

頭の体操問題の解答



問題1: 1500 kcal/dayの摂取で体重60kgのヒトが 2000 kcal/dayを摂取すると体重は何kgになるか。その時間経過は?

体重を x 、時間を t 日、変動する体重は脂肪組織とみなし7200 kcal/kgとすると、体重の変化を表す微分方程式は以下のようなになる。

$$\frac{dx}{dt} = \frac{2000 - 25x}{7200}$$

体重は最終的には $dx/dt=0$ より $x=2000/25=80$ kgになる。

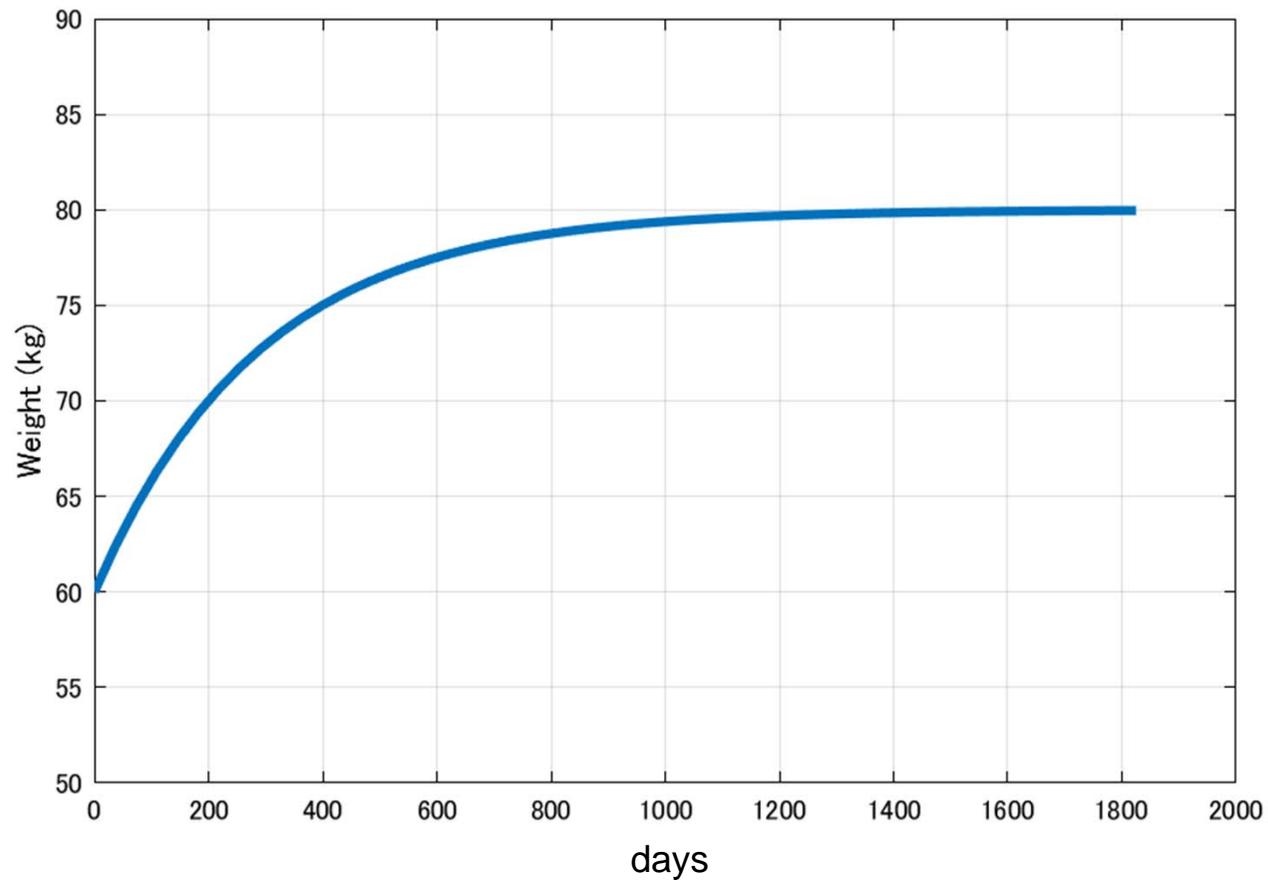
初期値は60kgなので

$$\begin{aligned} x &= 60 + 20 \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{25}{7200}t\right) \right\} \\ &= 80 - 20 \exp\left(-\frac{1}{288}t\right) \end{aligned}$$

