©NSCA JAPAN
Volume 19, Number 4, pages 26-32

Key Words【脱水症状：dehydration、ナトリウム：sodium、労作性熱痙攣：exertional heat cramps、体温調節：thermoregulation、尿色：urine color】

ジュニアおよび大学テニス選手のための暑熱と水分補給に関する考察

Heat and Hydration Considerations for Junior and Collegiate Tennis Players

Evan C. Johnson, MA[1]　**Lawrence E. Armstrong,** PhD[2]

[1]Naval Health Research Center, San Diego, California

[2]Department of Kinesiology, Exercise and Environmental Physiology at the Human Performance Laboratory, University of Connecticut, Storrs, Connecticut

要約

テニスの準備において、トーナメントの責任者やコーチ、選手が、暑熱および水分補給を最大の関心事とすることはないであろう。しかし、暑熱および水分補給は、健康リスクとパフォーマンス減衰に関係している。テニスの要求、特に複数日にわたるトーナメントにおける要求は、深部体温の上昇と、多大な水分損失をもたらしやすい。そしてこの2つの因子が組み合わさって、パフォーマンスの低下や、熱痙攣、熱失神あるいは熱疲労などの熱中症を招く可能性がある。各選手の水分と塩分の必要量を見極め、補給計画を作成し、試合中や試合間の深部体温を低下させれば、熱中症のリスクを最小限に留めるとともに、パフォーマンスを至適化することが可能になる。

序論

スポーツにおける体温調節、熱中症、水分補給というテーマで、テニスが取り上げられることは珍しい。その理由としては、フットボールなどの競技と比べて重篤な熱中症にかかる率が低いことや(35)、暑熱にさらされる時間の長さが過小評価されている(試合時間が1時間以上に及ぶ場合は見過ごせない)ことなどが考えられる。問題は、長時間にわたって(しかもおそらくは反復して)、高い代謝率でプレーする間、高温多湿にさらされることである(46)。

夏季トーナメント中の気温は40度を超え(27,34,45)、その場の湿度と太陽の輻射熱を考慮に入れた湿球黒球温度(WBGT)は、運動が中止されるかどうかの境目である30度を超える可能性がある。このような状況になると、太陽の輻射熱(コート面で最高65度を記録したと言われる)と、体表をめぐる暖かい空気の対流の両方によって、選手の身体が熱される。さらにテニスの身体要求によって、選手は自分の身体が産生する熱とも戦うことを強いられる。つまり、エクササイズ中に栄養素が代謝される際、放出されるエネルギーのほとんどは体熱となる。したがって、選手が多くのエネルギーを必要とするほど(すなわち運動強度が高いほど)、多くの熱が産生されることになる。涼しい環境においては、対流によって、この熱が運動する筋から血液へと移動し、血液を通じて体表へと運ばれ、そこで蒸散とさらなる対流とによって血液が冷やされて、筋へ戻ることになる(58)。しかし暑熱環境では、体表において血液から熱を放散させる能力が低下する(60)。

このような条件下では、体温調節障害によって、筋を取り巻く組織に熱が貯蔵されうる。熱貯蔵とそれによって引き起こされる深部体温(Tc)の上昇は、選手のパフォーマンスと安全にとって重大な問題である。プレー前、中、後に行なわれるべき予防措置について、トーナメントの責任者、コーチ、

選手に対して啓蒙を行ない、パフォーマンスを至適化するとともに熱中症に陥ることを避けることが大切である。

テニスの身体要求

テニス選手にとっての熱中症のリスクを理解するためには、運動強度によって課せられるエネルギー所要量(つまり熱産生量)について知ることが重要である。一般に用いられる運動強度の測定方法は3つある。すなわち、心拍数(HR)、最大酸素消費量($\dot{V}O_2max$)、血中乳酸濃度である。どの手法についても、それを用いて測定を行なった複数の研究がある(16,20,28,34,36,37,39,56)。試合中のHRは、低いときはダブルスにおいて1分あたり94回(94 bpm)、高いときはシングルスにおいてラリーを全力で継続する際に計測される190～200 bpmまでと幅がある。しかし総合的にみて、HRの平均値は、試合の激しさに応じて140～160 bpmの間に収まる(28)。

テニス選手の平均$\dot{V}O_2max$は、男子55 ml/kg/min、女子45 ml/kg/minとされている。筋収縮に伴う代謝による熱産生は、$\dot{V}O_2max$時において最大となる。したがって、考慮に入れるべき重要な値は、相対的運動強度(すなわち%$\dot{V}O_2max$)である。テニスでは、試合を通じて平均46～56 % $\dot{V}O_2max$であり(29,56,57)、これは、テニス選手が戦いながら大量の代謝熱を生み出していることを示している。比較のために例を挙げると、最近、アメリカンフットボールの模擬練習中に相対的運動強度が測定された。その結果、動きを止めている時間も計算に含めて、平均55%$\dot{V}O_2max$であることが判明した(33)。フットボール選手には装具があるため、テニス選手と同じような身体の冷却が難しいと考えられる点を差し引いても(4,33)、両者における代謝熱産生量の大きさが類似していることは注目されている(46)。

さらに、血中乳酸の蓄積に関する調査によっても、テニスにおける運動強度の高さが証明された。乳酸は、選手が高強度の無酸素性エクササイズを行なうほど、血液中に蓄積される。したがってFernandezら(28)によってまとめられているように、乳酸濃度の高さは運動強度の高さと関連する(57)。実際の試合中(普通はゲーム間の休憩時間に限定されている)に、血液サンプルの収集を行なったところ、平均乳酸濃度は低く、1.8～2.8 mmol/ℓであった(28)。しかし練習時に行なったところ、ポイント取得で激しく争った直後に8 mmol/ℓという高い値を示した(24,57)。

