



全力で

熱中症

なぜ命を脅かす？



# “生きている仕組み”を守ろう!

今年も暑い夏がやってきました! 調子はいかがですか? 頑張りすぎていませんか?

健康のためとはいえ暑い時期の運動は熱中症のリスクが高まりますので注意が必要です。

今号では、清水先生にヒトの生きている仕組みから熱中症について解説いただきます。安全第一で無理せず長期的な視点で運動を継続し、年間を通していい汗をかく習慣を身につけましょう。

皆さんこんにちは。令和4年4月に開校されました“けんこう学校”の“読む”授業も3年目に入ったところです。前号(5・6月号)の第13時限目の授業で、冒頭に掲げました「“継続”は力なり!!」を令和6年度の通年テーマとし、ヒトが生きていく上での司令塔に当たる「脳」を守るための授業を、美祢市立病院 院長の松永 登喜雄先生が基調講演も兼ねて担当されました。

「脳」を「ヒトが生きていく」ための司令塔とすれば、体内諸器官は「生きている」という現象を司るための実務(代謝機能)を担っています。

第14時限目では、今後、けんこう学校の授業で取り上げられる各種の生命にかかわる疾患・病態を一元的に理解していただけるよう、授業の前半で『ヒトが生きているという現象(生命活動)の仕組み』をエネルギー代謝に焦点を絞って解説します。生命にかかわる疾患・病態では例外なく『ヒトが生きている仕

組み』のどこかの過程に破綻が生じ、臨床症状として顕在化しますので、しっかり理解していただけるよう、分かりやすく解説します。

授業の後半では生命にかかわる具体的な疾患として、『熱中症』を取り上げ、その病態(特殊な代謝障害)、予防法、対処法を解説します。「ヒトが生きている仕組み」をしっかり理解し、ご自身の健康増進に役立てていただければ幸いです。



美祢市立病院事業管理者  
清水 良一 先生

昭和29年4月8日生まれ  
昭和55年3月 山口大学医学部卒業  
平成29年4月 小野田赤十字病院院長  
令和3年4月 山口幸楽苑苑長  
令和6年4月 美祢市立病院事業管理者  
専門分野: 消化器・腫瘍外科

## ヒトが生きているという現象(生命活動)の仕組みを知ろう!

### 筋肉に代表されるヒトのタンパク質は「リン酸化」されることにより機能する

ヒトの遺伝子で合成されるタンパク質は、体内に約10万種類備わっています。代謝(新陳代謝・エネルギー代謝・体温調節他)、筋肉運動(心筋・骨格筋・平滑筋の収縮と拡張)・大脳による内言語を用いた思考・細胞内での情報伝達・細胞の増殖・細胞を包む細胞膜の形態維持等の生命活動において、タンパク質の活性化(リン酸化)を起点とした生理・生化学反応が、一瞬たりとも休むことなく繰り返されることで、世に生を受けてから老化等により天寿を全うするまで、ヒトは命を繋ぐことができています。

このタンパク質をリン酸化するのに必要なエネルギーを安定的に供給しているのが個々の細胞内に備わったATP(アデノシン三リン酸:リン酸基が3個)という高エネルギーリン酸化合物です。タンパク質のリン酸化という役目を果たし終えると、ATPはADP(アデノシン二リン酸:リン酸基が2個)へと変化します(下図の反応)。もちろん、ATPが枯渇してしまわないようにADPからATPへと再合成(再生)される仕組みも備わっています。次項では、ATPが再生される仕組みを詳しく見ていきましょう。

### ATPは1日に1000回以上再生され、体内に約50グラムの一定量が維持されている

ヒトの体は約40~60兆個の細胞からできています(細胞1兆個で約1キログラムになる)。平均すると個々の細胞内には約10億個ずつのATPが含まれ、ヒトの体内全体では実に $6 \times 10^{22}$ 個(=600兆個:京の一つ上の単位)もの夥しい(おびただしい)数のATPが常に維持され、その重量は約50グラムの一定量に保たれています。

しかし、50グラムのATPでヒトが命を繋ぐことのできる時間は、僅か1分程度(30秒~90秒)に過ぎません。大急ぎでATPを再生し続けなければ、ATPはたちまち枯渇し、ヒトは死に至ります。

実際、1分子のATPに着目すると、平均して1日に1000回(90秒に1回)以上、ADPからATPへと再生(再リン酸化)が繰り返されています。その結果、体内でヒトが1日に消費・再生するATPの総量は実に50~100キログラム(体重の1~2倍)にも及びます。脳をはじめとする活発な代謝を行っている組織では、計算上、少なくとも1日に3000回(30秒に1回)程度はATPを再生しないと細胞死は免れません。

ヒトが生きていられるのは 反応が1日に1000回以上繰り返され続けるから



## ADPからATPへの再リン酸化機序(食物と酸素(O<sub>2</sub>)からATP再生のエネルギーを獲得)

では、ADP(バッテリーに例えると、電池残量0%の状態)に変化した後、どのようにしてATP(100%に充電されたバッテリーに相当)へと再生(再リン酸化)されているかを解説します。

まず、食事で体内に摂取した栄養素(主に脂肪酸やブドウ糖:脳はブドウ糖のみ利用可)は、呼吸で体内に取り込んだ酸素(O<sub>2</sub>)と反応して、個々の細胞内の代謝回路(代謝酵素や補酵素を介した反応系)で炭酸ガス(CO<sub>2</sub>)と水(H<sub>2</sub>O)にまで分解されます。この代謝過程(異化作用)で得られる食物エネルギーを利用することで、ADP(+リン酸)からATP(+水)への再生(リン酸基を2個から3個へ戻す反応)が休むことなく行われています(下図の反応)。

