

メディアミルクセミナー

主催:社団法人 日本酪農乳業協会 <http://www.j-milk.jp/>

セミナー事務局 〒104-0045 東京都中央区築地4丁目7番1号 築地三井ビル 5階
TEL (03)6226-6352 FAX (03)6226-6354

No.29

節電の夏、運動と牛乳摂取で体づくり

～夏場、室温28℃でも快適に過ごせる体をつくるには～

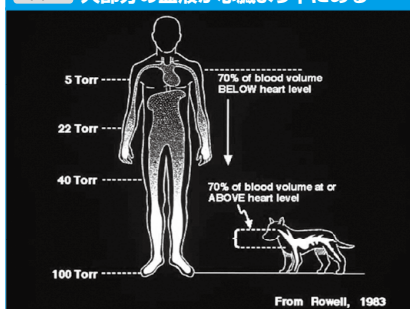
信州大学医学系研究科 疾患予防医科学系専攻
スポーツ医科学講座 教授 能勢博先生

節電の夏を乗り切るためには、暑さに負けない強い体をつくるのが大切です。今回、信州大学医学系研究科 疾患予防医科学系専攻 スポーツ医科学講座 教授の能勢博先生に、「インターバル速歩」と牛乳・乳製品摂取による体づくりについて、先生が主宰されている熟年体育大学での事例と交えながら教えていただきました。

ヒトは代謝・体温・循環調節が動物と違う

マラソン競技からわかるように、ヒトは他の動物に比べ、非常に優秀な運動能（代謝予備能）、さらにその際に大量に産生される熱量を体外に放散する優れた体温調節機能をもっています。一方、ヒトは2本足で運動するために特に気をつけなければならないことがあります。例えば、図1で示すように、イヌは血液の70%が心臓より上に位置するため重力に従って、自然に心臓に血液が戻るのに対し、ヒトでは70%の血液が心臓より下に位置するために心臓に血液を戻すのに「努力」が必要なのです。それが、筋肉ポンプです。したがって、ヒトはほんのわずかな血液の減少や、筋肉ポンプが働かなくなると、血液が心臓や脳に戻りにくくなって、血圧が維持できず、場合によっては失神してしまうのです。この講演では、ヒトの体温調節における血液量の重要性、それを増加させるための方策、そして、それが生活習慣病、介護予防にも役立つことを説明します。

図1 大部分の血液が心臓より下にある

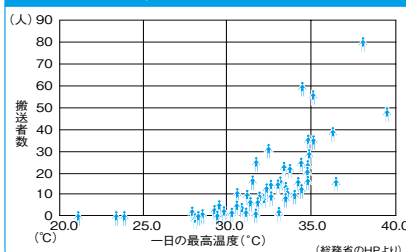


糖質・蛋白質摂取の摂取で体温調節機能の向上が可能

最近都会のヒートアイランド現象が問題になっています。例えば東京の年間に気温が30℃を超えた合計が1981年には約200時間でしたが、1999年には約400時間にまで上昇しています。この傾向は最近どんどん強くなっています。

気温が30℃を突破すると熱中症で搬送される患者が増えます（図2）。新聞記事によりますと2010年に全国で約3万人、2011年は約4万人でした。また、体温調節能が低い高齢者・幼児だけでなく若年者もリスクがあります。

図2 熱中症で病院に救急搬送された人数 7-9月、2004年。



運動時の体温調節について説明しましょう。運動すると活動筋で大量の熱が産生されますが、そこで暖められた血液は静脈を介して心臓に戻ってきます。その熱が皮膚の表面から放散されなければ、高い温度の血液が脳に行き、温度が上がって熱中症になります。ややきつい運動をしたとき、もし発汗などによる放熱が起これなければ、20分間で体温が40℃を超えてしまいます。昨年、福島第一原子力発電所の事故が



プロフィール

能勢 博 (のせ・ひろし)