上記の値は平均値であり、試合時間や練習時間を通した平均の値を示していることに注意するべきである。測定値は、試合を支配している選手のタイプ(攻撃型、ベースライン型)と、コートサーフェス(グラスコート、クレーコート、ハードコート)によって異なりうる。例えば、試合中のポイント取得時間の平均が3秒のこともあれば、15秒に及ぶこともある(36)。Kovacs(36)がレビューした過去の複数の研究によると、総合的にみて、1ポイントの継続時間は平均8.00 ± 2.58秒であり、運動-休息比は1:2～1:5であった(28)。これらの数値によると、1つの試合において、選手がポイント取得のための活動に費やしている時間は、全試合時間の16～27 %にすぎないことになる。しかし、活動時間における運動強度は高いことが示されている。この生理的負担による影響は、2～3時間に及ぶ試合の間継続し、さらにそれが1日のうちで2～4回繰り返されるであろうことを考えると、テニスにおける熱産生と熱貯蔵の大きさの見当がつくであろう。

パフォーマンス減衰

要するに、テニスは高い運動負荷と高温多湿の環境を伴う競技である。エクササイズ中にTcが上昇すると、発汗による蒸散が起こり、体表が冷やされる。しかし蒸散しようがしまいが(すなわちアスリートの身体を冷やしても冷やさなくても)、アスリートのTcが十分に低下するまで発汗は継続する。この状況において脱水状態に陥ることは、テニス選手にとって重大な問題である。脱水を起こして、体重が基準値からわずか2 %低下しただけで、持久系エクササイズにおいてはパフォーマンスが低下し(8,32)、またテニスの特異的スキルも低下する(40,43)。試合前の不適切な水分補給や高い発汗率は、テニス選手が脱水状態に陥るリスクを高め、その結果、またたく間にTcの上昇とパフォーマンスの減衰をもたらす。

テニスの試合前に、尿比重(Usg)を用いて水分状態を調査したところ、1.017～1.025であった(17,18,34)。これは、大多数のテニス選手が最高とはいえない水分状態で試合に臨んでいることを示している。通常、温熱環境での運動前に推奨されているUsgの値は1.015以下である(14)。運動時間が短い場合は、Usgが通常値(すなわち1.017)(7)であれば、アスリートに大きなリスクをもたらすことはないとされている。しかし、同日内に複数試合に参加する場合、あるいは複数日にわたるトーナメントに参加する場合は、競技が進むにつれて試合前の水分状態が悪化する可能性がある。

©National Strength and Conditioning Association Japan

テニス選手の発汗率は0.5～2.6ℓ/h(12,14)である。ところが、テニス中に摂取される水分量は1.0～1.6ℓ/hと報告されている(12,15)。この点を考慮すると、選手の発汗率が高い場合、その選手が脱水状態に陥る理由は明白である。しかし、選手が最大限の努力をもって水分補給をしようとしても足りない可能性がある。なぜなら、胃の水分が吸収される速度は、最大約1.2ℓ/hだからである(22)。よって、これを上回る割合で水分を摂取することは、胃に不快感をもたらしかねない(18)。

適切な水分摂取が行なわれずに脱水状態が進行すると、Tc上昇率が増大する可能性がある。Sawka(51)、Sawka & Coyle(52)、Coyle & Montain(22)は、体重が1％減少すると、Tcは通常の水分状態において得られるよりも0.2～0.3度高くなると結論を下している。たとえば、テニスの試合中のTcは38.0～38.9度に達しうるが(18,34,45)、発汗による水分損失の増加によって、これがさらに上昇する可能性がある。よってTcの上昇は心臓血管系に障害をもたらし、早い段階での疲労をもたらしうる(21)。

脱水症状とパフォーマンス低下の正確な仕組みについては、対照的な見方も存在する(53)。しかし、どちらの見方も、脱水状態ではエクササイズ強度が低下する点において一致している。高強度ではない、もしくは発揮する必要がない場合は、パフォーマンスが低下しても許されるかもしれない。Bergeronら(17)は、トレーニングや試合の状況によっては、脱水症状の程度が高くても「しのげる」ことがあるのは、負荷が至適化されていないからであると述べている。しかし要求の厳しい課題においては、パフォーマンスのごくわずかな低下さえも、課題の失敗をもたらしかねない。

熱と水分補給：健康の観点から

暑熱環境はパフォーマンスの低下だけでなく、運動関連の筋痙攣(EAMC)、すなわち労作性熱痙攣とも関係がある(4)。EAMCは、長時間の激しい運動後に起こる骨格筋の疼痛性痙攣と定義され(4)、テニス選手に多く見られる(12,35,46,55)。EAMC、労作性熱痙攣の病因に関しては諸説がある(13,26,54)。通常、以下の3つの素因：運動誘発性の筋疲労(31)、体内水分の損失(14)、および発汗によるナトリウムの多大な損失(4)が観察されるようである。