ここで、注目すべきは、酸素(O<sub>2</sub>)に比べると体内には相対的に十

分な量の栄養素が貯蔵されており、血糖値に代表されるように、血液中に存在する各種の栄養素は常に適正な血中濃度が保たれています。一方、赤血球内のヘモグロビンに結合している酸素(O<sub>2</sub>)は、体内全体でも僅か4分間程度のストックしかありません。一旦呼吸が停止すると、血液を介した細胞内への酸素(O<sub>2</sub>)の供給が数分で尽きるため、たとえ十分な量の栄養素が細胞の中に存在していても、酸素(O<sub>2</sub>)との反応が叶わず、食物エネルギーを取り出せないことで、たちまちATPの再生過程(酸化的リン酸化のエネルギー代謝)が停止してしまいます。救急医療の現場で、心肺蘇生が最優先の治療と言われる所以です。

## 熱中症について



### 熱中症で、なぜ命が危険にさらされるのか？ その病態(特殊な代謝障害)とは

細胞内に存在する代謝酵素はタンパク質でできており、その触媒としての作用が最高に発揮される温度は35℃～40℃です。そのため、ヒトは骨格筋、肝臓、脳などの活発な代謝を営んでいる組織でATPのエネルギーの一部を熱に変換して体温を作り出し、代謝酵素の働きを維持する環境を整えています。その一方で、体温が上昇し過ぎないように、発汗等による気化熱放散機構を備え、恒常性の維持に必要な至適温度の37℃付近に体温を保っています。しかし、深部体温が40℃を超えてくると、その後の体温の上昇と共に、代謝酵素の活性は急激に低下し、命が危険にさらされるこ

とに繋がります。

今回の授業で取り上げた熱中症では、栄養も酸素(O<sub>2</sub>)も十分に供給されているにもかかわらず、深部体温の上昇による代謝酵素の失活に伴ってATPの再生ができなくなるという特殊な代謝障害が生じています。ここに、発汗での大量の水分喪失による循環障害が加われば、最悪の代謝障害に陥ることは言うまでもありません。

〈参考資料〉

【熱中症】メカニズム・診断と応急処置・その予防  
帝京大学医学部附属病院 高度救命救急センター



### 熱中症予防に向けての行政の取組み あらたに「熱中症特別警戒アラート」の運用開始

令和6年4月24日からは都道府県において、全ての暑さ指数情報提供地点における、翌日の日最高暑さ指数が35(予想値)に達する場合に発表される「熱中症特別警戒アラート」の運用が始まりました。

夏場の屋間の太陽光やアスファルトなどの地表面からの放射熱(放射熱)、時には、屋内でも高温の建物の壁からの放射熱(放射熱)にさらされ続けると、発汗による気化熱放散のみでは体温は下がらず、頭蓋内温度は容易に40℃を超えます。ちなみに、文献上、暑さ指数の計算にも使われ、周囲からの放射熱を計測するのに使用される黒球温度計の実測値のデータでは、真夏の正午に気温30℃で風速1 m以下の条件において、屋外で50℃を超えると報告され

ています。

従前の「熱中症警戒アラート」および、令和6年4月24日から新たに運用が開始された「熱中症特別警戒アラート」の発表があれば、エアコンなどによる冷房を必ず利用しつつ、発汗を促すためにスポーツドリンクでの水分補給が望まれます。この場合、緑茶はその利尿作用のために、かえって脱水に陥るため、摂取はお勧めできません。十分な汗をかき続けるためにも、塩分等のミネラルを含むスポーツドリンクがお勧めです。春先から2週間ほどかけて軽い運動や入浴を積極的に取り入れ、汗をかきやすくする準備(暑熱順化)も熱中症予防に有効です。



### 緊急時の対処法 とにかく体を冷やし、深部体温が40℃以下になるように全力を尽くす

熱中症による意識障害等の諸症状が出現した者に対して我々がとる行動は、何はさておいても全身を冷やすことに尽きます。涼しい場所へ移動し、衣服を緩め、水道水でよいので、全身に放水を続け、気化熱で体温を下げます。人手があって冷えた缶ジュース類が手に入るようであれば、太い動脈の触れる箇所ごとに押し当

てることも有効です。特に、小児は発汗作用が大人よりは劣るため、救急車を呼ぶことは重要ですが、ことは1分1秒を争いますので、現場では、とにかく放水等で体を冷やし続け、生命活動に欠かれないATPの再生が維持できるように、深部体温を40℃以下に下げること全力を尽くしてください。

## 空間充填モデル

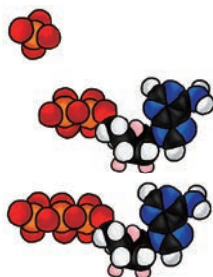
### リン酸

#### ADP

(アデノシン二リン酸)  
電池残量0%相当

#### ATP

(アデノシン三リン酸)  
電池充電100%相当



## 熱中症をもっと詳しく知りたい方へ

環境省の熱中症予防情報サイトにアクセスすると、暑さ指数(WBGT:湿球黒球温度)に関連した詳しい情報のほか、あらゆるケースに即した対応の仕方が、テーマごとに掲載されていますので、各自の置かれた立場に応じて、ご参照ください。

環境省  
熱中症予防情報サイト



お問い合わせ

保険課 健康推進担当 ☎ 083-925-6142