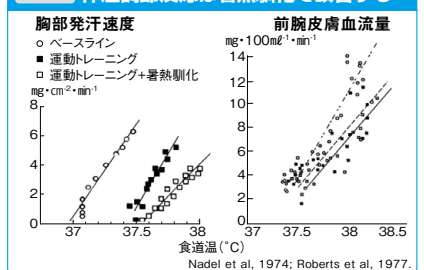
信州大学医学系研究科 疾患予防医科学系専攻 スポーツ医科学講座 教授。1979年、京都府立医科大学医学部卒業。米国イェール大学医学部John B. Pierce 研究所博士研究員、京都府立医科大学第一生理学教室助教授などを経て、2003年より現職。運動生理学、環境生理学、温熱生理学の研究に携わる。日本生理学会、日本体力医学会、日本生気象学会会員。著書は「『熟年体育大学』実践マニュアル：やってみよう! 楽しむ! どんとこい熟年!」(オフィスエム)、「『インターバル速歩』の秘密：10歳若返る!」(こう書房)ほか多数。

起こった当時、作業員の人たちは気温33℃以上、湿度100%の環境での作業を強いられましたが、その条件では発汗など放熱機能が全く働きませんから、ほとんどの方が20分ほどで熱中症になり、交替せざるを得なかったと聞いています。

ヒトでは放熱のために流れる皮膚血流量は最大3ℓ/分にも達し、発汗量も最大1.5ℓ/時にもなります。ヒトが大量の汗がかける理由は、皮膚表面には300万個の汗腺があり、1個の重さが40μg（マイクログラム）ほどで、集めると120g、拳大くらいになり、腎臓1個分の体にとって大変大きい臓器だからです。この汗腺によってヒトは砂漠でも生きていけます。このような動物は他にいません。

このようにヒトは優れた体温調節機能を持っているのですが、暑熱に馴化することでさらにその機能を改善できるのです（図3）。体温の調節は、脳の温度を一定に保つために行われます。ヒトで脳温を測るのは困難ですから、その代りに食道温を測ります。その測り方ですが、チューブ状の体温プローブを鼻から食道に挿入し、その先端がちょうど左心房の後側に位置するように固定します。左心房の血液は、次の拍

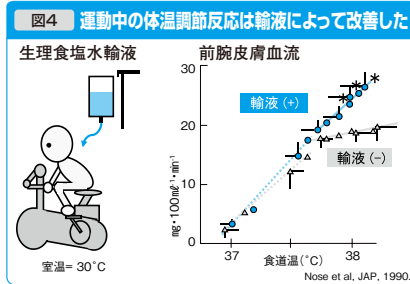
図3 体温調節反応は暑熱馴化で改善する



動で心臓から拍出され、その一部は脳にも行きますから、その血液の温度は脳の温度というわけです。

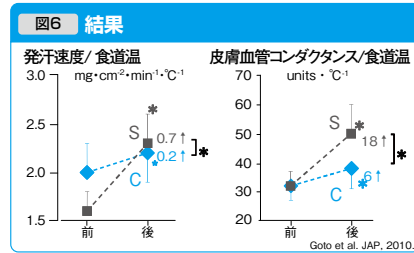
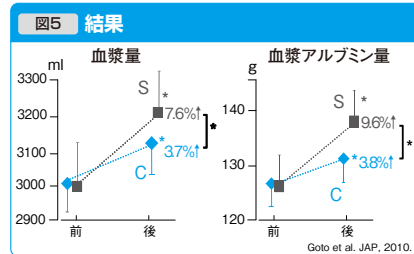
次に、暑熱に馴化すると、食道温と発汗の関係がどのように変化するかを説明します。暑い部屋で自転車運動をしますと、食道温の上昇が一定レベルに達して初めて汗が出始めます。馴化前には、例えば安静時の体温が37.0℃だとして、それが37.5℃まで上昇して初めて汗が出ます。すなわち、0.5℃の体温上昇を維持していないと汗が出ないということです。風邪などで37.5℃の発熱はかなり辛いのです。ところが暑さに馴化するとわずか0.1℃の体温上昇で汗をかくことができ、しかも、その汗は体熱を放散しますから、それ以上体温は上昇しない、すなわち暑い環境でも楽に生活できるのです。皮膚血流反応でも同じことが起きます。

