

循環機能が魅せる健康

リベラルアーツ研究教育院 林 直亨 研究室

林 直亨 教授 1970年東京都生まれ。1999年博士（医学・阪大）。2013年、東工大社会理工学研究科人間行動システム専攻教授。2016年、改組により同大学リベラルアーツ研究教育院教授。



林直亨先生の研究室では、循環機能がもたらす健康へ影響について、特に血流に着目した研究を行なっている。ここでは、マッサージや食事など、運動に限らない取り組みを模索しており、これからのライフスタイルに合わせた健康の在り方を探っている。本稿では、先生の研究をいくつか紹介するとともに、先生の研究に対する意識を述べる。

もっと健康に関心を持とう

突然だが、皆さんは毎日運動する時間を設けることができているだろうか。運動系のサークルに所属している人は継続的に運動を続けているかもしれないが、読者の中には通学での自転車や徒歩くらいしか体を動かしていない人もいるだろう。そんな人にぜひ履修してもらいたいのが、リベラルアーツ研究教育院の開講するウェルネス科目である。ご存知の読者も多いと思うが、当大学では体力向上と健康の維持や理解を目的としてウェルネス科目が設けられている。何年生でも好きな科目を選択し週1回から履修することが可能である。日ごろ運動不足を感じている人も運動が好きな人も、ぜひ履修してほしい。

今回お話を伺ったのは、当大学でウェルネス科目などを担当されている、リベラルアーツ研究教育院の林先生だ。ウェルネスの先生方はこのリベラルアーツ研究教育院に属している。林先生は、

主に健康科学や応用生理学について研究をしている。先生の具体的な研究について、健康科学とは何か、具体的に私たちの生活にどのように活かされているのかなどを踏まえつつ、詳しく見ていこう。

血流と健康の関係とは

先生は、健康科学分野の中でも循環機能について応用生理学的な研究をしているという。私たちの体は細胞から成っているが、細胞は生命活動のために酸素や栄養分を必要とし、また二酸化炭素などの老廃物を排出する必要がある。栄養分がなくては活動することが不可能になるし、代謝産物が蓄積しては最大のパフォーマンスを発揮することができない。血液は、流れに乗せて、身体を動かすのに必要な栄養分の運搬や、不要物である二酸化炭素や乳酸など代謝産物の排出を行なっているのである。血液によって私たちの生命活動が維

持されていると言っても過言ではない。

皆さんも経験があると思うが、運動すると心拍数が上昇し、血圧も高くなる場合がある。運動強度が上がると、心拍数が増えることで心臓が送り出す血液の量が増加し、血圧も高くなるのだ。しかし一方で、精神ストレスを感じると、血圧は上がるが心拍数は運動時ほどは増加しない。この運動と精神的ストレスに対する応答の差異についても、血流が関わっているのである。運動をすると、代謝産物である二酸化炭素や乳酸の影響で、筋肉の血管が拡張する。血管が拡張すると、抵抗が下がるので血圧はあまり上がらない。しかし、精神的なストレスの場合、心拍数は増加し血流も多くなるが、血管の抵抗が大きくなり血圧が上昇する。当大学の学生であれば、オームの法則で考えるとわかりやすいかもしれない。電流は血流と、電圧は血圧と思えばわかりやすいだろうか。運動と精神ストレスに対する循環系の応答の違いを不思議に思ったのが、はじめに循環系に興味を持ったきっかけだったという。

先生の研究室では、循環系の中でも末梢血流に関する研究を多く行なっている。血流は不足したことによる悪影響がはっきりと現れる。血流が低下すると、酸素不足や二酸化炭素といった不要物の蓄積を引き起こしたり、ほかの細胞に代謝産物を供給できなくなったり、と体に悪影響を及ぼすためである。例えば、もし血流が不足すると、筋肉であれば1分以内に運動することが不可能となるし、皮膚であれば熱を逃がすことができず熱中症になってしまう。血流は私たちの生命活動を維持するのに非常に大きな役割を果たしているのである。これまでの先行研究により、内臓は筋肉など他の部位に比べ、多少は不足しても問題ないことは分かっているが、それでも血液循環は我々の生命活動に大きく関わっていることは明らかだろう。

先生は、更に循環系応答の研究を開始し、神経メカニズムなどの研究を掘り下げたとのことだ。運動の効能を考えようとした時、健康に対してどのような効果があるのかを調べようとしても、これを科学的な指標で見るとは難しい。しかし、先ほども述べたように、血液循環に絞って考えれ