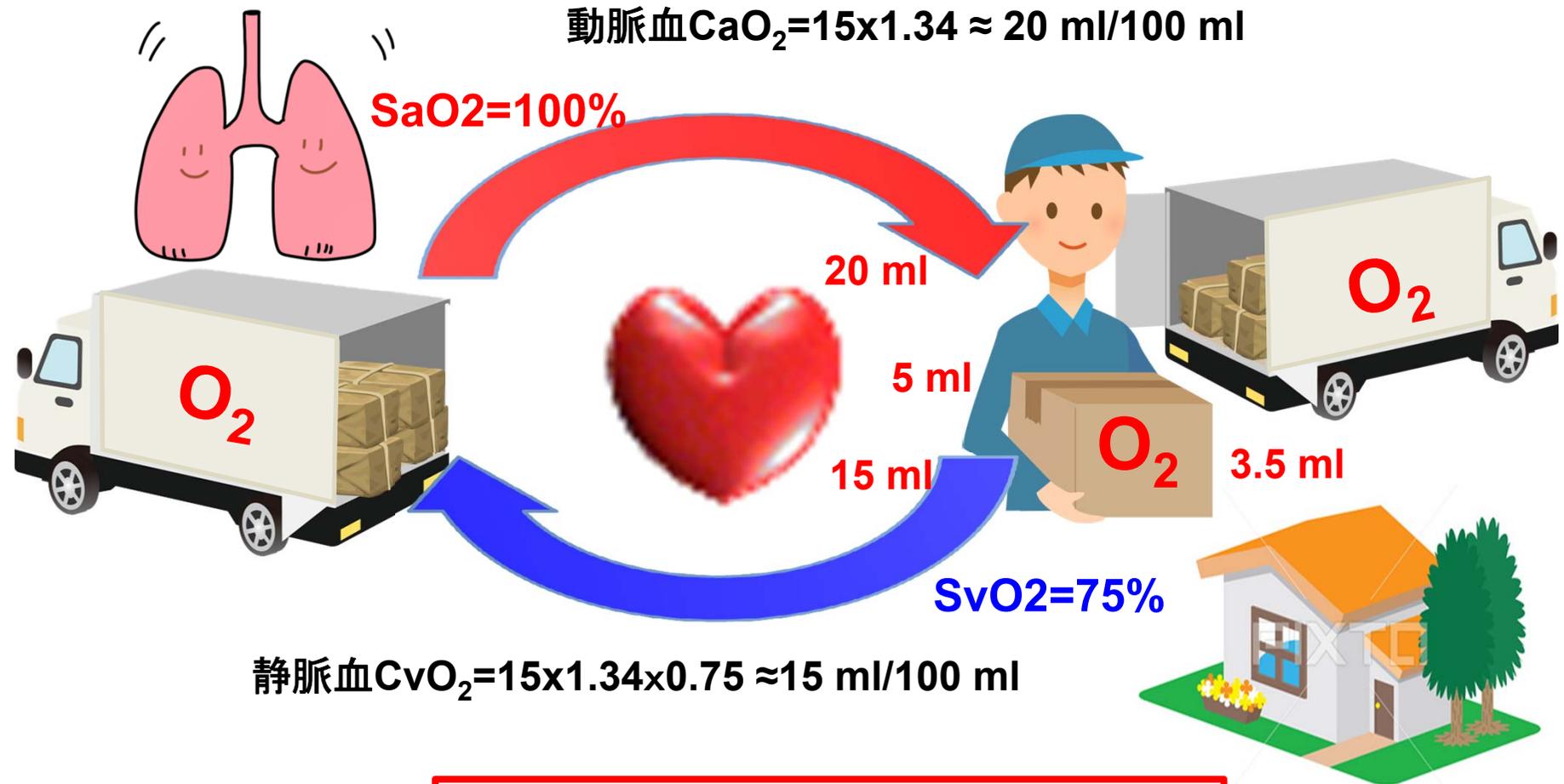
初期値は60kgなので、288日後に72.6kg、1年後に74.4kg、2年後に78.4kg、3年後に79.6kgとなる。摂取カロリーに対応する体重が安定するのに時間がかかることがわかる。ただ、この変化速度は時定数(288日)だけで決まるので、基礎代謝を上げるとそれに比例して早くなる。

初期値は60kgなので、288日後に72.6kg、1年後に74.4kg、2年後に78.4kg、3年後に79.6kgとなる。摂取カロリーに対応する体重が安定するのに時間がかかることがわかる。ただ、この変化速度は時定数(288日)だけで決まるので、基礎代謝を上げるとそれに比例して早くなる。

