

# OTHERMOREGULATION OF THE TENNIS PLAYER

＜テニスプレーヤーの体温調節＞

カーミット・R・クルー

トップテニスプレーヤーの体幹の温度が非常に高くなることがあります。ご存知のように、テニスは真夏の高温の下、アウトドアでのプレーをすることが多いスポーツです。アメリカ南東部のような湿度の高い中でのプレーもあります。2007年には、オーストラリアの研究者が試合中の体幹の温度は40°Cにもなることを発表しました。また、その年の全豪オープン期間中の外気温は41°Cにもなりました。2012年には、ITFは、気温の高い中でのプレーが極端な熱疲労の危険があることを認め、2014年の全豪オープンでは、史上初めて「高温によるプレーの中断」という措置が取られました。

人間は恒温動物であり、周囲の気温の変化にかかわらず、狭い範囲での体温制御がなされています。周囲の環境によって、体温は変化しますが、その範囲は1°Cを超えることはありません。人間の体温は、気温の変化に応じて36.1°Cから38.8°Cの狭い範囲で維持されています。

代謝によって生まれるエネルギーのおおよそ25%は、運動中の筋収縮と行った生理機能維持のために使われます。残りのエネルギーは「熱」に変換されます。体温が上がるということは「（テニスの試合のような中程度から重度な長時間の運動などで生じるように）体温の上昇度合いがその低下の度合いを上回ったときに、余分な熱が体に蓄えられて体温が上昇する」ということです。

## テニスと他のスポーツとの違い

ランナーやサイクリストとは違い、テニスプレーヤーは「動くことによって起きる風」を体温を下げるために使うことはできません。レベルの高いテニス試合は、満員の観客のいる囲まれたスタジアムでプレーされるので、プレーヤー周囲には殆ど風は発生しません。スポーツにおける空気の動きは、風速の上昇に伴っての対流や蒸発による熱交換を生む上で不可欠の要素です。ある程度のスピードでのランニングやサイクリングによって受ける風によって、彼らの体幹温度はテニスプレーヤーのそれよりも通常低く保たれます。

試合を通じてのテニスプレーヤーの体幹温度は、安定したスピードで走るランナーやサイクリストのそれとはかなり違ってきます。テニスでは、一定の調子やペースで動くような、均衡の取れた状態に置かれることはありません。テニスには、プレーの都度に断続的に異なった運動強度が生じるという競技特性があります。

テニスプレーヤーは、同様な気温と湿度環境で動いたとした場合、試合中に体温の均衡状態がとれるまでにランナーよりも長い時間を要します。（テニス=約40分、ランナー=約10分）これは、テニスの試合では、スピード変化の少ないランニングやサイクリングと比べて、連続的に運動強度が増すことによるものでしょう。

“Thermoregulation of  
the Tennis Player”  
-Kermit R. Crew  
TennisPro-Nov/Dec, 2016

## 熱放出の代償機能

身体から熱を放出する流れは、体幹から外気と接する表皮へととなります。体幹の熱は、血流によって表皮近くに運ばれます。そうやって運ばれた熱が外に放出されるメカニズムは、次の4つになります。

1. Radiation (発散)
2. Conduction (伝導)
3. Convection (対流)
4. Evaporation (蒸発)

## テニスにおける熱放出の代償機能不足

テニスをする上でよく起きる高温多湿という物理環境の中では、上に述べたいずれも適用できない場合がほとんどといえます。

- 1.発散：赤外線放出による熱放出です。しかし、テニスでは屋外でのプレーによって熱が発生し、さらに太陽からの赤外線を吸収します。
- 2.伝導：ある個体がそれよりも温度の低い物質と直接接触することによって発生します。これは、テニスのプレー中では考えられないことです。そればかりか、気温の高い中でのハードコートでプレーしていると、コートからの熱も吸収することになります。
- 3.対流：液体やガス（この場合は空気）が熱を持った表面（この場合は皮膚）に沿って動くことによって起きます。先にも述べたように、レベルの高い試合では、満員のスタジアムに囲まれたコートでは殆ど風が起きません。従って、これによる熱放出はごく稀にしか起きません。また、対流による熱放出は、皮膚表面温度よりも外気温が低い場合にのみ発生します。これは、気温の高い環境でのプレーでは起こり得ないことです。外気温が皮膚表面が生理的に耐えうる限界と言われている35°C以上の場合は、熱移動勾配が逆転し、熱は放出されるどころか、吸収されてしまうこととなります。テニスでは、よく起こり得ることです。
- 4.蒸発：すでに推測されていると思いますが、上の3つでは通常逆に熱吸収になってしまうことから、高温多湿の環境下での運動や試合中の熱放出には、この蒸発が一番の機能といえます。運動中の熱放出のおおよそ80%はこの蒸発によって起こります。蒸発は、表皮に通じるエクリン腺（汗腺）が血液中の水分をそこを通じて吸収して、皮膚表面に運び出すことで起こります。皮膚表面の水分を蒸発させるためには、かなりの蒸発潜熱（一定量の液体物質を蒸発させて同じ温度の気体にするのに必要なエネルギーで、水の場合は、40.8 kJ/mol）が必要となります。必要な熱を得られた水は気化して蒸気となって皮膚表面から離れてゆきます。そうして、蒸発することによって、皮膚表面の熱が取り除かれて、外気中に放出されることとなります。

しかしながら、先に述べたように、外気温が生理的皮膚表面限界温度の35°Cを超えてしまうと、熱移動勾配が逆転し、熱は放出されるどころか、吸収されてしまうことになります。テニスでは、よく起こり得ることです。