ば、血圧、血流、心拍数など目に見える形で評価することが可能となるのである。ここに着目して、先生は、血流を軸に様々な研究を行なっている。今回はその中の3つを紹介したい。

現在行われている研究

今回紹介するのは、主にマッサージ・食事・眼底血流の3つであるが、先生は、ここに書ききれないほどたくさんの研究を同時に行なっている。本稿を見て興味を持った方はぜひ、研究室のホームページを見ていただきたい。

ではさっそく、先生の研究を見ていこう。

■ マッサージと健康

はじめに、マッサージの研究について紹介しよう。先生は現在、マッサージと血液循環の関係性について探っている。マッサージの効果に科学的根拠があるのか、半信半疑の東工大生もいるかもしれないが、実は血流の増加に効果があることが示されている。先ほど述べたが、血流が増加することで代謝産物の排出を促し、結果として筋肉疲労の解消にもつながるのだ。実験では、頬を5分間マッサージすると15分（計測時間を延ばせばそれ以上）もの間で血流の増加が認められた。また、継続的なマッサージは、温熱刺激を与えた際の血流の反応が増えるという結果も出ている。なぜマッサージが血流を増やすのか、予想されている仕組みを説明しよう。

マッサージによって滞った血液を送り出し、静脈流を心臓へと戻す手助けができる。これによって、血液が全身をきちんと巡るようになり、栄養分やガス交換、代謝産物の排出を行うことができる。それだけでなく、マッサージによって血管拡張効果のあるNOを生産することができるようになる。血管では、ずり応力などの機械的刺激によって一酸化窒素合成酵素が活性化される。こうしてNO濃度が上昇することによって血管周囲の筋肉（平滑筋）の収縮に関与するCa²⁺細胞内流入が抑制され血管が拡張する。血管が拡張することで、血液がその部位に流れやすくなり、血流量が増えているのである。継続的なマッサージが血流

とどう関わるのかについてだが、NO産生能が上がっている、またはNOに対する感受性が上がっていると考えられる。血管が拡張しやすくなっているということは血流増加の観点から見ても機能として有益である。

現在提唱されているマッサージの効果は経験則に基づいたものがほとんどで、実証がなされていない点も多い。常識だと思われるため、研究しようという研究者がいないうのである。先生は、先行研究もほとんどなく、常識といわれている分野にあえて挑戦した、この分野の第一人者なのである。

■ 咀嚼と味覚がもたらす影響

先ほどは運動やマッサージなどが血液循環に与える影響について紹介した。現在同時に進めている研究のひとつとして、味覚・食と健康の関係がある。

私たちは食と健康、と聞いて何を思い浮かべるだろうか。食事の内容や栄養が一番頭に浮かぶ、という読者の方も多いだろう。ここでは、食事と血流について考えてみたい。

私たちが食事をすると、消化運動のために内臓に流れる血液量が増す。胃や腸でぜん動運動を行うことを考えると、納得できるだろう。加えて、血流増加の一部は咀嚼に連動した血流量の増加であることが分かったのだ。咀嚼して飲み込んだものが消化器に到達するよりも早く、咀嚼してからすぐに内臓器官の血流が増加していることから判明したのである。しかも、噛んでいるだけで飲み込まなくても血液量の増加がみられた。つまり、フィードフォワード的な、すなわち見込み制御的な反応であることが分かるだろう。前章を読んいただいた皆さんならお分かりだと思うが、血流量が多いことは、機能と関連すると言える。今回の結果は、よく咀嚼した方が消化運動の機能も高いものとなることを示しているのかもしれない。

それだけではない。よく咀嚼すると、食後の消費エネルギーも多くなることが分かったのだ。先生によれば、早食いするとエネルギーの消費量があまり増えない一方、よく噛んで食事をすることでエネルギー消費量が増えるという結果が出てい

るとのことだ。さらに、ジュースのような液体であってもしつづ噛みながら、口腔内で保持しながら飲むことでエネルギー消費量は増えるという結果が出ているという。

ここで面白いのが、味覚と咀嚼が同時に脳で感知されると血流が上昇するという点である。味が無いものを口に入れても、血流は大きく上昇はしないという。メカニズムに関しては研究中とのことだが、ダイエットに気を遣おうとしている人には興味深いものではないだろうか。

また、先生は現在、味覚の刺激と顔の血流の関係の研究も行なっている。実は、我々の顔面の血流は味覚によっても大きく影響を受けるのだという(写真)。例えば、甘味は多くの人が美味しいと感じる味であるが、人は、甘味というおいしい味を感じると、瞼の血流が増えるのだという。一方で、キニーネというほとんどの人が不味いと感じる苦味物質を口にすると、鼻の血流が減る。また、グルタミン酸ナトリウムという美味成分単体の水溶液は、美味しいと感じる人と不味いと感じる人とで半々とのことだが、美味しいと感じる人は