体重の変化

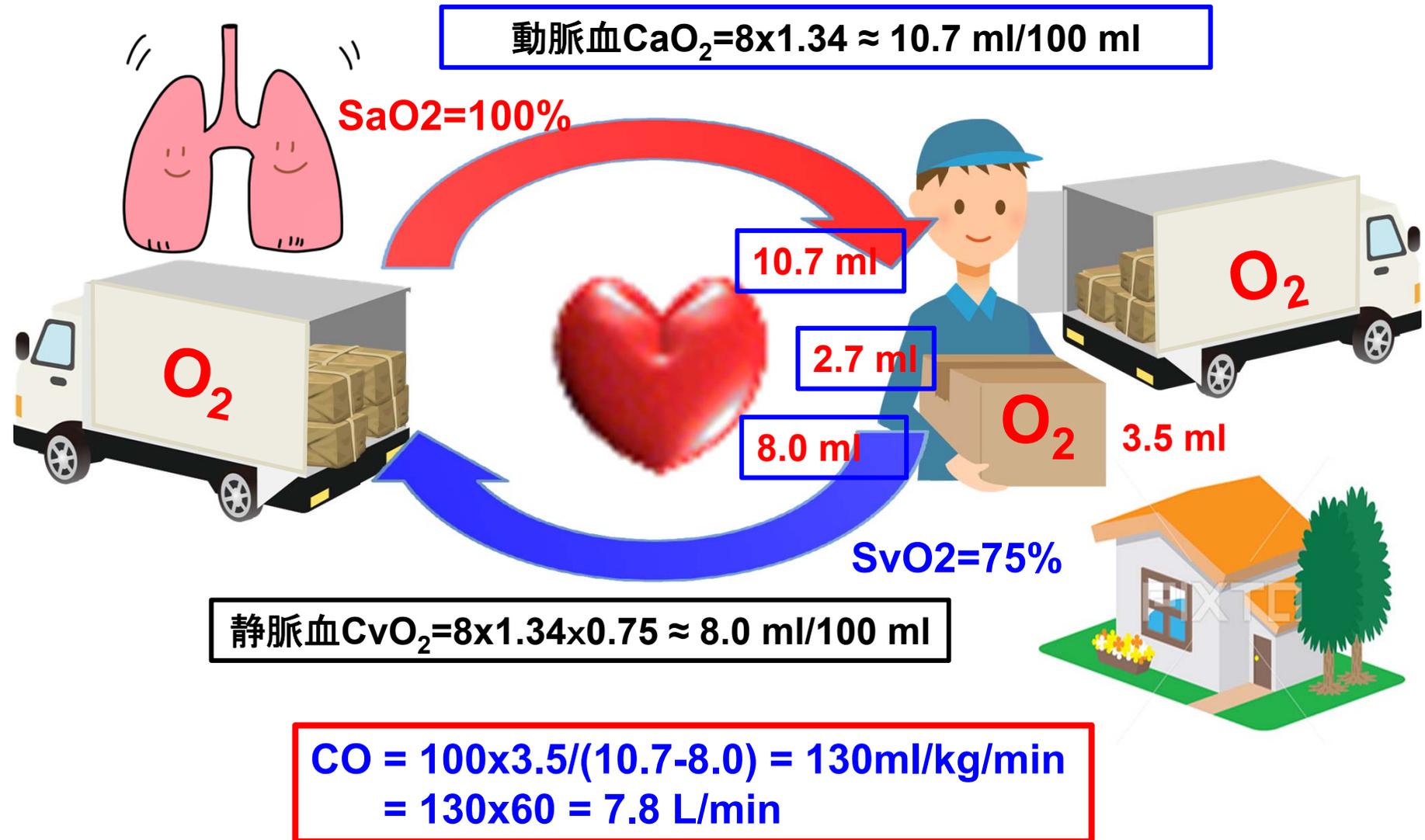


問題 2: 1500 kcal/dayで体重60kgのヒトの心拍出量はいくらか。原理から示せ。



$$\begin{aligned} CO &= 100 \times 3.5 / (20 - 15) = 70 \text{ ml/kg/min} \\ &= 70 \times 60 = 4.2 \text{ L/min} \end{aligned}$$

問題 3: 問題2の人が貧血(Hb = 8g/100ml)になると、心拍出量はいくらになるか

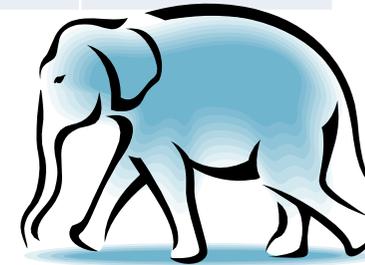


問題 4: 代謝率がヒトと同じだとネズミは凍死し、牛はステーキになる。本当か。回避する自然の知恵は？

人との体重比を x 、体表面積比 y 、単位面積あたりの発熱量比 z 、体温 T とすると、 $y=x^{2/3}$ 、 $z=x^{1/3}$ で与えられる。外界温 20°C 、人の体温を 37°C とすると、 T は以下の式で求められる。

