフォーマンスにとって重要な要因であることが示唆されていることから(Alexandru et al., 2014; Overney et al., 2008), サービス動作や精度のような競技パフォーマンスと競技関連体力および認知機能との関連性を検討することが今後期待される。

## 3)現場への提言

本研究は、先行研究で報告されるような水分損失率ではないにもかかわらず、サービス精度との関連性が認められたことは、テニス競技におけるコンディショニング戦略における有益な情報だと考えられる。国際オリンピック委員会の声明では、水分損失率が体重の 2%以下に収まるよう給水することを推奨している(International Olympic Committee. 2011)。しかし、1%以上の水分損失率で認知機能の低下を引き起こすという論文や(D'Anci et al., 2006), 本研究の結果を考慮すると、少量の水分損失でも競技パフォーマンスに影響を及ぼしているという可能性が考えられる。競技中の休憩時において適切な一回の水分摂取量は 15 分おきに 100~200ml と考えられている。テニス競技における 2 ゲーム毎の 90 秒間の休憩では、水分摂取のみ実施する選手がほとんどである。しかし、特に、暑熱環境下における試合は水分損失が多くなる要因の一つであり、水分補給だけでは補えないことが予想される。そのためアイススラリー法(Siegelet al., 2010)に代表されるプレクーリングによる身体冷却方法を実施し、水分損失を最大限に予防または抑制する必要があると考えられる。

## V. まとめ

本研究は、大学テニス部に所属する健常な男子学生 12 名を対象とし、水分損失率とサービス精度の関連性を検討した。その結果、水分損失率とサービス精度に負の相関関係が認められた。このことから、試合時にサービス精度を維持する目的で水分損失を抑制できるような水分補給の計画やコンディショニング戦略を検討する必要があるのではないかと考えられた。

## VI. 参考文献

- ・ Alexandru, M. A., Ruxandra, R., and Carmen, G. G. (2014) Predictors of Tennis Performance of Junior Players. *Procedia Soc. Behav. Sci.*, 116: 5169-5174.
- ・ Armstrong, L. E., Costill, D. L., and Fink, W. J. (1985). Influence of diuretic-induced dehydration on competitive running performance. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 17(4): 456-461.
- ・ Baker, L. B., Dougherty, K. A., Chow, M., and Kenney, W. L. (2007). Progressive dehydration causes a progressive decline in basketball skill performance. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 39(7): 1114-1123.
- ・ Bergeron, M. F., McLeod, K. S., and Coyle, J. F. (2007). Core body temperature during competition in the heat: national boys' 14s junior tennis championships. *Br. J. Sports. Med.*, 41(11): 779-783.
- ・ Bergeron, M. F. (2014). Hydration and thermal strain during tennis in the heat. *Br. J. Sports. Med.*, 48(Suppl 1): i12-i17.
- ・ Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 14(5): 377-381.
- ・ Cian, C., Barraud, P. A., Melin, B., and Raphel, C. (2001). Effects of fluid ingestion on cognitive function after heat stress or exercise-induced dehydration. *Int. J. Psychophysiol.*, 42(3): 243-251.
- ・ Cross, R., and Pollard, G. (2009). Grand Slam men's singles tennis 1991-2009 serve speeds and other related data. *Coaching & Sport Science Review*, 16(19): 8-10.
- ・ D'Anci, K. E., Constant, F., and Rosenberg, I. H. (2006) Hydration and cognitive function in children. *Nutr. Rev.*, 64(10): 457-464.
- ・ Davey, P. R., Thorpe, R. D., and Williams, C. (2002). Fatigue decreases skilled tennis performance. *J. sports. Sci.*, 20(4): 311-318.
- ・ Davey, P. R., Thorpe, R. D., and Williams, C. (2003). Simulated tennis matchplay in a controlled environment. *J. sports. Sci.*, 21(6): 459-467.
- ・ Davis, J. K., Laurent, C. M., Allen, K. E., Green, J. M., Stolworthy, N. I., Welch, T. R., and Nevett, M. E. (2015). Influence of dehydration on intermittent sprint performance. *J. Strength Cond. Res.*, 29(9): 2586-2593.
- ・ Fernandez, J., Mendez-Villanueva, A., and Pluim, B. M. (2006). Intensity of tennis match play. *Br. J. Sports. Med.*, 40(5): 387-391.
- ・ Fernandez-Fernandez, J., Sanz-Rivas, D., Fernandez-Garcia, B., and Mendez-Villanueva, A.