高温多湿の気候では、1時間あたり2.5～3.5ℓの汗を失う選手も、多くはないものの存在する。この場合、2～3時間の試合あるいはトレーニングセッション中に、重大な体内水分の損失が発生する可能性がある。汗に含まれる塩分(塩化ナトリウムすなわち食卓塩：化学式NaCl)の濃度が低い場合も、驚くべきことに、1時間につき5～12gもの塩分が青年や成人において失われうる(11)。以上のことを念頭において考えてみると、アメリカ人の平均的な塩分摂取量は1日あたり約8gである(8gはおよそ大さじ1杯に相当する)。したがって、食事において適切な塩分摂取が行なわれなければ、体内の総ナトリウム量不足が進行する可能性がある。

脱水症状や、全身の塩分バランスの崩れを伴う熱中症(熱痙攣、熱疲労)を予防するためには、飲食物に塩をかけたり、加工食品を食べたりして、食事にナトリウムを追加すればよい(11)。たとえば缶入りスープには約2～2.5gのナトリウムが含まれており、缶入りトマトジュース1杯には約1.5gのナトリウムが含まれている。野菜に含まれるナトリウム量は、缶詰になると大きく増加する。例えば、生のインゲンは0.1～0.3gの塩分を含むが、缶詰のインゲンは0.5gの塩分を含む。参考までに、20オンス(0.6ℓ)の電解質液の補給飲料に含まれる塩分は、NaClが0.1～0.3gと少量である。競技会やトレーニングの少なくとも1時間前あるいは後に飲食して、スポーツドリンク32オンス(0.95ℓ)とともに小さじ半分(1g)の食卓塩を摂れば、水分、糖質、塩分を簡単に付加することができる。特に熱痙攣や脱水症状を起こしやすい選手には、水分補給計画の一環として、エクササイズ中に、ナトリウムを含む液体(0.95ℓのスポーツドリンクに食卓塩を小さじ1/4(0.5g)を加えるなど)を摂取させるとよい。塩の錠剤も役に立つであろう。ただし、たっぷりの水とともに摂取すること。大切なことは、塩分摂取増加のための方法は、競技会の前にすべて試して、どの方法が選手にとって最も苦痛でないかを確かめることである。

食事に塩分を追加することによって、長期的にどのような影響が生じるかを考慮する必要がある。現在、合衆国政府が推奨する、成人の1日あたりの塩分摂取量はわずか1.5～2.3gであり(48)、食卓塩3.8～5.8gに相当する。アメリカにおける肥満と高血圧の患者数の増加率を見ると、これは手堅い推奨値である。しかしながら、若くてやせており、正常な血圧を示す、健康なテニス選手のための推奨値ではない。塩分補給に関して本稿で示すガイドラインは、夏季の複数日にわたるトーナメントにおいて選手の前に立ちはだかる、熱中症を予防するためのものである。塩分の必要量と環境のストレス因子は個人によって異なるた

め、塩分追加の許容範囲を数値化することは難しい。したがって塩分補給は、各選手の水分補給計画に徐々に組み込んで、過補給によって引き起こされる可能性のある悪影響を避けなければならない。最初は、トーナメント前や合い間の食事に、前述のような塩分含有量の多い食品を少し含めるか、あるいは、試合間に飲むスポーツドリンクに少量の塩(小さじ1/4)を加えるかするとよい。熱痙攣が長引くようであれば、塩分の補給量を徐々に増やしていくことを勧める。高度なトレーニングを受けて熱馴化した選手は、一般に塩分量の少ない汗をかく(汗1ℓにつき0.8～1.5g)(1)。ただし、遺伝的に「塩辛い」汗をかく選手も散見される。**表1**に、Bergeron 2003(11)を参考にして、エクササイズの持続時間、発汗率、1日の塩分摂取量を一定に保ったときの、塩分量におけるアンバランス発生の関係を示した。最初に注目すべきことは、1ℓの汗に含まれる塩(NaCl)の量には、0.8～4.0gの幅があるということである。第二に、その汗に含まれる塩分量の差が、塩分バランスを握る重要なカギであることに留意すべきである。第三に、発汗率が2ℓ/hを超える場合は、汗に含まれる塩分の濃度にかかわりなく、塩分バランスが崩れる可能性が高いことにも注意するべきである。

テニスの試合における疾患を調査した過去の研究によると、筋痙攣が報告の5.7％を占めており(55)、暑熱関連疾患の発生率は選手100名につき約1件であった(35)。テニスでは、熱射病(医学的緊急事態)と重度の熱疲労の発生率が比較的低い。テニス中の体温調節障害は「中程度」であることが示されており、多くの場合、Tcは安全レベルに留まる(45)。たとえばBergeronら(15)によると、大学テニスの選手は、3日連続で試合を行なっても熱中症を起こすことなく、体内水分の電解質バランスも維持されている。これは、適切な水分状態が労作性熱中症のリスクを低下させることを示している(4)。1986～1988年および1990～1992年の6年間にまたがり、United States Tennis Association(USTA)のボーイズチャンピオンシップでの熱中症の発生率が、Hutchinsonら(35)によってまとめられている。調査期間中、1,440名の選手のうち11名が暑熱関連の障害を示した。11名のうち、7名が熱疲労の初期症状を示し、1名が熱疲労の治療のために病院へ運ばれた。熱射病は1件もなかった。しかしこの調査は、トーナメントが行なわれるミシガン州カラマズーでは、7月、8月の高気温の平均が約28度である点で例外的である(44)。調査者によると、すべての疾患が、例年にない暑さとされる2回の夏に限定して発生した。

