



数滴の血液でAIが見抜く、あなたの本当の健康年齢

蛋白質研究所 計算生物学研究室

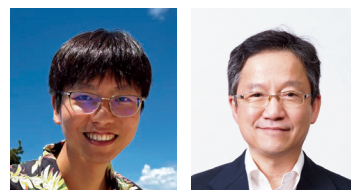
特任助教 **王 梓**

https://researchmap.jp/zi_wang

蛋白質研究所 蛋白質有機化学研究室

特任教授 (名誉教授) **高尾 敏文**

https://researchmap.jp/Toshifumi_Takao



研究の概要

生物学的年齢とは、体の健康状態や老化の進行度を示す指標です。本研究は、血液中のステロイド代謝に着目し、その生成経路の情報を人工知能 (AI) 技術に統合することで、体の健康状態や老化の進行度を示す「生物学的年齢」を高精度に推定するモデルを開発したものです。わずか数滴の血液から22種類のステロイドを同時測定し、それらの相対的な濃度を解析することで、個体差や測定誤差に影響されない信頼性の高い予測を実現しました。さらに、ステロイド生合成経路を深層ニューラルネットワーク (DNN) に組み込むことで、生物学的解釈を可能とするAIモデルを構築しました。加えて、加齢に伴って拡大する個体差を反映できるような学習過程を組み込むことによって、従来モデルでは表現が困難であった多様な加齢パターンを推測できるようになりました。

得られたモデルは、健康診断や臨床研究への応用が期待されるだけでなく、加齢に関連するホルモンネットワークの理解を深め、個別化医療や健康寿命延伸に向けた新たな指標開発にも貢献することが期待されます。

研究の意義と将来展望

本研究は、生体内の代謝ネットワークをAIが学習することで、従来困難であった「見えない健康状態」を数値化する新たな枠組みを提示しました。得られた生物学的年齢指標は、加齢に伴う健康リスクの早期発見や、個人に合わせた予防医療の設計に役立つ可能性があります。今後は、ステロイド以外の代謝経路や生活習慣データの統合により、健康寿命の延伸や個別化医療の実現に向けた応用展開が期待されます。

研究の背景と結果

近年、寿命の延伸とともに「何歳まで生きられるか」よりも「どれだけ健康に生きられるか」が社会的関心の中心となっています。こうした中で、実年齢ではなく身体の機能的な若さを示す「生物学的年齢」の測定は、健康管理や疾患予防の観点から注目を集めています。しかし、従来の手法では遺伝的要因や生活習慣などによる個体差が大きく、老化の進行を定量的かつ生物学的に説明することが困難でした。

本研究では、体内で多様な生理機能を調節するホルモンの一種「ステロイド」に着目しました。ステロイドは加齢とともにその産生量や代謝経路が大きく変化し、心血管疾患や代謝異常、神経変性疾患などのリスクと深く関わっています。我々は、わずか数滴の血液から22種類のステロイドを同時に定量し、それらの代謝経路情報を深層ニューラルネットワーク (DNN) に組み込むことで、生物学的に解釈可能なAIモデルを構築しました。

さらに、加齢に伴い個体間の異質性が拡大する現象を反映できるように、学習過程 (損失関数) を改良した新しいAI設計を導入しました。この手法により、従来のモデルでは見落とされていた多様な老化パターンの再現が可能となり、より高精度な「生物学的年齢」推定を実現しました。

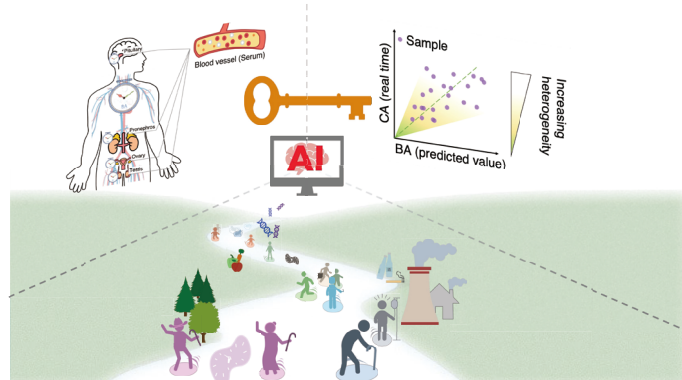


Fig. 1. A general diagram of the AI-powered biological age model. Top Left: A small blood sample is analyzed to measure 22 key steroids, and the data is fed into an AI system to calculate biological age. Top Right: The AI-predicted biological age (BA) shows a general correlation with chronological age (CA), but individual differences widen over time. Bottom: Using the metaphor of a "river widening as it flows downstream," the illustration visualizes how biological age evolves with the passage of time.

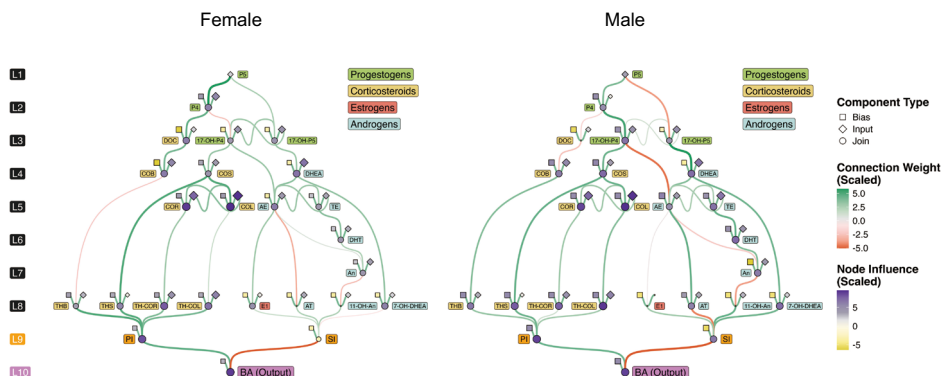


Fig. 2. Visualization of the DNN model constructed on pathways of steroidogenesis.

Sex-specific variations in steroid pathways for female and male models. Distinct colors are used to represent different steroid classes in the steroid labels. Connection weights reflect the influence of hierarchical steroidogenic pathways on BA prediction. Node influence reflects the average contribution of each node as it propagates through the pathway network. Component types illustrate the various sources of endogenous and exogenous influences. Bias, contribution from external pathways; Input, initial concentration; Join, summarized contributions from upstream metabolites.

特許

論文 Wang, Qiuyi; Wang, Zi; Takao, Toshifumi et al. Biological age prediction using a DNN model based on pathways of steroidogenesis. Science Advances. 2025, 11(11), eadt2624. doi: 10.1126/sciadv.adt2624

参考URL https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2025/20250319_2

キーワード 生物学的年齢、ステロイド生合成経路、深層ニューラルネットワーク、AIモデル、健康寿命