

小・中学生における夏期スポーツ活動時の水負債について

田中 英登 (教育人間科学部社会ネットワーク講座)
横山 直也 (教育人間科学部保健体育講座)

The body water debt in the summer sport activity in school children.

Hideto TANAKA (Dept. of Social Network)

Naoya YOKOYAMA (Dept. of Health and Physical Education)

<はじめに>

身体運動を伴うスポーツ活動は、身体的、精神的な発育発達に効果をもたらすとされているが、その方法を間違えるとまったく反対の効果、即ち有害なものになってしまう。スポーツ活動は多くの危険性を伴うことが知られており、指導者や教育者はそのことを十分に理解した上で指導を行うことが必要である。

近年、地球温暖化現象などに伴う夏期気温の上昇は熱中症を多発させており、特に小・中学生及び高校生においては、スポーツ活動時の熱中症の予防が問題とされ、その予防対策について日本体育協会のプロジェクト研究調査の報告が出されている^(1, 2, 3)。しかしながら、毎年スポーツ活動時の熱中症による死亡事故の報告は絶えることはなく、そのほとんどは指導者の知識、認識不足が悲劇を招いている。もし、指導者がしっかりとした熱中症の知識を持ち、その予防対策を常に考慮しているならばスポーツ活動時の熱中症の発生は99%防ぐことのできるものと考えられる。

そこで、全国的にこの熱中症予防に関する調査が進められており、高校生や成人における夏期スポーツ活動時の水分補給などの実態調査などが行われてきたが、教育的な面からより低年齢層に対する熱中症に関する知識の享受はこれからの熱中症予防対策として重要な事柄であり、そのために低年齢層における夏期スポーツ活動時の熱中症予防に関する現状を調査し、把握することが必要とされてきている。

本調査研究では、小・中学生の少年スポーツ団体(サッカー、剣道、野球)に協力を願って行った。夏期の高温環境下では、生体の熱放散手段は発汗にのみ頼ることになる。発汗量が多くなることは体温の上昇を抑制するためには必要不可欠な要因であるが、一方、発汗がすすむとともに体水分量は低下し、様々な生体機能障害を誘発し最終的に熱中症による生命維持の危機まで追い込まれることになる。そのため、熱中症予防の観点から水負債(脱水率)は重要な指標と考えられる。今回、今後の熱中症予防対策の一助となるよう夏期スポーツ活動時の脱水(水負債)に関する実態調査を行い、その現状と問題点を明らかにすることを目的として行った。

<方法>

調査対象は、神奈川県内または東京都内の剣道場、少年サッカークラブ及び少年野球クラブに協力を願い、各スポーツ種目について1～3日間の調査を7月～8月にかけて行った。調査内容は、練習時の温熱環境条件、運動前後の体重変動及び活動量を測定した。温熱環境は気温、湿度、気流及び輻射熱によってその生体への温熱ストレス度は変わる。近年、これらの要素すべてを含んだ温熱指標としてWBGT (Wet-Bulb Globe Temperature) 値が推奨されている^(4, 5)。WBGTの測定には、WBGT計 (京都電子社製モデル) を用い乾球温度、WBGT値及び相対湿度を10分毎に計測記録した。WBGTは下記の式によって求められる。

WBGT (°C) の算出式

(屋外の場合) = 0.7 × 湿球温度値 + 0.2 × 黒球温度値 + 0.1 × 乾球温度値

(屋内の場合) = 0.7 × 湿球温度値 + 0.3 × 黒球温度値

体重測定は、A & D社製の体重計 (最小目盛50g) を用い、剣道調査の場合は剣道着を脱いでパンツ1枚の状態に測定し、サッカー調査及び野球調査の場合は練習着の状態に測定した。各調査において鼓膜温度を深部体温の指標として測定したが、誤差が大きかったため今回は参考に留めた。