諸研究によって、テニスの体温調節障害は中程度であり、暑熱関連疾患の発生率は低いとされているにせよ、やはりリスクは存在する。テニスにおける体温調節障害をより正確に区分するためには、例外的に暑い日(すなわちリスクが高い)に類似した温熱気候において調査することが重要である。また、テニスにおける熱中症関連の傷害を分析することも有益であるだろう。分析を行なう際に最も重要であると思われることは、疲労、熱痙攣、熱疲労を詳しく調査して、水分状態やTc、あるいはその両者がともに不適切ではなかったかを確かめることである。特に青少年は、暑さの中でのテニスのトレーニングや競技会において、熱疲労を起こすリスクが高い(6)。Drinkwaterら(25)が示すように、成長

表1　暑熱環境での激しい運動における塩分の損失(3タイプの選手を仮定して)＊

選手の状態	訓練度が高く、熱馴化している	訓練度は高いが、熱馴化していない	訓練度が高く熱馴化しているが、遺伝的に汗に含まれる塩分濃度が高い
運動持続時間(h)	2.0	2.0	2.0
発汗率(ℓ/h)	2.0	2.0	2.0
汗に含まれる塩分含有量(g/h)†	1.0	2.0	4.0
運動中の総塩分損失量(g)‡	4.0	8.0	16.0
米国における1日あたりの平均塩分摂取量(g/24h)	8.0	8.0	8.0
1日あたりの塩分バランス(g/24h)	+4.0§	0.0	-8.0

＊データはBergeron(11)より。　†食卓塩(塩化ナトリウム：NaCl)小さじ1杯は約8g
‡運動中の総塩分損失量(g)＝運動持続時間(h)×発汗率(ℓ/h)×汗に含まれる塩分含有量(g/ℓ)
§やせている健康な若者の場合、この余分な塩分は尿に排泄される。肥満、遺伝的に塩分感受性が高い、体重過多、あるいは高血圧の傾向がある場合以外は、有害ではない。

過程にある青少年の心臓血管系は、成人と比較すると未成熟である。思春期前の女児には、皮膚への血流の増加と静脈還流の減少、および運動時間の低下がみられた。これは、成人女性の被験者と同じ相対的運動強度と直腸温で発生したものである。子どもも大人と同様に、暑さの中で運動する際に水分摂取が不足すると、知らぬ間に脱水症状を起こす(10,32,49,50)。若年齢では、この状況が障害へ至ることはないであろう。なぜならば子どもは、Tcが危険値にさしかかったり、脱水症状が起きたりする前に、運動をやめるからである。これはおそらく、組織や同僚や試合からのプレッシャーをあまり感じないからであろう(6)。しかし、成長するとこれらのプレッシャーを重く受け止めるようになり、選手は自分の安全を軽視して、本来であれば休息しているはずの状態でも運動を継続する傾向が現れる。競技会に出場する若い選手たちに、適切な水分状態と体温管理の重要性をどれほど強調しても、強調しすぎることはない。

休息時間

前項では、暑熱または水分状態に関連した問題を発生させるような、直接的リスクを与えるテニスの競技特性について記述した。最後に、間接的リスク因子について述べる。それは、トーナメントや激しい練習中に設けられる休息時間である。休息時間は、Tcを試合前のレベルに戻し、選手に十分な水分補給を行なう機会を与える。しかしトーナメント中は試合スケジュールが厳しく、十分な休息時間が設けられないことが多い。ジュニアおよび大学選手のトーナメント期間は通常3～4日間であり、シングルスとダブルスの両方で決勝に進んだ場合、最高12試合に出場することになる。試合時間が異なるため(30分から3時間超過まで)(15)、選手が得られる休息時間も、日によって大きく変動する。そのため、USTAは、ポイント間の休息を20秒間、コートチェンジに伴う休息を90秒間、セット間の休息を120秒間と定めている。年齢区分12～16歳の男女選手に対しては、スプリットセット後に10分間の休息を取らせることが求められる。この10分間の休息は、試合開始前に審判が環境ストレスの高さに気づいた場合のみ、18歳の男女選手にも認められる可能性がある。複数の試合が同日に行なわれる場合は、ダブルスの試合の前には最低30分間、2回目のシングルスの試合の前には最低60分間の休息が認められている(30)。したがって18歳を超える選手は、ルール上、3セットマッチの3試合(シングルス2試合のあとダブルス1試合)を、60分間の休息1回と30分間の休息1回のみで戦わなければならないことになる。このような厳しい試合スケジュールと不適切な水分補給習慣が結びつくと、後半の試合においてTcやUsgの増大が発生する可能性が高まるであろう(17)。付言すると、暑熱にさらされる度合いは、試合結果の予測因子となる可能性がある(すなわち、最初の試合であまり暑熱にさらされなかった選手のほうが、次の試合の勝者となる可能性が高い)(23)。

推奨ガイドライン

上記の事実から、ジュニアや大学のテニス選手においてパフォーマンスを至適化し、熱中症のリスクを低減させるためには、体温と水分の管理が重要であることがわかる。適切な水分補給の習慣を確立するためには、選手が自分の必要とする水分量を確認して、飲むタイミングと飲むものを決める必要がある。