では、何故このような体温調節反応の改善がおきるのでしょうか。私はかつて被験者に生理食塩水の点滴をしながら自転車運動をしてもらったことがあります。食道温上昇に従って前腕の皮膚血流量も上がるのですが、点滴しないと37.5℃を超えるとそれ以上上がらなくなり、うっ熱がおきます(図4)。一方、点滴で血液量を増やすと体温が37.5℃以上でも皮膚血流は増加し続けました。このことから血液量が体温調節反応に重要であることがわかったのです。



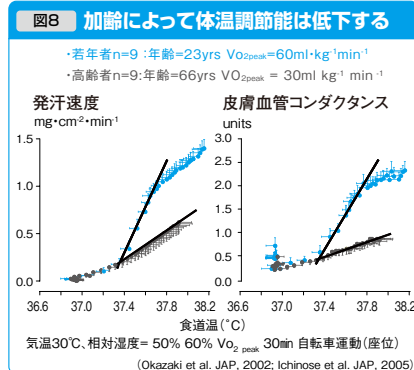
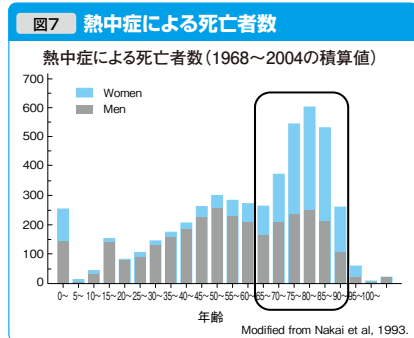
では、血液量を増やすにはどうすればいいのでしょうか。ドーピングのような不健康な方法ではなく、生理的に血液量を上げる方法を探しました。その結果、比較的きつい運動直後に糖質+乳タンパク質を摂取させると、数時間後には血漿量が増加することを発見しました。そこで、「運動トレーニング中に糖質+乳タンパク質を摂取すれば、血漿量、血漿アルブミン量*が増加し、体温調節機能が改善する」という実験仮説を立て、若い被験者(20-24歳)18名で検証しました。5日間、最大酸素摂取量の70%に相当する自転車運動を30分間行い、直後に糖質+乳タンパク質を含む補助食品かプラセボ(偽薬)を摂取させました。その結果、プラセボ群は血漿量、血漿アルブミ

ン量が、それぞれ3.7%と3.8%しか増加しなかったのに対し、補助食品群は7.6%、9.6%と、2倍増加したのです(図5)。それにもなって、補助食品群はプラセボ群に比べ、汗のかきやすさと皮膚血管の開きやすさが3倍増加し、より暑さに強い体になりました(図6)。

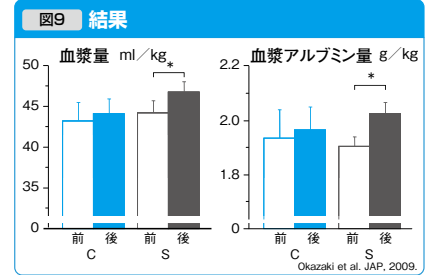


一方、熱中症で亡くなりやすいのは高齢者です(図7)。その原因を明らかにするために、比較的元気な高齢者に暑い環境で自転車運動をしてもらい、食道温に対する汗のかきやすさ、皮膚血管の開きやすさを検討しました。その結果、高齢者では若年者に比べ、それらの反応が3分の1に低下していたのです(図8)。要介護者に熱中症が多いのも納得できます。