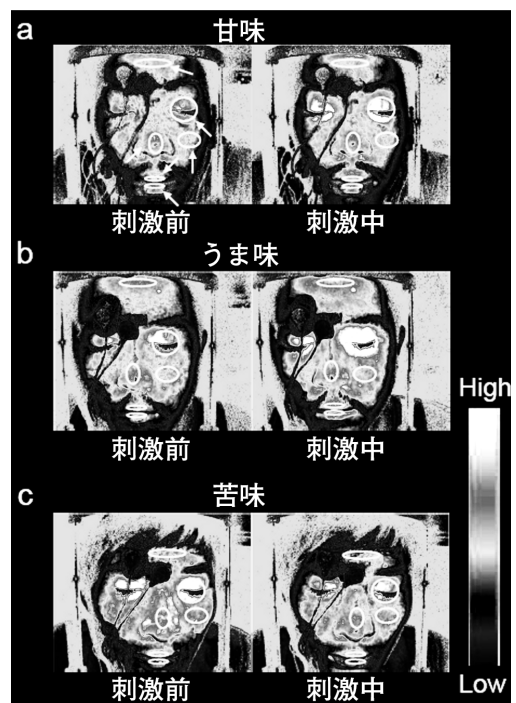


写真 顔の皮膚血流のイメージ図

瞼の血流が増え、不味いと感じる人は瞼の血流は増加しないのだという。さらに実験を重ねることで、美味しい味は瞼の血流を増加させ、不味い味は鼻の血流を減少させることが分かった。

この結果を応用すれば、将来的には味覚の官能検査も容易に行うことが可能となるかもしれない。美味しい、不味いは個人の好みも関係するが、この実験では、各々の味の感じ方によって結果が変わってくる可能性が示されている。したがって、どれだけの人が美味しいと感じるかを容易に、また客観的に計測できるのである。

■ 眼底血流

以上で血流の重要性や味覚との関連についてみてきたが、先生の研究内容はこれだけにとどまらない。先生は、眼底の血流についても研究を重ねている。ここで、私たちの目の構造について触れておこう。

私たちの眼は、外側を三つの膜で覆われている。光を感じる視細胞の働きを集約・支持する細胞が集まる網膜、視細胞に栄養や酸素を供給する脈絡膜、それを裏打ちする強膜である(図)。もちろん、細胞が存在するため各部位に血液が流れている。ここに流れる血液は毎分2mLと言われ、単一器官への血流量としては非常に少ないが細かな調節が行われている。例えば、血流を増加させることで、それに伴って視力の増減が生じることも既に確認されている。研究室では、眼底の血流に着目して運動や精神作業と、視力の変化の関係を探っている。

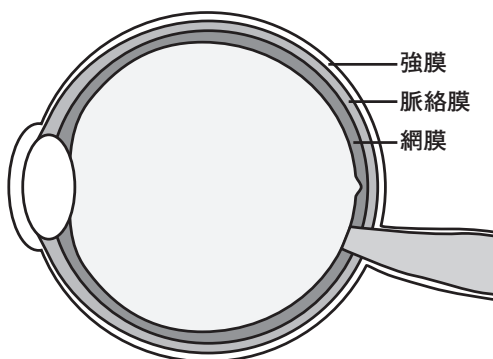


図 目の構造

眼底における血流の調整に話を戻そう。きつい運動を行うと、開始から6分時点では脈絡膜の血流が増加する。これは運動によって心拍数が上昇し、それにより血圧が上昇したことによるものである。一方、網膜よりも光の進入側にある動脈の血流に変化はない。網膜では、網膜動脈の血流が視界の邪魔にならないように調節されているのである。

しかし、ここで運動後20分後の状態を調べてみよう。きつい運動を20分程度行って疲労困憊の状態に近くなると、脈絡膜は安静時程度まで、網膜動脈は安静時よりも血流量が減ってしまう。ここからわかるように、疲労時には眼底の血流量が低下し、眼の機能が低下する可能性がある。脳の血流や体の各器官も同じような結果を示すことが知られている。疲労困憊の時は、血流量が減少し、体の各機能も低下するのである。

