

Một mô hình toán học về lượng thức ăn

SV trình bày: Lê Thị Thu An

Đỗ Thị Mai Hoa

Tăng Thu Trang

Giáo viên hướng dẫn: Nguyễn Trọng Hiếu

Đại học Khoa học tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

5/5/2022

Mục lục

1. Giới thiệu

2. Mô hình toán học

2.1 Các hàm số trong mô hình

2.2 Hệ phương trình

3. So sánh phần mô phỏng với data ở NHANES

4. Giải thích về các tham số

5. Điều chỉnh 1 vài tham số

1 Giới thiệu

Các yếu tố ảnh hưởng đến lượng thức ăn

Breakfast
7:00 am



Snack
9:30 am



©kids.eat.in.color

Lunch
12:00 pm



Snack
3:00 pm



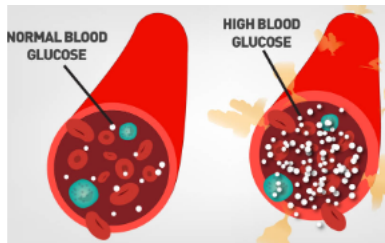
Dinner
5:30 pm



Bedtime Snack
7:00 pm



www.kidseatincolor.com



Stomach Empty



↑ Ghrelin = ↑ Appetite

Stomach Full



↓ Ghrelin = ↓ Appetite

2 Mô hình toán học

2 Mô hình toán học

2.1 Các hàm số trong mô hình

1. Mức độ thèm ăn

A(#) là Appetite



2. Lượng ghrelin trong huyết tương

$L(pM)$ với $1pM = 10^{-12}mol/l$



3. Hoạt động thể chất

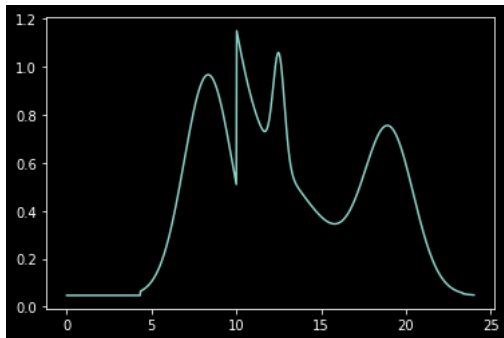
E (exercise) nhận giá trị 0/1.



$$E(t) = \begin{cases} 1 & \text{if } (t \bmod 1440) \in (300, 1260) \\ 0 & \end{cases}$$

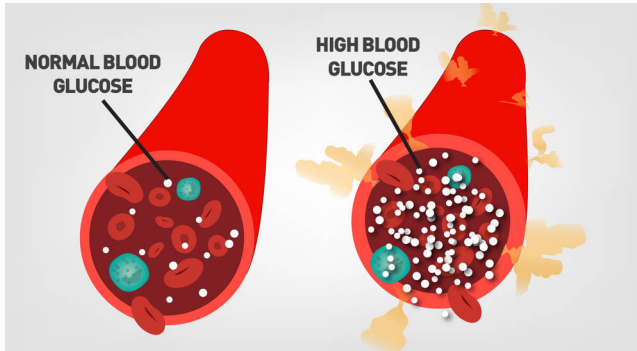
Tức là hoạt động từ 5h sáng đến 21h tối.

4. Thói quen ăn

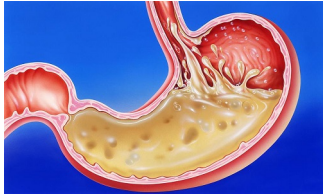


$$H(t) = \mathcal{W}_{snack} + \sum_{i=1}^4 \chi_{[t_{meal_i}^{low}, t_{meal_i}^{up}]} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{t - t_{meal_i}^{\mu}}{t_{meal_i}^{\sigma}} \right)^2}$$

5. Nồng độ glucose trong máu



$G(t)$ tính theo đơn vị (mM) tức là (10^{-3} mol/lit)



6. Lượng thức ăn trong dạ dày $S(t)$ tính theo gam.
7. Lượng thức ăn $Q(t)$ được tiêu hóa trong khoảng thời gian $t_{\Delta} = 2$ phút.

Các hàm ngẫu nhiên trong mô hình

8. $\chi_i(t)$: hàm chỉ thị trạng thái ăn

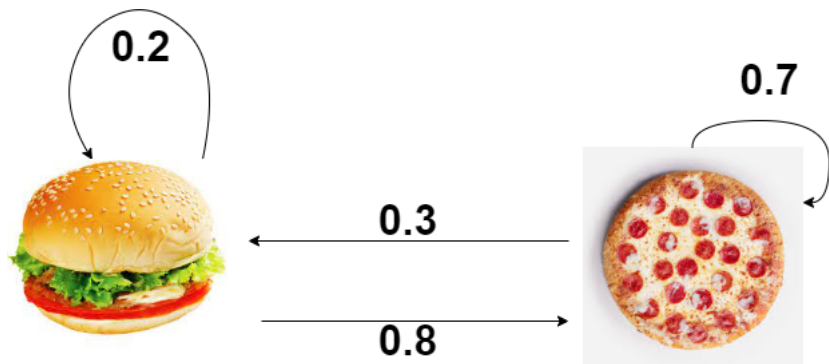
9. u : hàm ngẫu nhiên phân bố đều $[0,1]$.