そこで、若年者と同様、高齢者(67-68歳)14名を補助食品摂取群とプラセボ群に7名ずつに分け、最大酸素摂取量の



60-70%に相当する強度の自転車運動トレーニングを60分/日(15分×4回)、8週間実施してもらい、1日の運動終了後30分以内に、それぞれの食品を摂取してもらいました。その結果、プラセボ群では若年者と異なり、トレーニング後に血漿量やアルブミン量は増加しませんでした。補助食品群ではそれらが増加しました(図9)。さらに、補助食品群はプラセボ群に比べ、汗のかきやすさ、血管の開きやすさが著しく向上しました。



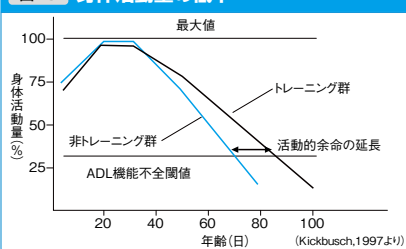
インターバル速歩で効果的に運動を継続させるシステムを開発

一方、高齢者がややきつい運動を継続するのは難しいものです。ここでは、我々が生活習慣病・介護予防のために開発し、10年前から実施してきた「インターバル速歩」を紹介します。インターバル速歩とは、ゆっくり歩きと速歩を3分間ずつ、>5セット/日、>4日/週、>5カ月繰り返すトレーニング方法です。

この事業の背景として、日本社会の高齢化があります。日本の人口の内、65歳以上の高齢者が占める割合(高齢化率)は2010年で25%ですが、2025年には30%を突破します。この急速な高齢化で最も問題になるのが医療費で、2010年で年間20兆円であったものが2025年には56兆円になると予想されています。現在の年間国家予算が90兆円ですから国家存亡の危機にある、といっても過言ではないでしょう。運動処方までどこまで医療費が削減できるか、を明らかにすることがこの事業の目標です。

図10はこの事業の理念をあらわしています。我々の体力は20歳代をピークとし、その後10歳年を取るごとに5-10%ずつ低下します。それは、肌にしわがよったり、白髪が増加すると同メカニズムで筋肉が委縮する(老人性筋萎縮症*)からです。そして、70歳になって体力が20歳代の30%以下になると要介護状態になります。しかし、30歳を超えるあたりから運動をして、その時期を90歳代くらいまで遅らせることができます。これが健康スポーツの究極的な目的です。

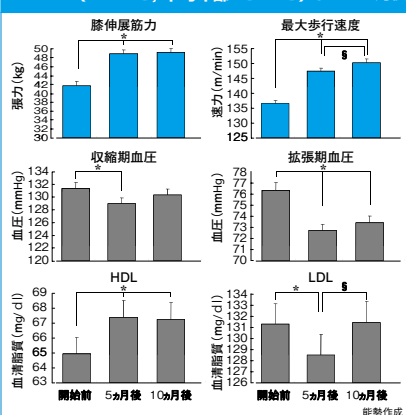
図10 身体活動量の低下



私たちは、1997年この事業を開始した時、参加者100名に1日1万歩歩いてもらうことから始めました。信州の方たちは真面目で、約1/3の方々が毎日ほぼ1万歩、歩いてくれます。その方々の1年後のデータを解析した結果、血圧が少し下がり、脂質異常症が少し改善しました。ところが体力は全く上がらなかったのです！そこで、海外の文献を調べてみると「ウォーキングでは負荷が弱すぎて、体力が上がらない」と書いてあったのです。

そこで、米国スポーツ医学会(ACSM)の運動指針に沿って、参加者の方々に1回/週、体育館に来てもらい、マシンを使って持久性・筋力トレーニングを90分実施しました。始める前に個人の最大体力を正確に測定し、最初の1カ月はその40%を負荷し、2カ月目に50%、3カ月目に60%にまで増やします。このように、マシントレーニングでは、個人の最大体力を正確に測定することが非常に重要なのです。それを実際より高く見積もってしまうと体を壊し、それ以下だと効果がないのです。その結果、5カ月後には、膝を伸ばす筋力が20%上がりました(図11)。さらに興味深かったのは運動継続率が上がったことです。通常のウォーキングプログラムでは1年間で参加者の40%が脱落しますが、このプログラムでは90%が最後までやり遂げたのです。その理由は、何kgのダンベルを何回持ち上げたとか、何ワットで何分間自転車運動をしたとか、努力が数字で表されること、そして、その効果も筋力、持久力という形で数字で表されるこ