活動量は各自に練習開始直前に万歩計を装着することにより測定した。水負債量 (脱水率) は体重変動量より以下のように算出した。

脱水率 (%) = (前体重 - 後体重) ÷ 前体重 × 100

表1 剣道調査時の温熱環境指標及び調査人数など

	乾球温度(°C)	WBGT(°C)	相対湿度(%)	練習時間(分)	調査人数
調査日1	25.2	23.9	80.3	100	15
調査日2	27.8	25.6	69.8	80	13
調査日3	28.3	25.0	60.8	80~115	20

図1 剣道練習時の年齢と脱水率の関係

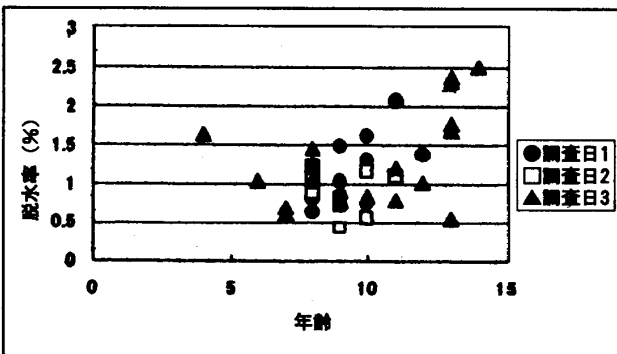
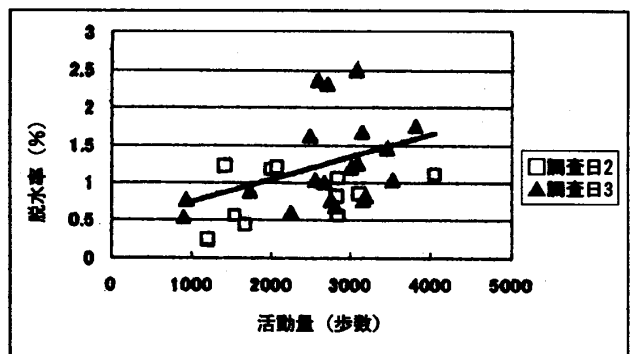


図2 剣道練習時の活動量と脱水率の関係



<結果及び考察>

—少年剣道調査—

剣道の調査は3日間行い、調査時の環境条件、練習時間及び調査対象人数を表1に示した。各調査日の環境条件は異なり、3日間とも乾球温度が30度以上を示すような日ではなかったが、WBGT値は調査日2、3において25°C以上を示した。中井らの報告によると、熱中症による死亡発生は

WBGT 25℃を超えると急激に増加することが示されている⁽⁵⁾。よって、このような環境条件でのスポーツ活動は熱中症発生に対して充分警戒することが必要とされている。

図1は年齢と脱水率との関係を調査日ごとに示したものである。11歳以上の子供に脱水率2%を超える高い値が示された。体重1%の脱水は深部体温を約0.3℃上昇させるとされ、また脱水率2%以上になると血漿量の低下、血液濃縮、心拍数増加、呼吸数増加、尿量の減少などの生理的な機能変化が発生する事が知られている⁽⁶⁾。このようなことから、スポーツ活動時の脱水率が2%以上にならないように配慮することが熱中症予防の観点からは必要と考えられている⁽⁵⁾。今回調査を行った剣道練習時には練習中の水分補給についての指導がなされておらず、練習中に水分を補給することはなかった。また、ヒトの発汗量は基本的に身体活動量に依存することが知られている。よって、身体活動量が高いものほど脱水率が高くなることが予測される。図2は活動量と脱水率との関係を示したものであるが、予測された通り活動量と脱水率の間には正の相関が示された ($r = 0.42$)。調査日毎の平均脱水率は、調査日1 ($1.38 \pm 0.97\%$)、調査日2 ($0.82 \pm 0.32\%$)、調査日3 ($1.26 \pm 0.59\%$) であり、環境条件よりも練習時間に脱水率が依存していることから、活動量が脱水率に及ぼす影響は大であることが裏付けられる。