## 相対湿度（隠れた要因）

蒸発は、皮膚と空気との蒸気圧勾配によって起こります。蒸気圧とは、気化した水の分子が発生する圧力のことです。

蒸発は、皮膚表面の蒸気圧が空気中の蒸気圧よりも高い時に発生します。蒸気圧は気温と相対湿度の影響を受けます。同じ運動強度の場合、気温が高く湿度の高い日の蒸発による冷却効率は、涼しくて湿度の低い日のそれよりも低くなります。言うまでもなく、蒸気圧勾配が唯一冷却効果に影響を及ぼすとした場合には、高温多湿の環境でのテニスの試合では体温を下げる要因は殆どないと言って良いでしょう。

## 行動性体温調節

この記事で述べてきたプレー環境を経験することで、テニスプレーヤーは必要に迫られて、行動性体温調節に優れるようになりました。2014年の気温40°Cという酷暑下の全豪オープンであるプレーヤーは、「何とかポイントを早く終わらせることを考えた。」と述べました。たしかにこれはエネルギーの消耗を抑える方法の一つでしたが、この日の気温はさらに上昇を続け、プレーを中断するまでになりました。

以下に、高温多湿化でプレーをする上での幾つかの行動性体温調節の方法を紹介したいと思います。

1. 試合でコートに出るまでは出来る限りギリギリまで涼しい室内で過ごすこと。
2. 試合前のウォームアップは短時間にして、汗をかかないようにすること。体温を上げるのではなく、身体をほぐす程度に抑えること。
3. チェンジオーバーの時間を使って、体温を下げること。
  - a. 日陰に入り、体温上昇を促す太陽からの赤外線を遮断すること。
  - b. 大きなミストファンを使って、涼風を全身に浴びて、皮膚からの放熱を促すこと。体表面に沢山の風を当てるとその効果は増します。
  - c. 冷やしたタオルなどで、太腿や腹部や背中などの大きな筋群を冷やすこと。そうすることで、体幹の温度が下がり、放熱のための表皮付近までの血流を抑えられ、体幹周りに温度の低い血液が循環し、体幹や周辺部分の運動効率を維持や向上させることに繋がります。
  - d. 冷やしたタオルなどを首に巻き、脳に運ばれる血液の温度を下げることで、脳の温度が上がることによる判断力の低下を防ぐことができます。
4. 試合の前夜には、たくさんの水分を取るようにします。そして、試合中のチェンジオーバーのときにも水分の補給をしましょう。試合と試合の間にも、失われた水分の補給を怠らないようにしましょう。

5. 試合中、エネルギーの節約に努めましょう。
  - a. できる限り短いポイントで終わらせる。
  - b. サービスエースをたくさん取れるように。
  - c. 長いベースラインラリーを避ける。
  - d. ポイント間のボール拾いもできるならば人にやってもらう。
  
6. ゲームのペースは通常サーバーが握るので、急いでサーブをしないようにすること。ポイント間の20秒をフルに使って、回復やエネルギー消費を抑えるように心がけましょう。このことは特に、3セットマッチの終盤やタイブレークのときには有効な手段です。

## 結論

個々の運動能力や、競技の質や、ラケットの性能が日ごとに進化している現在、レベルを問わず、プレーの内容もますます激しく、長時間にわたるようになるでしょうし、肉体的にも精神的にもタフさが求められるようになるでしょう。

ここに述べたこと以外にも、プレーヤーとしては、飲料の電解質レベルやエネルギーのバランスや心肺能力向上や、感情のコントロールや判断力の向上にも努めなければなりません。

**【筆者略歴】 Kermit R. Crew:** PTRに加入して10年以上。アラバマ大学で運動生理学の修士課程を終了し、現在は「体温調節」に関する運動生理学の分野での学位取得を目指している。The Court House Racquet Clubでフルタイムでの仕事をしながら、ノースアラバマ大学では、「人間の活動と健康促進」に関しての修士課程も修了。母校のアラバマ大学のテニスチームとも密接につながっており、The Crimson Racquet Clubのメンバーでもある。それぞれのコーチや学生たちは、彼の研究分野に関しての助言を得ながら活動をしてきている。母校では臨床生理学と臨床生理実験に関してアシスタントとして教鞭を執り、検査や測定なども行っている。また、同じく「テニスの導入」という授業で多くの学生への指導も行った。指導教官であったフィリップ・ビショップ博士とジョナサン・ウィンゴ博士との共著で、“Modeling Heat Stress and Heat Strain in Protective Clothing (熱疲労に対する保護衣料について)”を著した。将来「国際スポーツ医科学会報」への掲載を目指して、3つの分野での論文をまとめている。Phi Kappa Phi honor society, Kappa Delta Phi honor society, Delta Epsilon Iota honor society, Kappa Delta Epsilon honor societyのメンバーであり名誉専門教育者団体であるKappa Delta Ipsilonのメンバーでもある。

<参考>

- Delta= Δ, δ <ギリシャ語アルファベットの第4字> =” D, d”
- Epsilon= E, ε<ギリシャ語アルファベットの第5字> =” E, e “
- Iota= I, ι <ギリシャ語アルファベットの第9字> =” I, i “
- Kappa= K, k <ギリシャ語アルファベットの第10字> =” K, k ”
- Phi= φ, Φ <ギリシャ語アルファベットの第21字> =” ph, f ”

**【翻訳監修】** 鈴木眞一

**“Thermoregulation of  
the Tennis Player”  
-Kermit R. Crew  
TennisPro-Nov/Dec, 2016**