図11 マシントレーニングの効果 *vs.開始前 (n=273, 平均年齢=64±6) §vs.5ヵ月後



と、これらのことが参加者に喜ばれたからです。しかし、この方法にも難点があります。インフラの整備やトレーナーの雇用費で、参加者1人当たり年間20万円くらいかかるのです。庶民には縁遠い話です。

そこで、我々が実施したのが「熟年体育大学」事業です。高齢者が、いつでもどこでも容易に体力向上のためのトレーニングをしてもらうのが目的です。この事業の特徴は、①携帯型カロリー計、②インターバル速歩、③遠隔型個別運動処方システムの3つです。

私たちが開発した携帯型カロリー計「熟大メイト」は、3軸の加速度計で運動エネルギーを測定し、高度計によって位置エネルギーの変化を測定し、その和から傾斜地・階段の昇降時のエネルギー消費量が正確に測定できます(図12)。

図12 熟大メイト



図13 3段階ステップアップ歩行によるVO_{2peak}測定

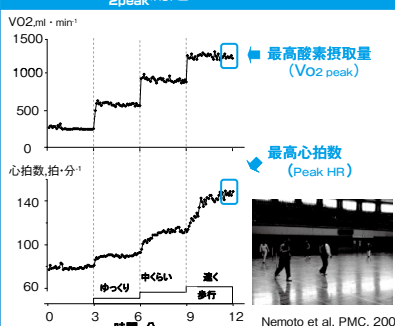
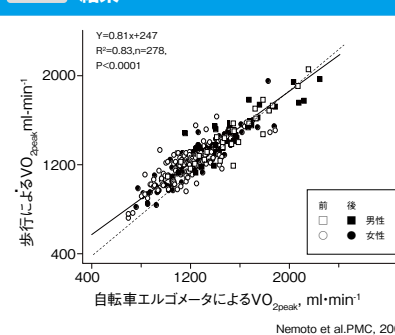


図14 結果



次にインターバル速歩ですが、これは、ゆっくり歩きと速歩を3分間ずつ繰り返すトレーニング方法です。速歩は個人の最大持久力の70%以上の負荷です(図13)。何故、インターバルにするか、というと、1日15分以上速歩を継続するのが困難だからです。個人の最大持久力は3段階ステップアップ歩行によって決定します。すなわち、

安静・ゆっくり歩き・中くらい歩き・速歩をそれぞれ3分ずつ連続で行い、その間のエネルギー消費量を熟大メイトで測定し、最後の1分間の値から個人の最大持久力を決定します(図14)。

最後に、遠隔型個別運動処方システムを紹介します。2週間に一度参加者は自宅近くの地域公民館に行き、端末に熟大メイトを接続し、歩行記録をインターネットを通じサーバーに送ります(図15)。そうすると折り返し歩行記録のトレンドグラフが送られてきて、それに基づいてトレーナー、保健師、栄養士が個別運動指導を行います。サーバーには6ヵ月ごとの血液検査結果、2週間ごとの体重、血圧の測定結果が記録され、随時メンタル、食事検査なども行うことが可能です。参加者は個人のID、パスワードを端末から入力すると自分のデータにアクセスできます。このように、少数のスタッフで大勢を対象に個別運動指導が可能になったのです(図16)。