表2 サッカー調査時の温熱環境指標と調査人数など

	乾球温度(℃)	WBGT(℃)	相対湿度(%)	練習時間(分)	調査人数	条件
調査日1	26.3	24.8	78.1	120	40	普段飲水
調査日2	31.7	28.9	62.6	120	39	強制飲水
調査日3	12.9	11.0	66.8	90	32	普段飲水
調査日4	14.2	11.3	56.5	90	30	強制飲水

図3 サッカー練習時の年齢と脱水率の関係

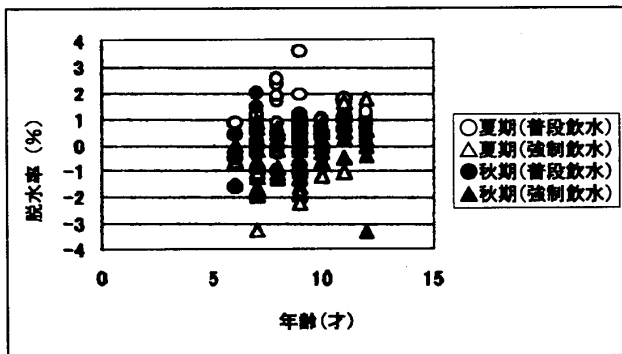


図4 サッカー練習時の活動量と脱水率の関係

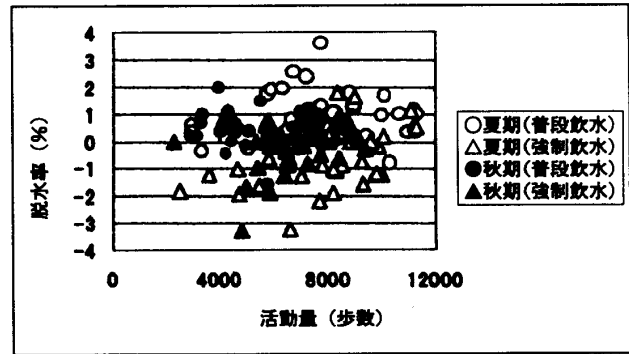
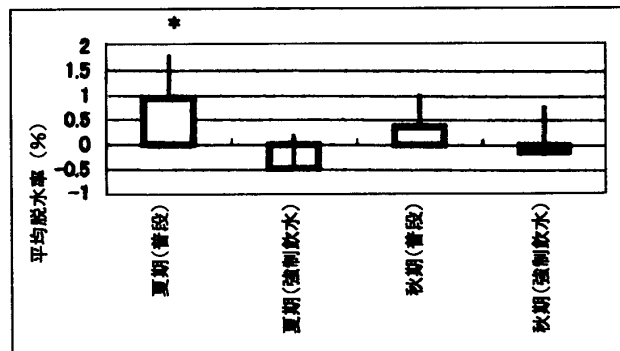


図5 サッカー練習時の平均脱水率に及ぼす季節及び飲水様式の影響



本剣道調査結果から、WBGT25℃の環境下でも剣道練習時には脱水率2%を超える子供がみられた。練習中水分補給をさせないことによって、活動量の高いものほど熱中症にかかる危険性が高いことが示唆された。

—少年サッカー調査—

表2にサッカー練習時の環境条件及び練習時間、調査人数を示した。サッカーの調査では、夏期練習時の調査2日間（調査1、2）、秋期練習時の調査2日間行った（調査3、4）。調査対象少年サッカークラブでは、各自がペットボトルを持参し練習中に自由に飲ませていた。しかし、持参しているペットボトル1本の容量はほとんどの者で500mlと少なく、さらに練習場近くに給水施設（水飲み場）がないため十分な水分摂取が出来る状態ではなかった。そこで本調査では、普段とおりの飲水時の調査（普段飲水：調査1、3）とより多く水分補給ができるようにスポーツ飲料水を準備し、練習と練習の合間の休憩時に積極的に飲めるような条件を作った場合の調査（積極飲水：調査2、4）を行い、比較を試みた。