10. $k_{ij}(t)$ Cường độ xác suất chuyển từ trạng thái ăn sang trạng thái "nhịn".

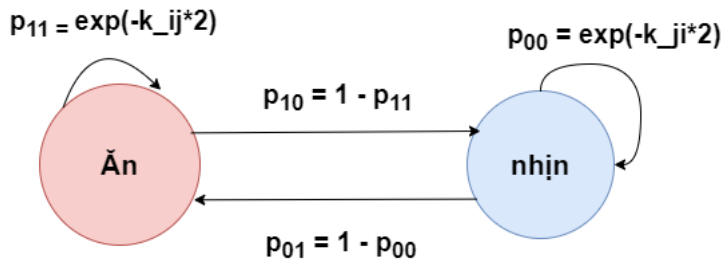
11. $k_{ij}(t)$ Cường độ xác suất chuyển từ trạng thái "nhịn" sang trạng thái "ăn".

Các hàm u, k_{ij}, k_{ij} góp phần quyết định cho χ_i

Giải thích mô hình chuỗi Markov



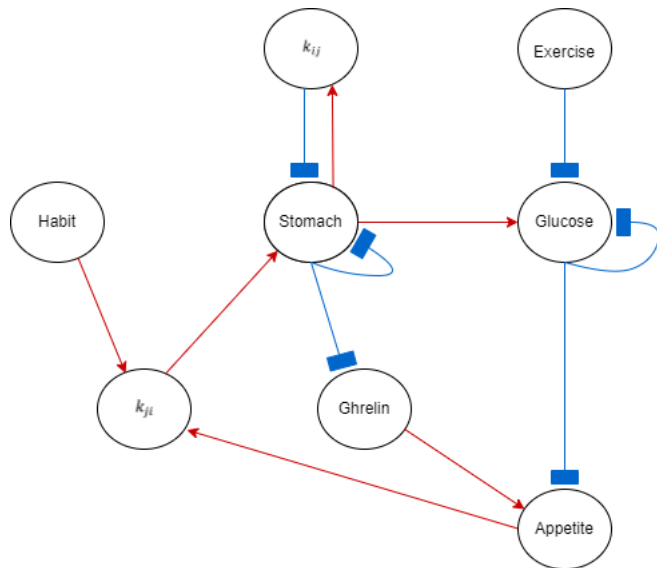
Mô hình ăn - nhịn



2 Mô hình toán học

2.2 Hệ phương trình

Sơ đồ



mũi tên đỏ : làm tăng
mũi tên xanh: làm giảm

Hệ phương trình

$$\frac{dL}{dt} = k_{LS}^{max} e^{-\lambda_{LS} S} - k_{XL} L(t), \quad L(0) = L_0$$

$$\frac{dG}{dt} = -(k_{XG} + k_{XGE} E) G(t) + \frac{k_G + k_{XS} \eta_G \rho_{GS} S(t)}{V_G}, \quad G(0) = G_0$$

$$A(t) = A^{max} \frac{L(t)}{L_{A50} + L(t)} e^{-\lambda_{AG} G(t)}$$

$$k_{ji}(t) = \rho_{HA}^{ji} H(t) \left(1 + w_A \frac{A(t)}{A_{max}}\right)$$

$$k_{ij} = k_{ij0} + \rho_S^{ij} + \rho_G^{ij} G$$

$$\frac{dS}{dt} = -k_{XS} S(t) + \chi_i k_S, \quad S(0) = S_0$$

Chuỗi Markov ăn - nhịn

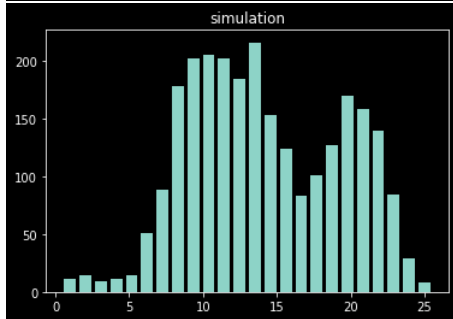
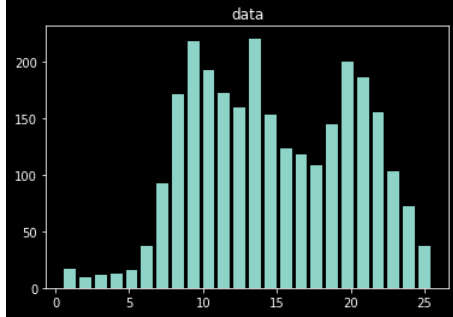
$$P(X(t+2) = i | X(t) = j) = 1 - e^{-k_{ji}(t)^2}$$