図15 e-Health Promotion System

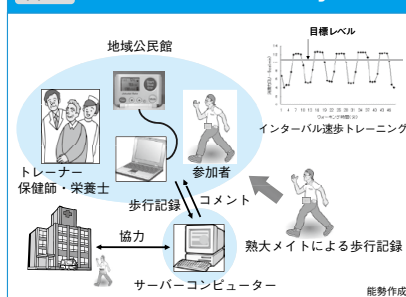


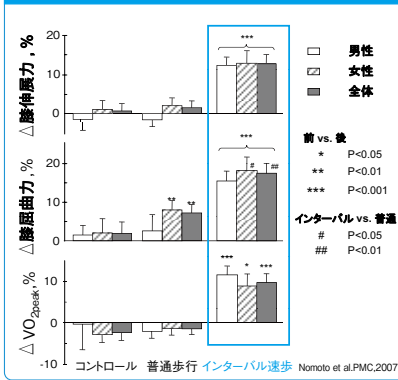
図16 e-HPSIによる歩行記録



さて、インターバル速歩の効果を示します。高齢者(約65歳)を何も運動を負荷しないコントロール群、1日1万歩を目標とする普通歩行群、そしてインターバル速歩群にそれぞれ、40~50名に分けます。そして、5ヶ月間の介入研究をおこないました。その間のトレーニング量ですが、普通歩行群、インターバル速歩群において、両群で歩行日数が4.5日/週で、歩行時のエネルギー消費量も群間で差がありませんでした。一方、歩数と歩行時間はインターバル速歩群の方が普通歩行群に比べ低く、歩行時の平均運動強度は高かったのです。その結果、インターバル速歩群は膝の伸展筋力が15%ほど上がり、持久力(最高酸素摂取量)も

10%上がりました(図17)。5カ月間で10歳くらい若返ったことになります。さらに、収縮期血圧(最高血圧)が10mm/Hg、拡張期血圧(最低血圧)が約5mm/Hgも下がりました。一方、普通歩行群では顕著な変化が認められませんでした。

図17 インターバル速歩群は膝の伸展筋力と心肺機能が上昇



インターバル速歩は生活習慣病の改善にも効果がある

さて、この結果に基づいて、それ以降現在までインターバル速歩の効果検証実験を引き続き行っています。その総数は2012年現在で5,200名になります。その成果の一部を紹介しましょう。2005年と2006年には中高年者826名を対象に4カ月のトレーニングを行いました。途中で家庭や仕事の事情でやめたのは43名、トレーニング後の2回目の測定にこれなかったのは117名でした。それらを除き666名で解析しました。このように継続率が94%と驚異的に高いですが、その理由は自分の努力や成果がグラフに参加者に提供されるためと考えています。

効果を評価するにあたり生活習慣病指標に基づいて行いました。この指標は、①最高血圧>130mmHgまたは最低血圧>85mmHg、②空腹時血糖値>100mg/dl、③BMI>25kg/m²、④中性脂肪>150mg/dlまたはHDLコレステロール<40mg/dlのいずれかの条件を満たせば1点加算で、4つすべてを満たすと4点となり、立派なメタボです。さて、参加者をトレーニング前の最高酸素摂取量によって低体力・中体力・高体力の3群に分けて分析すると、低体力、中体力、高体力の順番で生活習慣病指標が高いこと、さらに、インターバル速歩トレーニングを続けるとその増加量に比例して指標が低下することが明らかになったのです(図18、19)。このように生活習慣病の最大の決定因子は体力なのです!

また、インターバル速歩がどの症状を改

図18 生活習慣病指標の変化(女性)

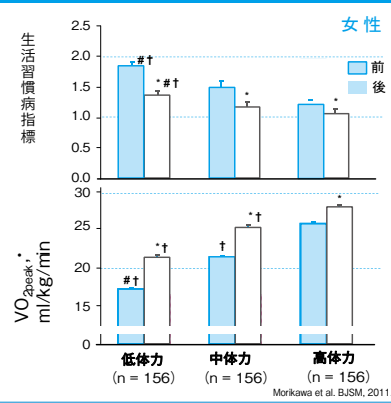
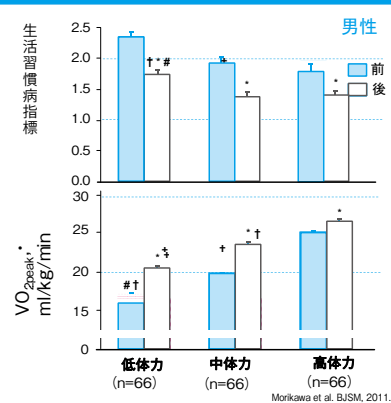