水分摂取量を見極めるには、最初に発汗率を確認する必要がある。手順(**表2**)は簡単でほとんど時間もかからず、特別な器具も不要である(19)。発汗率が確定したら、1時間あたりに失われる水分の少なくとも80％を補給するように、試合中の水分補給計画を作成する。先にも述べたように、発汗率の高さ(0.5～4ℓ/h)や胃の水分吸収率の低さ(約1.2ℓ/h)のために、これが難しいこともあるであろう。たとえば発汗率2.5ℓ/hの選手が、胃の不快感なしに、無理なく水分摂取を行なうとすると、約50％(1.2ℓ/h)しか補給できない。つまり、試合中に最低80％の水分を補給するという目的は、達成不可能であると考えられる。そこで、試合前、中、間、後に行なわれる水分補給を監視することが重要になる。

飲むタイミングを見極める最も簡便な方法は、体重測定と尿色を組み合わせる方法である(7)。水分補給計画において、水分状態を示すマーカーとして尿色がどの程度信頼できるかに関しては議論があるものの(9,38)、コートで役立つテクニックではある。選手には、尿色が「薄黄色」、「淡黄色」を保つように水分を摂取させる(6)。また体重を測定するために、簡易体重計を持参させる。同じ体重計を続けて使用するため、体重計の精度そのものはさほど重要ではない。目的は、体重がどの程度失われたかを知ることである。体重を測定することによって、中程度から重度の脱水症状に気づくことが可能になり、それに合わせて水分補給を計画することが可能になる。体重が激しく低下し、尿色が濃い場合は、補給す

表２　至適水分状態の算出方法			
1	ワークアウトの前に適切な水分状態であることを確認する：尿色が薄黄色。		
2	ウォームアップランニングまたは軽いドリルを行ない、汗をかきはじめた時点でやめる。必要であれば排尿する。		
3	タオルで汗を拭き取り、体重計（フロアスケール、0.1 kg単位で表示）で体重を測定する。		
4	予想される試合強度で１時間プレーする、またはドリルを行なう。		
5	プレーまたはドリル中に喉が渇いたら、計量済みの飲料を飲む。運動中に摂取した飲料の正確な量を知ることが重要である。		
6	運動後の体重測定を済ませるまでは、排尿してはならない。		
7	タオルで汗を拭き取り、ステップ３と同じ体重計を使用して、再度、体重を測定する。		
8	必要に応じて排尿したり、水分を摂取したりしてよい。以下の式を用いて、必要な水分量を算出する。		
A	ステップ３で測定した体重（kg）		
B	ステップ７で測定した体重（kg）		
C	AからBを引く	A－B	
D	Cに1000をかけて、単位をgに直す	C×1000	
E	プレーまたはドリル中に摂取した飲料の量（ml）		
F	DにEを加える		
	Fで求めた数値が、適切な水分状態を保つために、１時間あたりに摂取するべき水分量（ml）である。		

この表を用いて、テニスの試合中に適切な水分状態を保つために必要な水分量を算出するとよい。
（Casa D. Proper hydration for distance running-identifying individual fluid needs. Track Coach 167:21-28, 2004. 掲載許可）

る水分量を増加させて対処する必要がある。

最後に検討すべきことは、選手に与える飲料である。スポーツドリンクを飲ませると、胃の不快感を訴える選手がいる。これは、多くのスポーツドリンクには果糖が含まれていることと関係している(47)。「スポーツドリンクがよいか、水がよいか」という問題は複雑であり、何十年も議論されてきた。先に述べたように、スポーツドリンクは、テニス選手にとってメリットがある。それは、塩分、糖質、水の３つの栄養素が含まれていることである。またスポーツドリンクには味がついているため、プレー中の水分摂取量が増える可能性もある(18)。要するに、いつ（プレースケジュールや現在の水分状態に応じて）、何を（嗜好と熱痙攣の罹患歴に応じて）、どれだけ（発汗率に応じて）飲むかを定めた、個人の水分補給計画を作成することが重要なのである。また、電解質、エネルギー、水分の補給を行なうのに適したタイミングは、ほとんどの場合が試合間に行なわれる食事である(59)。たとえば食事に塩分が多く含まれている場合は、塩化ナトリウムを補給するためにスポーツドリンクを摂取する必要がなくなる(41)。ただし、試合が３時間以上に及ぶ場合は、スポーツドリンクを摂取する必要が生じるであろう(14)。これらのことを考慮すると、複数の試合に出場し、休息時間が短く、まともな食事量を確保できない場合は、試合前、中、後に、スポーツドリンクを飲ませるべきである。熱痙攣を起こすことが多い選手の場合は、先述のガイドラインに従って、スポーツドリンクに塩を追加するべきである。またスポーツドリンクは、特定のスポーツドリンクを好む選手に対して、その嗜好性を利用して、コートチェンジの時間に温熱環境における水分摂取を促す効果もある。

水分補給計画を作成した後、重要なことは、試合前、中、後にさまざまな手段によって安全なTcを維持することである。選手にとって実行可能な、最も重要な活動は、トーナメント開始までに熱馴化することである。涼しい土地から、暑い土地で開催されるトーナメントのために遠征する選手にとっては、これは特に重要な問題である。完全に熱馴化するには、温熱環境（すなわちトーナメントの開催地と似た環境）でトレーニングを行なう必要がある。10～14日間をかけて、運動強度と運動持続時間を徐々に増加させるとよい。このようにすることで、HR、Tc、主観的運動強度、汗に含まれる塩分濃度が低下し、運動持久時間、発汗率、そして血漿量が増加する。いずれも暑熱環境におけるパフォーマンスの向上に効果がある(2,5)。涼しい気候において、人工的に熱馴化させるためには、温熱環境の屋内でトレーニングを行なうか、あるいは運動中のウェアの枚数を増やすかである(2)。ただし、この２つの方法を同時に実施する（つ