$$P(X(t+2) = j | X(t) = j) = e^{-k_{ji}(t)^2}$$

$$P(X(t+2) = j | X(t) = i) = 1 - e^{-k_{ij}(t)^2}$$

$$P(X(t+2) = i | X(t) = i) = e^{-k_{ij}(t)^2}$$

3 So sánh phần mô phỏng với data ở NHANES



4 Giải thích về các tham số

Tham số cho hàm Habits

$$t_{upperMeal} = [1000, 1400, 1400, 1440]$$

$$t_{meanMeal} = [500, 750, 610, 1140]$$

$$t_{sigmaMeal} = [85, 20, 240, 87]$$

$$w_{peak} = [0.92, 0.45, 0.65, 0.65]$$

$$w_{snack} = 0.047$$

Các tham số cho Ghrelin

$$\frac{dL}{dt} = k_{LS}^{max} e^{-\lambda_{LS} S} - k_{XL} L(t), \quad L(0) = L_0 = 178$$

Phân tích k_{LS}^{max} :

$$k_{LS}^{max} = k_{XL} L^{max} = 4.16 mM/min$$

$$L^{max} = 208 pM$$

$$k_{XL} = 0.02$$

Phân tích λ_{LS} :

$$\lambda_{LS} = \frac{\log(2)}{S_{50}} = 0.005/g$$

$$e^{-\lambda_{LS} S_{50}} = \frac{1}{2}$$

$$S_{50} = 150g.$$

Các tham số cho Glucose

$$\frac{dG}{dt} = -(k_{XG} + k_{XGE}E)G(t) + \frac{k_G + k_{XS}\eta_G\rho_{GS}S(t)}{V_G}, \quad G(0) = G_0 = 5$$

Phân tích phần giảm:

$$k_{XG} = CL/V_G = 0.089/12.4 = 0.0072/min,$$

$$V_G = 0.2W = (0.2)(62) = 12.4L,$$

$$k_{XGE} = 0.5k_{XG} = 0.0036/min.$$

Phân tích phần tăng:

$$k_G = k_{XG}G_0V_G = (0.0072)(5)(12.4) = 0.4464mmol/min,$$

$$k_{XS} = \frac{\log(2)}{t_{1/2}} = 0.015/min,$$

$$t_{1/2} = 45min \quad (\text{có thể điều chỉnh})..$$

$$\eta_G = 0.2g/g$$

$$\rho_{GS} = 0.9$$

Tham số cho hàm Appetite

$$A(t) = A^{max} \frac{L(t)}{L_{A50} + L(t)} e^{-\lambda_{AG} G(t)}$$

$$A^{max} = 300$$

$$L_{A50} = 120pM$$

$$\lambda_{AG} = 0.3$$

Các tham số cho k_{ji}

$$k_{ji}(t) = \rho_{HA}^{ij} H(t) \left(1 + w_A \frac{A(t)}{A_{max}} \right)$$

$$\rho_{HA}^{ij} = 0.01 \quad (\text{có thể điều chỉnh})$$

$$w_A = 0.1 \quad (\text{Có thể điều chỉnh})$$

$$A^{max} = 300$$

Các tham số cho k_{ij}

$$k_{ij} = k_{ij0} + \rho_S^{ij} + \rho_G^{ij} G$$

$$k_{ij0} = 0.001$$

$$\rho_S^{ij} = 0.0001 \quad (\text{có thể điều chỉnh})$$

$$\rho_G^{ij} = 0.0001 \quad (\text{có thể điều chỉnh})$$

Các tham số cho hàm Q và S

$$\frac{dS}{dt} = -k_{XS}S(t) + \chi_i k_S, \quad S(0) = S_0 = 0$$
$$Q = \chi_i k_S t_\delta$$

$$k_{XS} = \frac{\log(2)}{t_{1/2}} = 0.015/min,$$

$$t_{1/2} = 45min \quad (\text{có thể điều chỉnh})$$

$$k_S = 16.5g/min \quad (\text{có thể điều chỉnh}).$$

5 Điều chỉnh 1 vài tham số

Đk bình thường:

$$\eta_G = 0.2$$

$$t_{1/2} = 45min$$

$$k_S = 16.5g/min$$

$$w_A = 0.1$$

Điều kiện	Lượng thức ăn	Lượng đường
Bình thường	2760	552
$\eta_G = 0.4$	2490	996
$\eta_G = 0.1, t_{1/2} = 90$	2652	265
$t_{1/2} = 30 \text{ min}$	2651	530
$w_A = 0.9, k_S = 12.4$	2385	477