図19 生活習慣病指標の変化(男性)



善するかに着目すると、血圧、血糖、肥満が改善することがわかります(図20)。さらに、うつ自己評価尺度(CES-D)についても、うつ傾向と診断された方もほとんど5カ月で正常値まで回復しました。また、速歩の影響が心配される変形性膝関節症についても50%の人が改善し、悪化したのはわずか3%でした。その結果、半年間で医療費の20%に相当する2万3千円が削減できました(図21)。

以上の効果を、インターバル速歩の「20%の法則」として纏めます。インターバル速歩を5カ月間すれば、①体力が最大20%向上し、②高血圧、高血糖、肥満が20%改善し、

図20 インターバル速歩はとくに血圧と血糖値を下げる

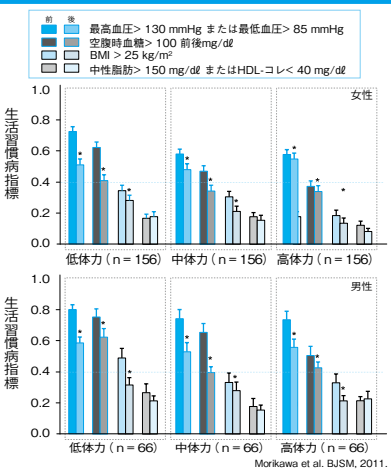
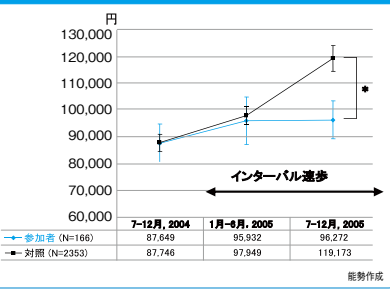


図21 6ヶ月間の医療費



③医療費を20%削減します。一方、1日1万歩では、ダラダラと歩いていてもその効果は保証されません。

インターバル速歩は国の内外で高く評価されています。厚労省の「健康づくりのための運動指針2006」、文科省の「平成22年版科学技術白書」に引用され、さらに2009年には生理学のトップジャーナル「The Journal of Physiology (London)」の表紙を飾りました。さらに、米国のイェール大学、メイヨークリニック、コペンハーゲン大学でもその効果に関する検証実験が行われ、高い評価を得ました。また、2011年4月に「New York Times Magazine」でも紹介されたことは大変うれしいことです。

最後に医療経済的效果を説明します。長野県の高齢者の年間医療費は一人あたり約60万円で、5か月間のインターバル速歩によって20%削減できたとして12万円です。仮に10万円削減できたとすると、国と自治体が3万5千円ずつ、残りの3万円が本人に戻ります。ここから本人分の3万円、自治体からの3万円を私たちの事業体に提供してもらおうと、合計6万円になります。これでトレーナーなどの雇用費、インフラ整備費がでて、独立採算制で事業運営できます。すなわち、医薬品購入費など、もし事業をやらなければ市外に出て行ったお金の60%を取り戻すことができるのです。これによって少子高齢化で疲弊する地方を守ろう、というのが私たちの目標です。

以上、インターバル速歩のあとに乳製品をとれば、暑さに強い体になり、体力向上・生活習慣病予防に役立ちます。熱中症は生活習慣病の延長線上にあり、生活習慣病の解決が熱中症の防止につながります。

用語集

***アルブミン**
血清中に多く存在するタンパク質の一つ。血管中の血液量や体内での水分の量を調整する働きを持つ。

***老人性筋萎縮症(サルコペニア)**
加齢に伴い骨格筋・筋肉が減少している状態。