まり、熱による非常に重いストレスをかける)ことは避けるべきであり、また熱中症の兆候には常に十分な注意を払う必要がある(4,12,32)。

試合中は、ウェアを選択することで、選手は自らの行動によってTcの上昇を軽減することが可能である。体表からの汗の蒸散を促して、冷却効果を最大化するには、軽量のメッシュのウェアを選ぶべきである(42)。帽子を着用して頭部および頸部を保護することも、長時間日光にさらされる場合は有効である(42)。

次の試合に向けて回復するための休息時間が、30分しかない可能性がある。そのため、最初の試合の終了後にTcを低下させておくことが賢明である。直射日光を浴びる場所から涼しい場所へと移動したり、活動を最小限に留めたりすることも手段のひとつである。特に温熱または暑熱環境においては、休息時間に、他の試合を見学するために屋外に留まったり、「リラックスする」ためにエクササイズを行なったりすることは、Tcの上昇を招くため、避けるべきである(42)。また適切な水分状態を維持することも、多少とはいえTcの上昇を留めうる(51)。

まとめ

テニス選手に影響を及ぼす暑熱と水分補給の問題は、環境、プレー条件、飲食物の摂取、ウェア、個人的特性の多様性によって、一般化することが困難である。しかしながら、テニス選手が温熱環境において高強度の運動を行なわねばならないことは確かであり、その結果、Tcの明らかな上昇が発生し、それが発汗による多大な水分と塩分の損失を招くことは間違いない。トーナメント主催者は、開催地や試合時間の決定や、休息時間の割り当ての際に、これらの問題を考慮に入れるべきである。一方、選手とコーチは、水分補給の量とタイミング、飲む物をあらかじめ定めておき、脱水症状や、Tcの上昇を招くと考えられる行動を最小限に留めることによって、暑さの中でのプレーに対してしかるべき備えを行なう必要がある。このようにすることで、脱水状態と体温上昇が招くパフォーマンスの減衰や健康リスクに、適切に対応できる準備が整うであろう。◆

※「References」は誌面の都合によりウェブサイトのみ掲載いたします。参照ご希望の方は、
http://www.nsca-japan.or.jp
から会員専用ページにログインしてご覧ください。

From *Strength and Conditioning Journal*
Volume 31 Number 4, pages 27-34

著者紹介

Evan Johnson：現在Naval Health Research Centerで研究専任科学者として勤務。

Lawrence E. Armstrong：University of ConnecticutのHuman Performance Laboratory の運動環境生理学の教授。

Information

CSCS/NSCA-CPT認定者の皆様へ

CEU インフォメーション
～ Vol.44 ～

新制度！

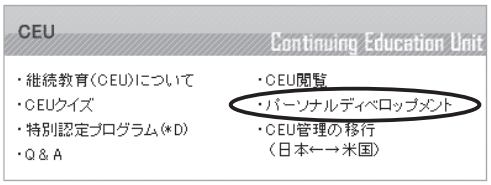
【パーソナルディベロップメント(自己学習)】

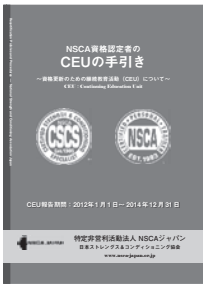
パーソナルディベロップメントは、2012年から新しく導入されたCEU取得方法です。

○ストレングス＆コンディショニングやパーソナルトレーニングに関連した書籍やウェブサイト等から情報を閲覧し、有益な情報を得る。
○運動科学に関連する自己向上のための教育機会に参加する。

(すでにCEU付与対象となっているものを除く)

いずれかの活動を行なったことを申告すると、1年間につき【**0.5** CEU(カテゴリーD)】が取得できます。





ウェブサイトの専用フォームから申告を行なってください(会員向け情報→CEU→パーソナルディベロップメント)。インターネット環境がない方は、事務局までお問い合わせください。
詳しくは『CEUの手引き』(2012～2014)の冊子もご確認ください。

©NSCA JAPAN
Volume 19, Number 4, pages 26-32

ジュニアおよび大学テニス選手のための暑熱と水分補給に関する考察
Heat and Hydration Considerations for Junior and Collegiate Tennis Players