疲労困憊では体の各機能が低下する、と述べたが、実はヒトが疲労を感じる原因はいまだにわかっていない。もしかしたら脳が血流量の減少や、疲労物質の蓄積を感知して疲労を感じるのかもしれないし、運動パフォーマンスの低下や特定部位の血流量の減少から感知しているのかもしれない。各部位それぞれの事象を分離することは今のところ難しく、疲労困憊をもたらす要因については解くことができないのである。現在、様々な研究者がこの謎を解き明かそうとしている。

研究を進めるにあたって

ヒトが疲労を感じる原因を解き明かすことは非常に難しいように、ヒトの身体という、様々な機構が複雑に絡み合ったものを問題に設定することは非常に難しい。もしかしたら、解こうとすることが適切ではない問題もあるかもしれない。先生は、こうした問題にぶつかったときどうするのだろうか。また、同時にたくさんの研究をなさっている先生だが、どのようにして研究を進めているのだろうか。

先生によれば、先生自身が興味がある分野を進めることが多いらしい。また、学会で他の研究成果を新たに知ることで見方が変わってきたり、行

き詰ったときはほかの分野に切り替えたりと、様々な研究を同時進行で行なっているとののである。また、先生はマッサージや眼底血流のように、各分野の第一人者として活躍していることも多い。しかし、その分先行研究も少ないため、他の研究を参考にすることもできず行き詰ってしまうこともあるのだとか。

先生は研究で壁に当たったとき、どのように研究を進めるのだろうか。先生曰く、同一の研究分野の先行研究を参考に仮説を立てることはほとんどなく、ご自身が研究されている他の分野から、また別の分野へアイデアが生まれてくるとのことだ。いつも突拍子もないところから新たな発見があるのだという。先生の中では絶えずアイデアの模索が行なわれている。

先生の研究室は、大学院のみであるため、様々な人が研究をしにやってくるのだという。所属している方には管理栄養士が多いそうだ。他にも、これまでに他の大学で体育やスポーツの研究をしていた方や、学部生時代は東工大の人もいるのだという。実際、昨年マスターを卒業した方は、東工大の理学部卒業生だった。

新しいライフスタイルにおける健康

先生は、研究を通して、これからのライフスタイルに合った健康維持の方法を模索している。食糧難や資源の枯渇が問題となる今日、従来のように好き勝手に食事することは難しいであろうし、運動する時間の余裕もないかもしれない。人々が多様な価値観を持つようになり、運動習慣を持つことだけで健康維持するという構図が、世界中で成立し続けるかも分からない。とはいえ、これからは、健康のため、また環境のために少しの食べ物で満足して、適度に運動することが必要だという。たくさん食べるということは、たくさんものを運ぶ必要がある。そのために資源を消費することになるよりも、少しのおいしいもので満足して健康のために適度に運動する、少しのもので満足するにはよく咀嚼する。このように、先生の研究は健康とこれからの生活を考えることに関連している。

では、私たちは健康に対して何を心掛けるべきか。先生は、学生のうちから運動習慣をつけることだという。運動習慣がある人は、ない人に比べて、統計的には生活習慣病やがんを罹患するリスクを減らすことができる。大学生は、比較的時間を自由に使うことができる時期であるので、今のうちに運動習慣を身に着けることは今後の健康に大きく関与する。もちろんスポーツとして多少は激しい運動をすることが望ましいが、ここで近年普及しているNEATを紹介したい。NEATとは、non exercise activity thermogenesisの略称で、意識的に行う運動によるものではなく、家事や通勤・通学など日常生活における動作で無意識に消費される熱量を指す。たとえば、電車通学している人は、大岡山駅で毎朝エスカレーターに乗ってはいないだろうか。1、2階分を階段を使わずエレベーターで登ってはいないだろうか。少し意識して日常を過ごすだけで、病気を予防できるなら意識するに越したことは無い。

最後に先生の研究観を伺った。人体という複雑なものを研究する先生は、どのように研究と向き合っているのか。自然は、簡単には我々に真実を晒してはくれない。しかし、人間である我々は、真実とはなにか、考えることができる、そう先生は話す。この世界には未だにわからないことが多く存在する。しかし、私たちは今までの経験から、そしてこれまでにない新たなことまで考えることができる。これからの私たちのために健康について考えてみてはどうだろうか。

執筆者より

本稿の執筆にあたり、林先生には二度にわたる取材や資料提供、校正など、様々なお力添えを頂きました。取材の時には、研究内容の深い部分や、メカニズムといった生理学的なことまで、興味深いお話をたくさん伺うことができました。全てを記事にできなかったことが非常に残念です。お忙しい中、取材を快く引き受けてくださった林先生に心より御礼申し上げます。本当にありがとうございました。

(長野 希)