

生物学・医学のルネサンスが始まった

——老化治療から回復力の医学へ

MITO RISING Perspective | Special Edition

武本重毅 (Shigeki Takemoto, MD, PhD)

聚楽内科クリニック／MitoQure

1. いま、医学の歴史が動き始めている

いま、私たちは生物学・医学の大きな転換点に立っている。

それは、かつてのルネサンスが人間の存在そのものを見つめ直したように、生命とは何か、老化とは何か、そして人間はどこまで回復できるのかを、根本から問い直す時代の到来である。

20 世紀の医学は、病気との闘いによって発展した。

感染症には抗菌薬を、がんには抗がん剤や手術を、生活習慣病には代謝や循環を制御する薬剤を開発してきた。

その成果は計り知れない。

しかし、病気を治療することと、生命の健康を維持することは、必ずしも同じではない。

病気が治っても、身体の機能が十分に戻らないことがある。反対に、高齢であっても、病気やストレスから驚くほど回復する人がいる。

この違いは、どこから生まれるのだろうか。

私は、その答えを探すための重要な概念が「回復力 (Recovery Capacity)」だと考えている。

2. 老化は、治療研究の対象になった

2026 年 6 月、科学誌 *Signal Transduction and Targeted Therapy* に、老化と加齢関連疾患に対する治療戦略を総合的に論じたレビュー論文が発表された。

Insights into the therapeutic strategies for aging and aging-associated diseases

この論文が示しているのは、老化を単に避けられない時間の経過として捉えるのではなく、分子レベルで理解し、介入の可能性を検証できる生物学的プロセスとして捉える考え方である。

研究の対象は、DNA メチル化、ヒストン修飾、非コード RNA、RNA スプライシング、細胞老化、代謝異常、ミトコンドリア機能障害など、多岐にわたる。

そして、老化への介入戦略として、老化細胞を除去する Senolytics、老化細胞の有害な性質を調節する Senomorphics、細胞機能の若返りを目指す Rejuvenation が整理されている。

かつて老化は、医学が積極的に介入できる対象とは考えられていなかった。

しかし現在、老化を引き起こす分子機構そのものを標的にする研究が進んでいる。

もちろん、実験動物で寿命を延長できたことと、人間の健康寿命を安全に延長できることは同義ではない。臨床的な有効性と長期安全性の検証は、これからの重要課題である。

それでも、医学が老化の仕組みに直接問いかけ始めたことは、歴史的な変化だと思う。

3. ミトコンドリアは生命の回復を支える

この新しい医学の中心的研究対象の一つが、ミトコンドリアである。

ミトコンドリアは、ATP を産生する細胞内小器官として知られてきた。

しかし、その役割はエネルギー産生だけではない。

ミトコンドリアは、細胞内の酸化還元状態、カルシウム恒常性、代謝シグナル、自然免疫、細胞死、ストレス応答などにも深く関与している。

さらに、ミトコンドリア自身も絶えず変化している。

損傷した部分を取り除くマイトファジー、新しいミトコンドリアを形成する生合成、融合と分裂によるネットワークの再編成。

こうした品質管理機構によって、細胞は環境変化に適応し、機能を維持しようとする。

若い細胞と老化した細胞の違いを考えると、単にミトコンドリアの数や ATP 産生量だけでは説明できない。

重要なのは、ストレスを受けたあとに、どれほど適切に機能を立て直せるかということである。

私は、ここに老化研究の新しい視点があると考えている。

若さとは、単に損傷が少ないことではない。損傷を受けても、再び回復できる能力を保っていることではないだろうか。

4. 老化とは、回復力の喪失である

私はこれまで、老化を「回復力の喪失」という視点から捉えてきた。

Aging is not time. It is the loss of recovery capacity.