References

1. Allan JR and Wilson CG. Influence of acclimatization on sweat sodium concentration. *J Appl Physiol* 30: 708-712, 1971.
2. Armstrong LE. Artificial heat acclimation. *Natl Strength Cond Assoc J* 14: 72, 1992.
3. Armstrong LE. Heat and humidity. In: *Performing in Extreme Environments*. Armstrong LE, ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 2000. pp. 15-70.
4. Armstrong LE, Casa DJ, Millard-Stafford M, Moran DS, Pyne SW, and Roberts WO. American College of Sports Medicine position stand. Exertional heat illness during training and competition. *Med Sci Sports Exerc* 39: 556-572, 2007.
5. Armstrong LE and Maresh CM. The induction and decay of heat acclimatisation in trained athletes. *Sports Med* 12: 302-312, 1991.
6. Armstrong LE and Maresh CM. Exercise-heat tolerance of children and adolescents. *Pediatr Exerc Sci* 7: 239-252, 1995.
7. Armstrong LE, Maresh CM, Castellani JW, Bergeron MF, Kenefick RW, LaGasse KE, and Riebe D. Urinary indices of hydration status. *Int J Sport Nutr* 4: 265-279, 1994.
8. Armstrong LE, Maresh CM, Gabaree CV, Hoffman JR, Kavouras SA, Kenefick RW, Castellani JW, and Ahlquist LE. Thermal and circulatory responses during exercise: Effects of hypohydration, dehydration, and water intake. *J Appl Physiol* 82: 2028-2035,1997.
9. Armstrong LE, Soto JA, Hacker FT Jr, Casa DJ, Kavouras SA, and Maresh CM. Urinary indices during dehydration, exercise, and rehydration. *Int J Sport Nutr* 8: 345-355, 1998.
10. Bar-Or O, Dotan R, Inbar O, Rotshtein A, and Zonder H. Voluntary hypohydration in 10- to 12-year-old boys. *J Appl Physiol* 48: 104-108, 1980.
11. Bergeron MF. Exertional heat cramps. In: *Exertional Heat Illnesses*. Armstrong LE, ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 2003. pp. 91-102.
12. Bergeron MF. Heat cramps: Fluid and electrolyte challenges during tennis in the heat. *J Sci Med Sport* 6: 19-27, 2003.
13. Bergeron MF. Muscle cramps during exercise-Is it fatigue or electrolyte deficit. *Curr Sports Med Rep* 7: S50-S55, 2008.
14. Bergeron MF, Armstrong LE, and Maresh CM. Fluid and electrolyte losses during tennis in the heat. *Clin Sports Med* 14: 23-32, 1995.
15. Bergeron MF, Maresh CM, Armstrong LE, Signorile JF, Castellani JW, Kenefick RW, LaGasse KE, and Riebe DA. Fluid-electrolyte balance associated with tennis match play in a hot environment. *Int J Sport Nutr* 5: 180-193, 1995.
16. Bergeron MF, Maresh CM, Kraemer WJ, Abraham A, Conroy B, and Gabaree C. Tennis: A physiological profile during match play. *Int J Sports Med* 12: 474-479, 1991.
17. Bergeron MF, McLeod KS, and Coyle JF. Core body temperature during competition in the heat: National Boys' 14s Junior Championships. *Br J Sports Med* 41: 779-783, 2007.
18. Bergeron MF, Waller JL, and Marinik EL. Voluntary fluid intake and core temperature responses in adolescent tennis players: Sports beverage versus water. *Br J Sports Med* 40: 406-410, 2006.
19. Casa DJ. Proper hydration for distance running-Identifying individual fluid needs. *Track Coach* 167: 21-28, 2004.
20. Christmass MA, Richmond SE, Cable NT, Arthur PG, and Hartmann PE. Exercise intensity and metabolic response in singles tennis. *J Sports Sci* 16: 739-747, 1998.
21. Coyle EF. Physical fatigue during intense exercise: Integration and compensation of physiological systems. *Mil Psychol* 21: S62-S67, 2009.
22. Coyle EF and Montain SJ. Carbohydrate and fluid ingestion during exercise: Are there trade-offs?

Med Sci Sports Exerc 24: 671-678, 1992.
23. Coyle J and Roberts WO. Cumulative heat stress appears to affect match outcome in a junior tennis championship. *Med Sci Sports Exerc* 38: S110, 2006.
24. Davey PR, Thorpe RD, and Williams C. Fatigue decreases skilled tennis performance. *J Sports Sci* 20: 311-318, 2002.
25. Drinkwater BL, Kupprat IC, Denton JE, Crist JL, and Horvath SM. Response of prepubertal girls and college women to work in the heat. *J Appl Physiol* 43: 1046-1053, 1977.
26. Eichner ER. The role of sodium in heat cramping. *Sports Med* 37: 368-370, 2007.
27. Extreme heat rule applied at Australian Open. Saturday January 21, 2006. Available at: http://www.abc.net.au/news/stories/2006/01/21/1552350.htm. Accessed March 4, 2009.
28. Fernandez J, Mendez-Villanueva A, and Pluim BM. Intensity of tennis match play. *Br J Sports Med* 40: 387-391, 2006; discussion 391.
29. Ferrauti A, Pluim BM, and Weber K. The effect of recovery duration on running speed and stroke quality during intermittent training drills in elite tennis players. *J Sports Sci* 19: 235-242, 2001.
30. Gerdes S and Kaufman R, eds. *Friend at Court: The USTA Handbook of Tennis Rules and Regulations*. White Plains, NY: USTA, 2009. pp. 106-114.
31. Girard O, Lattier G, Maffiuletti NA, Micallef JP, and Millet GP. Neuromuscular fatigue during a prolonged intermittent exercise: Application to tennis. *J Electromyogr Kinesiol* 18: 1038-1046, 2008.
32. Greenleaf JE. Problem: Thirst, drinking behavior, and involuntary dehydration. *Med Sci Sports Exerc* 24: 645-656, 1992.
33. Hitchcock KM, Millard-Stafford ML, Phillips JM, and Snow TK. Metabolic and thermoregulatory responses to a simulated American football practice in the heat. *J Strength Cond Res* 21: 710-717, 2007.
34. Hornery DJ, Farrow D, Mujika I, and Young W. An integrated physiological and performance profile of professional tennis. *Br J Sports Med* 41: 531-536, 2007; discussion 536.
35. Hutchinson MR, Laprade RF, Burnett QM II, Moss R, and Terpstra J. Injury surveillance at the USTA Boys' Tennis Championships: A 6-yr study. *Med Sci Sports Exerc* 27: 826-830, 1995.
36. Kovacs MS. Applied physiology of tennis performance. *Br J Sports Med* 40: 381-385, 2006; discussion 386.
37. Kovacs MS. Tennis physiology: Training the competitive athlete. *Sports Med* 37: 189-198, 2007.
38. Kovacs EM, Senden JM, and Brouns F. Urine color, osmolality and specific electrical conductance are not accurate measures of hydration status during postexercise rehydration. *J Sports Med Phys Fitness* 39: 47-53, 1999.
39. Kraemer WJ, Häkkinen K, Triplett-Mcbride NT, Fry AC, Koziris LP, Ratamess NA, Bauer JE, Volek JS, McConnell T, Newton RU, Gordon SE, Cummings D, Hauth J, Pullo F, Lynch JM, Fleck SJ, Mazzetti SA, and Knuttgen HG. Physiological changes with periodized resistance training in women tennis players. *Med Sci Sports Exerc* 35: 157-168, 2003.
40. Magal M, Webster MJ, Sistrunk LE, Whitehead MT, Evans RK, and Boyd JC. Comparison of glycerol and water hydration regimens on tennis-related performance. *Med Sci Sports Exerc* 35: 150-156, 2003.
41. Maughan RJ and Shirreffs SM. Recovery from prolonged exercise: Restoration of water and electrolyte balance. *J Sports Sci* 15: 297-303, 1997.
42. Maughan R and Shirreffs S. Exercise in the heat: Challenges and opportunities. *J Sports Sci* 22: 917-927, 2004.
43. Mendez-Villanueva A, Fernandez-Fernandez J, and Bishop D. Exercise-induced homeostatic perturbations provoked by singles tennis match play with reference to development of fatigue. *Br J Sports Med* 41: 717-722, 2007; discussion 722.
44. Monthly Weather Averages and Records for Kalamazoo, MI: The Weather Channel, 2009. Available at: http://www.weather.com/outlook/travel/vacationplanner/wxclimatology/monthly/. Accessed February 25, 2009.
45. Morante SM and Brotherhood JR. Air temperature and physiological and subjective responses during competitive singles tennis. *Br J Sports Med* 41: 773-778, 2007.