- (2008). Match activity and physiological load during a clay-court tennis tournament in elite female players. *J. Sports. Sci.*, 26(14): 1589-1595.
- Gagnon, D., Crandall, C. G., and Kenny, G. P. (2012). Sex differences in postsynaptic sweating and cutaneous vasodilation. *J. Appl. Physiol.*, 114(3): 394-401.
  - Ganio, M. S., Armstrong, L. E., Casa, D. J., McDermott, B. P., Lee, E. C., Yamamoto, L. M., ... and Chevillotte, E. (2011). Mild dehydration impairs cognitive performance and mood of men. *Br. J. Nutr.*, 106(10): 1535-1543.
  - Gomes, R. V., Coutts, A. J., Viveiros, L., and Aoki, M. S. (2011). Physiological demands of match-play in elite tennis: A case study. *Eur. J. Sport. Sci.*, 11(2): 105-109.
  - Hillyer, M., Menon, K., and Singh, R. (2015). The effects of dehydration on skill-based performance. *Int. J. Sports. Sci.*, 5(3): 99-107.
  - Hornery, D. J., Farrow, D., Mujika, I., and Young, W. (2007). An integrated physiological and performance profile of professional tennis. *Br. J. Sports. Med.*, 41(8): 531-536.
  - International Olympic Committee. (2011). IOC consensus statement on sports nutrition 2010. *J. Sports. Sci.*, 29(Suppl 1): S3-S4.
  - 石原暢, 黒田裕太, 川上雄一, 水野眞佐夫. (2016) エリート女子ジュニアテニスプレーヤーにおけるシングルスゲーム時の認知機能と競技パフォーマンスの関係. *スポーツパフォーマンス研究*, 8: 229-238.
  - 石原暢, 黒田裕太, 水野眞佐夫. (2017). 青年テニスプレーヤーにおけるシングルスゲーム時の認知機能と競技パフォーマンスの関係. *テニスの科学*, 25: 39-53.
  - Ishihara, T., Kobayashi, T., Kuroda, Y., & Mizuno, M. (2018). Relationship between attention shifting and tennis performance during singles matches. *J. Sports. Med Phys. Fitness*.
  - Kovacs, M. S. (2007). Tennis physiology. *Sports Med.*, 37(3): 189-198.
  - 小屋菜穂子, 北村哲, 梅林薫, 宮地弘太郎, 道上静香, 細木祐子(2014)テニス競技のナショナルジュニアテニス選手に求められる体力評価の検討. *テニスの科学*, 22: 23-32.
  - Kuroda, Y., Suzuki, N., Dei, A., Umebayashi, K., Takizawa, K., and Mizuno, M. (2015) A comparison of the physical fitness, athletic performance, and competitive achievements of junior and senior tennis players. *Movement, Health & Exercise*, 4(1):39-50.
  - Kuroda, Y., Takizawa, K., and Mizuno, M. (2017). RELEVANCE OF PERCEIVED EXERTION AND ACCURACY OF SECOND SERVE IN COLLEGIATE MENS TENNIS PLAYERS. *J. Sport Hum. Perform.*, 4(4).
  - Ma, S. M., Liu, C. C., Tan, Y., and Ma, S. C. (2013). Winning matches in Grand Slam men's singles: An analysis of player performance-related variables from 1991 to 2008. *J. Sports. Sci.*, 31(11): 1147-1155.
  - Maughan, R.J. (2003) Impact of mild dehydration on wellness and on exercise performance. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 57: 19-23.
  - Mendez-Villanueva, A., Fernandez-Fernandez, J., Bishop, D., Fernandez-Garcia, B., and Terrados, N. (2007). Activity patterns, blood lactate concentrations and ratings of perceived

- exertion during a professional singles tennis tournament. *Br. J. Sports. Med.*, 41(5): 296-300.
- Overney, L. S., Blanke, O., and Herzog, M. H. (2008) Enhanced temporal but not attentional processing in expert tennis players. *PLoS One*, Jun 11;3(6):e2380.
  - Roetert, E. P., Garrett, G. E., Brown, S. W., and Camaione, D. N. (1992) Performance profiles of nationally ranked junior tennis players. *J. Strength Cond. Res*, 6(4): 225-231.
  - Smith, M. F., Newell, A. J., and Baker, M. R. (2012). Effect of acute mild dehydration on cognitive-motor performance in golf. *J. Strength Cond. Res*,26(11): 3075-3080.
  - Siegel, R., Mate, J., Brearley, M. B., Watson, G., Nosaka, K., and Laursen, P. B. (2010). Ice slurry ingestion increases core temperature capacity and running time in the heat. *Med. Sci. Sports Exerc*, 42(4): 717-25.
  - Tippet, M. L., Stofan, J. R., Lacambra, M., and Horswill, C. A. (2011). Core temperature and sweat responses in professional women's tennis players during tournament play in the heat. *J. Athl. Train.*, 46(1): 55-60.