これは、暦年齢の増加そのものを否定する言葉ではない。

同じ年齢でも、身体機能、免疫応答、代謝適応、組織修復能力には大きな個人差がある。

その違いを理解するためには、時間だけでなく、生命が持つ回復能力を評価する必要がある。

私はこの考え方を、Recovery Capacity Theory として発展させている。

その基本構造は、次の 3 つの過程からなる。

Damage → Repair → Renewal

損傷を受ける。修復する。そして、必要に応じて構造や機能を更新する。

生命は、この過程を繰り返しながら恒常性を維持している。

加齢に伴って、この仕組みの一部が低下したり、相互の調整が乱れたりすると、慢性炎症、代謝異常、組織機能の低下が生じやすくなる。

重要なのは、これらの現象を独立した異常としてではなく、回復システム全体の変化として理解することである。

ただし、回復力はまだ単一の検査値で測定できる確立した医学指標ではない。今後は、この概念を具体的な生理機能や臨床アウトカムと結びつけて検証していかなければならない。

5. Epigenetic Clock から Recovery Clock へ

近年、DNA メチル化パターンなどを利用して生物学的年齢を推定するエピジェネティック・クロックの研究が発展してきた。

暦年齢と生物学的年齢の違いを数値として示せることは、老化研究に大きな進歩をもたらした。

しかし、私は次の疑問を持っている。

生物学的年齢が若いと推定された人は、実際に病気から早く回復するのだろうか。

感染症に対する抵抗力は高いのだろうか。

手術後の機能回復は早いのだろうか。

運動負荷後の代謝機能は、どれほど速やかに元へ戻るのだろうか。

こうした問いに答えるには、静的な年齢推定だけでは不十分である。

そこで私が提案したいのが、**Recovery Clock** という考え方である。

それは、細胞や身体に一定の負荷が加わったあと、機能がどの程度、どの速度で回復するかを評価する仕組みである。

例えば、運動後の心拍回復、血糖負荷後の代謝応答、炎症後の恒常性回復、免疫機能の再構築などが研究対象になり得る。

将来的には、ミトコンドリア機能やエピゲノム情報も統合できるかもしれない。

重要なのは、単に「何歳に見えるか」ではない。

「どれほど回復できる身体なのか」を科学的に評価することである。

6. 治療する医学から、回復力を育てる医学へ

老化研究の発展は、医療の目的そのものを広げる可能性を持っている。

これまでの医療は、病気を発見し、診断し、治療することを中心に発展してきた。

これからは、それに加えて、病気になる前から身体の回復能力を維持し、低下した機能を可能な範囲で取り戻す医療が重要になるだろう。

適切な運動、睡眠、栄養、慢性疾患の管理、社会的つながりなどは、その基本となる。

さらに、ミトコンドリア機能、細胞老化、エピゲノム、免疫老化などを標的とする新しい治療法の研究も進んでいる。

ただし、分子機構に作用することが確認された介入でも、それが人間の老化を遅らせる、あるいは回復力を高めると証明されたわけではない。

だからこそ、今後の回復医療には、科学的根拠、安全性、客観的な機能評価を一体化する姿勢が不可欠である。

私が目指している Mitochondrial Recovery Medicine (MRM) は、こうした科学的検証を基盤として、ミトコンドリアを含む生体の回復機構を理解し、臨床に応用していく医学である。

7. 生物学・医学のルネサンス

ルネサンスとは、再生を意味する言葉である。

かつてのルネサンスは、人間を中心に据え、世界の見方を変えた。

そして今、生物学と医学にも新しいルネサンスが訪れようとしている。

ゲノムを読み、細胞の状態を解析し、老化の分子機構を理解する。

さらに、人工知能やシングルセル解析、空間オミクスなどの技術が、生命現象をこれまでにない解像度で明らかにし始めている。

しかし、私たちが本当に目指すべきものは、単なる寿命の延長ではない。

病気にならないことだけでもない。

病気やストレスを経験しても、可能な限り自分らしい生活へ戻ることができる身体を維持すること。

年齢を重ねても、学び、働き、旅をし、人と出会い、新しいことに挑戦できること。

それこそが、健康長寿の本質ではないだろうか。

私は、医学の未来を次の言葉で表したい。

The future of medicine is not just treating disease. It is restoring the capacity to recover.

医学の未来は、病気を治すことだけではない。

生命が持つ回復する力を理解し、それを守り、必要に応じて取り戻すことにある。

老化を恐れる時代から、回復力を科学する時代へ。

生物学・医学のルネサンスは、いま始まっている。

参考文献

Dong R, et al. *Insights into the therapeutic strategies for aging and aging-associated diseases*. Signal Transduction and Targeted Therapy. 2026;11:202.

DOI: <https://doi.org/10.1038/s41392-026-02662-z>

MITO RISING

THE AGE OF RECOVERY

Aging is not time. It is the loss of recovery capacity.