46. Murphy RJ. Heat problems in the tennis player. *Clin Sports Med* 7: 429-434, 1988.
47. Murray R, Paul GL, Seifert JG, Eddy DE, and Halaby GA. The effects of glucose, fructose, and sucrose ingestion during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 21: 275-282, 1989.
48. National Academy of Sciences, Institute of Medicine, and Food and Nutrition Board. *Sodium and Chloride, in Dietary Reference Intakes for Water, Potassium, Sodium, Chloride, and Sulfate*. Erdman J, ed. Washington, DC: The National Academies Press, 2005. pp. 269-397.
49. Rivera-Brown AM, Gutierrez R, Gutierrez JC, Frontera WR, and Bar-Or O. Drink composition, voluntary drinking, and fluid balance in exercising, trained, heat-acclimatized boys. *J Appl Physiol* 86: 78-84, 1999.
50. Rivera-Brown AM, Ramirez-Marrero FA, Wilk B, and Bar-Or O. Voluntary drinking and hydration in trained, heat-acclimatized girls exercising in a hot and humid climate. *Eur J Appl Physiol* 103: 109-116, 2008.
51. Sawka MN. Physiological consequences of hypohydration: Exercise performance and thermoregulation. *Med Sci Sports Exerc* 24: 657-670, 1992.
52. Sawka MN and Coyle EF. Influence of body water and blood volume on thermoregulation and exercise performance in the heat. *Exerc Sport Sci Rev* 27: 167-218, 1999.
53. Sawka MN and Noakes TD. Does dehydration impair exercise performance? *Med Sci Sports Exerc* 39: 1209-1217, 2007.
54. Schwellnus M. Cause of exercise associated muscle cramps (EAMC)-Altered neuromuscular control, dehydration or electrolyte depletion? *Br J Sports Med* Epub ahead of print, November 3, 2008. doi: 10.1136/bjsm.2008.050401.
55. Silva RT, Takahashi R, Berra B, Cohen M, and Matsumoto MH. Medical assistance at the Brazilian juniors tennis circuit-A one-year prospective study. *J Sci Med Sport* 6: 14-18, 2003.
56. Smekal G, von Duvillard SP, Pokan R, Tschan H, Baron R, Hofmann P, Wonisch M, and Bachl N. Changes in blood lactate and respiratory gas exchange measures in sports with discontinuous load profiles. *Eur J Appl Physiol* 89: 489-495, 2003.
57. Smekal G, von Duvillard SP, Rihacek C, Pokan R, Hofmann P, Baron R, Tschan H, and Bachl N. A physiological profile of tennis match play. *Med Sci Sports Exerc* 33: 999-1005, 2001.
58. Stitt JT. Central regulation of body temperature. In: *Exercise, Heat, and Thermoregulation*. Gisolfi CV, Lamb DR, and Nadel ER, eds. Traverse City, MI: Cooper Publishing Group, 1993. pp. 1-47.
59. Valentine V. The importance of salt in the athlete's diet. *Curr Sports Med Rep* 6: 237-240, 2007.
60. Werner J. Temperature regulation during exercise: An overview. In: *Exercise, Heat, and Thermoregulation*. Gisolfi CV, Lamb DR, and Nadel ER, eds. Traverse City, MI: Cooper Publishing Group, 1993. pp. 49-84.

From *Strength and Conditioning Journal:*
Volume 31, Number 4, pages 27-34.