図3に各調査条件の年齢と脱水率との関係を、図4に活動量と脱水率との関係を示した。年齢と脱水率との相関は見られなかった。活動量は秋期の調査においては脱水率との相関は見られなかったが、夏期には活動量が多いほど高くなる傾向が見られた。また、飲水条件間では、夏期調査の普段飲水条件において脱水率2%以上を示した子供が数人見られ、一方夏期積極飲水条件及び秋期調査ではすべての子供の脱水率は2%以下であった。図5は調査各条件における平均脱水率を示したものである。夏期普段飲水条件時にのみ有意に高い脱水率が示された ($p<0.05$)。丹羽らの脱水率の季節差についての報告によれば⁽⁷⁾、スポーツ活動時の脱水率に季節差はなく、環境温度（WBGT値）に無関係に一定であることが示されている。今回の結果はこの報告と異なり、夏期に比べて気温の低い秋期には脱水率が低下し、季節差がある結果となったが、これは水分の摂取が夏期は多量の発汗のため持参ボトル分では不足したこと、すなわち飲みたくても飲めない状況であったことが原因と考えられた。

表3 野球練習時の温熱環境指標及び調査人数など

	乾球温度(℃)	WBGT(℃)	相対湿度(%)	練習時間(分)	調査人数
調査日1	28.4	23.8	46.1	210	31

図6 野球練習時の年齢と脱水率の関係

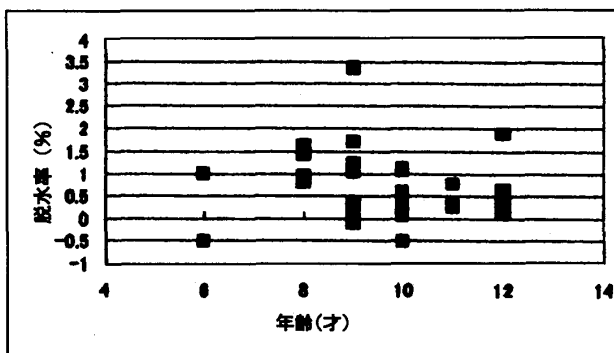
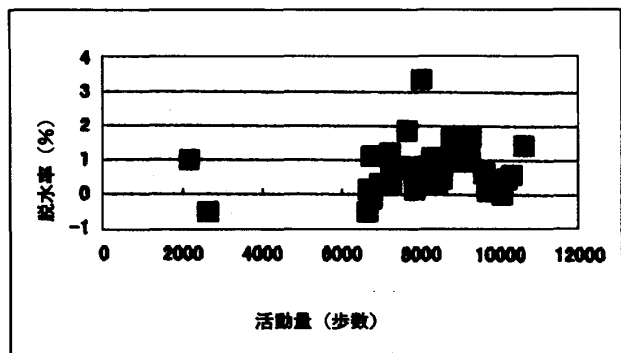


図7 野球練習時の活動量と脱水率の関係



—少年野球調査—

表3に野球練習時の環境条件及び練習内容、調査人数を示した。調査は8月末に行われ、調査環境条件は平均WBGT 23.7°C と必ずしも高い値ではなかったが、野球の練習の場合練習時間が4～5時間と長く(学年によって若干練習時間異なった)、最高WBGTは 25°C 以上を示していた。調査対象少年野球クラブでは、飲水は各自が水筒を持参し休憩時に補給させるとともに、不足分はチームとして用意したポットの水を摂取させていた。図6に年齢と脱水率との関係を、図7に活動量と脱水率との関係をそれぞれ示した。脱水率は年齢による差はなく、平均脱水率は $0.75\pm 0.74\%$ であった。また、活動量は平均 7581 ± 1822 (歩)で、活動量と脱水率の間にも相関は見られなかった。2%以上の脱水率を示した者は全調査対象者中1人であった(脱水率3.4%)。