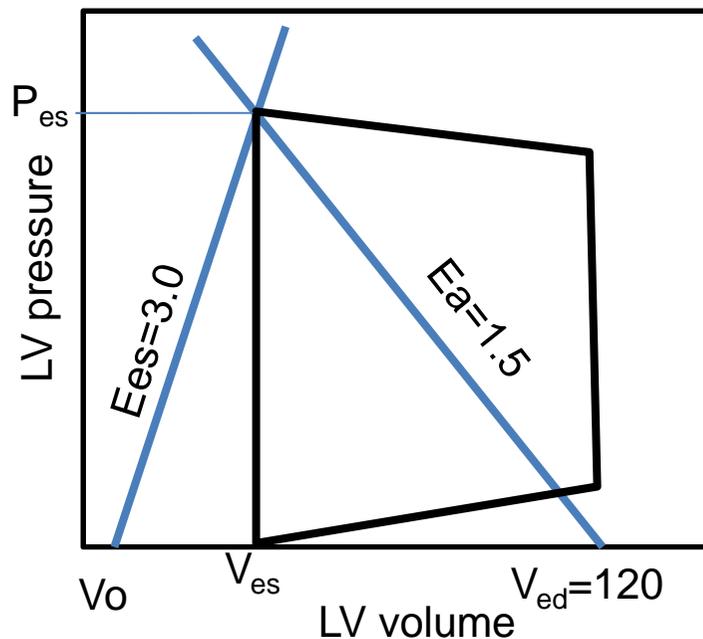
$$T = X^{1/3} \times (37 - 20) + 20$$

	体重比 (x)	体表面積比 (y)	W/m^2 比 (z)	推定体温 (T)
人	1	1	1	37.0
牛	10	4.64	2.15	56.6
象	100	21.5	4.64	99.1
ラット	1/100	0.046	0.215	23.7



そのため、大動物は放熱が、小動物は断熱が重要になってくる。実際に小動物では体重あたりの代謝を上げ、一方大動物では代謝を下げ、体温の恒常性を保っている。

問題 5: 拡張末期容積 120 ml、Ees 3 mmHg/ml、Ea 1.5 mmHg/ml、脈拍 60 bpmの時の駆出率(EF)、一回拍出量(SV)、心拍出量(CO)を求めよ。ただし、Vo=0とする。



左図より、収縮末期圧容積関係は

$$P_{es} = E_{es}(V_{ed} - SV - V_o) \approx E_{es}(V_{ed} - SV) \quad (1)$$

一方動脈の圧容積関係は実行動脈エラスタンスEaを用いると、

$$P_{es} = E_a SV \quad (2)$$

(1),(2)をSVについて解くと

$$SV = E_{es} V_{ed} / (E_{es} + E_a) = 3 \times 120 / (3 + 1.5) = 80$$

$$CO = SV \times HR = 80 \times 60 = 4800 = 4.8 \text{ L/min}$$

$$EF = SV / V_{ed} = 80 / 120 = 0.667$$

問題 6: 脳に制御機能があるからこそ病態が悪化することがあるか

- 心不全や高血圧では脳を中心にした制御系の過緊張が病態の進行や悪化を招く。そのため過緊張の抑制が治療戦略になっている。

問題 7: 脳の創造による難治性疾患の克服は可能か

- 薬剤による治療は時間的空間的な分解能が低いため、時々刻々と変化する環境に適応しながらの治療は容易ではない。
- 神経系に人工脳で介入する治療戦略は時空分解能が良く、難治性病態に有効である。
- 従来の薬物治療と補完的に働き大きな効果をあげることが実験的には示されている。

問題 8: 何時でも何処でも誰でも最適医療を受けられる次世代治療の実現には何が必要か

- 自動診断治療は好むと好まざるとに関わらず、人類が向かっている必然的な医学の将来である。それをどのように適切に発展させ、医療に導入するかには、医学的な側面だけでも多くの課題がある。
- 患者から得られる情報には限りがあるが、病態を正確に反映するモデルがあれば、限られた情報からでも正確に病態が理解される。そのための正確なモデル作りが必須である。
- モデルが確立すると、患者の病態をモデルに反映させ治療もモデル内で試すことができる。モデルそのものも柔軟に構築し適応や予測制御が可能な構造にする必要がある。
- その上で、患者に薬剤、神経刺激等の手段を用いて帰還することで、閉ループによる自動診断治療が構築される。
- 紹介したように単純な例はすでに現実化しており、今後の飛躍的な進歩が期待される。