<総括>

本調査は少年スポーツ活動時の熱中症に関する現状を把握するために、剣道、サッカー及び野球の地域クラブを対象に飲水様式、活動量及び脱水率を調査し、その現状と問題点を明らかにすることを目的とし、究極的にはスポーツ活動中の熱中症発生頻度の高い中高校生の熱中症発生予防のための基礎資料となるよう行ったものである。

各調査時の温熱環境温度WBGTは $23.7\sim 28.9^{\circ}\text{C}$ であった(夏期のみ)。日本体育協会の熱中症予防のための運動指針によれば⁽⁵⁾、WBGT $21\sim 25^{\circ}\text{C}$ は注意域(積極的に水分補給を)、 $25\sim 28^{\circ}\text{C}$ は警戒域(積極的に休息を)、 28°C 以上は嚴重警戒域(激しい運動は中止)としている。これまで多くの現場の調査を行ってきたが、WBGT 28°C 以下の警戒域までの指導者の対処(例えば、注意域の積極的に水分補給など)は実際に行われているところが多いようであるが、 28°C 以上の嚴重警戒域における激しい運動は中止などの対処はほとんど行われていない。確かに計画している練習内容を環境条件によって変更することの難しさは、実際の熱中症発生の割合が必ずしも高いものではないため(誤解を招きやすいが、 28°C の環境で熱中症発生は1%にも満たないため)、現場の指導者にとってその危険性を身近に感じ取れないというのが現実のようである。しかし、1人でも熱中症による死亡者を出してしまえば、その指導者の安全管理の方法は間違いであり、指導者として失格者となる。現場の指導者は、WBGT 28°C (平均乾球温度 31.3°C ⁽⁸⁾)前後で多くの熱中症が発生していることを再認識することが必要であろう。

各調査対象スポーツ種目の夏期の平均脱水率は表4に示すように剣道($1.1\pm 0.48\%$)、サッカー($0.94\pm 0.85\%$)、野球($0.75\pm 0.76\%$)であった。また、熱中症発生予防指針としての示されている2%以下に脱水率を抑えるという観点からも、剣道>サッカー>野球の順に危険率は高かった。本調査における脱水率の結果について、以下のように考えることが出来る。剣道が最も脱水率が高く、2%以上の脱水者が多かった点については、剣道というスポーツ種目特性として捉えられる。即ち前述したように、剣道の練習中は面の装着に子供の場合時間がかかるため、練習中の水分補給が行われていなかった。水分補給がなされない場合、脱水率は発汗量に依存する。発汗量は環境条件が等しいければ運動量に比例することから、本調査にも示されたように脱水率は活動量の高い子供ほど、高い脱水率を示すことになった。一生懸命練習に励む子供ほど、脱水率が高くなり熱中症発生の危険に近づいてしまうという現状はスポーツ指導の立場からはあってはならないように思える。近年では、ストローの付いたボトルによる面を装着したままの給水法も考えられているが、一方では剣道はスポーツである以上に「武道」としての鍛錬的な考え方がこのような給水を導入するこ

との難しさにつながっているようである。しかし、いくつかの剣道場においてはすでに水分補給のためにストロー使用しているところもあるのも事実であり、今後は現代化された剣道としての水分補給の指針（特に、少年を対象とした）を出すことが必要と考えられる。

一方、サッカー（夏期普段飲水）と野球では環境温熱条件は野球>サッカーであったにも関わらず、脱水率は野球<サッカーであった。我が国における熱中症発生の最も多いスポーツ種目は、野球がダントツであることが報告されている⁽⁹⁾。少年野球スポーツ人口が多いこと、着衣量が他のスポーツに比して多いこと、さらには野球指導者側の問題などが挙げられている。本調査における脱水率の結果が、熱中症発生数の報告と異なった原因として以下の2点が挙げられる。第一に、調査を行った両少年スポーツクラブとも水分補給は主に持参ボトル（水筒）であったが、野球では父兄がその他にポットを準備していたが、サッカーではその他の飲料水はなかったため、夏期では持参している量より発汗量が多いため脱水率が高くなりやすいと考えられる。調査側で特別に用意した補給水を設置した条件では2%以上の脱水率者はいなくなり、全体の脱水率の低下したこともこのことを裏付けるものである。第2として、単位時間あたりの活動量の違いが上げられる。休憩時間はともにほぼ30分間隔で約5分間の休憩を設け、総練習時間はサッカーが約2時間、野球は約3.5時間であった。練習時間が野球においてより長いにも関わらず、総活動量はほぼ同じであったことは、単位時間あたりの活動量はサッカーのほうが高かったことになり、このことが脱水率にも影響したのであろう。実際、練習メニューを見るとサッカーはほとんど間欠的な運動の連続であるが、野球は守備、打撃と全体的に静止時間が多い内容であった。ヒトの場合、随意水分補給時には（飲みただけ飲む自由飲水の場合）、発汗による脱水の30%程度しかすぐに水分を摂取せず、その結果体温が上昇しやすくなることが報告されている⁽¹⁰⁾。一般に、水負債を補うのは口渴による飲水行動である。ロバや犬などは温熱ストレス時の脱水後に水が与えられると脱水量分の水分量を摂取し、即座に水負債を0にすることが知られている。ところがヒトでは発汗量分を直ちに補わない。この現象を自発的脱水現象（voluntary dehydration）と呼び、古典的資料に記されている^(6,11)。よって、短時間の発汗量が多ければ多いほど、脱水率は高くなりやすく、本調査のサッカーと野球の差もこれらのことも影響していたものと考えられる。

本調査において、各対象スポーツクラブの指導者は一応の熱中症に関する認識はあり、特に野球では頻繁に休憩時間を設け、子供たち及びチームとしても積極的に水分摂取の意識をもっており、積極的な熱中症予防対策が行われていたように感じる。少なくともこのような熱中症に対する予防法は夏期スポーツ時には当然のこととして、子供たちの知識としても養われることが必要で、全国の少年スポーツクラブすべてが行ってほしい最低限の水準となるよう、心から願うものである。しかしこのような指導者のスポーツクラブにおいてでも、2%以上の脱水率者、熱中症発生予備軍が存在することを心に留めておくことも必要であり、更なる熱中症予防に対する普及活動が望まれる。

最後に、近年における日本の夏期気温の上昇は、今後のスポーツ活動時を含めた熱中症発生の危険性増大を予感させるものである。小・中学校保健体育の現場においても、授業の中で「夏のスポーツ活動方法」として水分補給方法や体重測定の習慣化の必要性などについて教育し、子供たち自身に知ってもらうことが、熱中症予防の有効な対策となると考える。

<参考文献>

- (1) 平成9年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 ジュニア期の夏期トレーニングに関する研究—第1報—、1997
- (2) 平成10年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 ジュニア期の夏期トレーニングに関する研究—第2報—、1998
- (3) 平成11年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 ジュニア期の夏期トレーニングに関する研究—第3報—、1999
- (4) 川原貴、森本武利編集：スポーツ活動時の熱中症予防、日本体育協会、1993
- (5) 川原貴、森本武利編集：スポーツ活動時の熱中症予防ガイドブック、日本体育協会、1999
- (6) Adolph EF et al: Physiology of Man in the Desert. Harfner Pub. Co., New York, 1947
- (7) 丹羽健市ら：運動時環境温度と飲水量・発汗量及び体温に関する実態調査 体力科学 45：151-158、1996
- (8) 中井誠一ら：夏季運動時温熱環境の実態と温熱指標の比較 体力科学 39：120-125、1990
- (9) 中井誠一：運動時熱中症の疫学的検討 平成9年度日本体育協会スポーツ・医科学研究報告、ジュニア期の夏期トレーニングに関する報告—第1報—、1998
- (10) 森本武利ら：発汗時の水分塩分摂取と体液組成の変化 日本生気象学会誌 18：31-39、1981
- (11) 伊藤真次ら：夏日無飲食長途歩行実験 日本生理学雑誌 7：101-107、1942