PHYSIOLOGY

Lec: 2

Done by: Haneen Frehat

PHYSIOLOGY LECTURE 2

CONTROL SYSTEMS OF THE BODY

Dr. Waleed R. Ezzat

Lecture Objectives:

- Define and describe the components of homeostatic control system.
- List the factors that are homeostatically regulated.
- Compare and contrast negative and positive feedback and explain the importance of these processes to homeostasis.
- Understand the gain of the control system and its physiological significance.
- Explain the feed forward concept and its importance for initiation of responses in anticipation of a change in internal environment.

في ال **internal invironment** يجب ان نحافظ
فقط على هذة العوامل مستقرة :

Factors homeostatically regulated:

Factors of the internal environment that must be homeostatically maintained are:

1. Concentration of **nutrient molecules**. → such as: **Amino acids, Glucose, Fatty acids**
2. Concentration of **oxygen** and **carbon dioxide.** → يجب وجود نسبة ثابته من ال **O2 and CO2**
3. Concentration of **waste products.** → المواد السامة والفضلات يجب ان تكون بتراكيز منخفضه لا تتجاوز نسبة معينه مثل اليوريا والكرياتينين
4. **pH** (hydrogen ion concentration). → تركيز ايون الهيدروجين (معامل الحموضة) وهو عامل خطير لان كل انزيم بجسمنا يعمل ضمن درجة حموضة معينه **ph** فعند حدود خلل في ال **ph** يحدث الخلل في انزيمات الخلايا وتؤدي الى الوفاة
5. **Water volume** and **osmolality** (essential electrolyte concentrations). → يجب ان يكون هناك نسبة ثابته للصوديوم والكالسيوم والبوتاسيوم وحجب الماء وحجم الدب يجب ان تكون جميعها مستقرة
6. **Plasma volume** and **pressure**. → حجم الدم الذي يجري في الاوعية الدموية (لانقصد سوائل الجسم) يجب ان لا يقل عن نسبة محددة وضغط الدم يجب ان يكون مستقر ضمن نسب معينه لا يزيد او
7. **Core body temperature.** → حرارة الجلد تتأثر بالعوامل الخارجية اما هنا نقصد حرارة الجسم من الداخل (حرارة الدم) يجب ان تكون ثابته بحدود **37.5** درجة

→ الحرارة الداخلية وليس حرارة الجلد

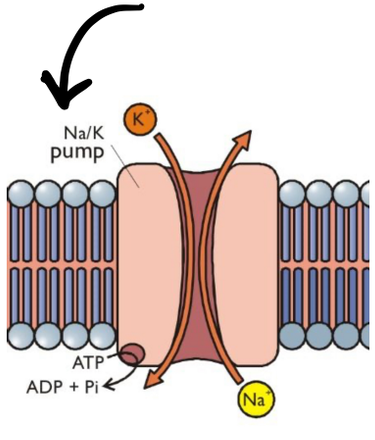
هذة هي اهداف يسعى جسمنا للمحافظة عليها هي ثابته اما الذي يتغير هو وسيلة المحافظة مثلا كم مرة نتنفس في الدقيقة هي وسيلة وليست عامل فكمية النفس ممكن ان تزيد ويمكن ان تنقص لانها وسيلة للتصحيح مثلا لو نقص الاكسجين في الجسم كوسيلة لرفعه يقوم الجسم يزيد التنفس فنسمي الحالة Hyperventilation

يعني الهدف ثابت والوسيلة تتغير حسب وضع الهدف)

Cntrol systems: اي سيستم او اي منظومة في جسمنا تحاول تصحح خطأ

ممكن ان يكون على خلية نراه من خلال المايكروسكوب او على مستوى **organ** كبير فهو عدد لا نهائي من ال**control systems**

مثلا **sodium potassium pump** عبارة عن **control systems** وهو بروتين صغير في ال **cell membrane** يطرد الصوديوم لخارج الخلية والبوتاسيوم للداخل للمحافظة على نسب ثابته لتراكيز المواد



ممكن ان يكون هذا ال **control system** عبارة عن **genetic control** من جينات الكائن الحي ويتم المحافظة على ظهور تركيبة جينية

Control systems of the body

- Control systems of the body are in thousands. Starting from the cellular level and ending in throughout the entire body control systems.
- To maintain homeostasis, the control system must be able to:

1) Detect deviations from normal in the internal environmental factor that needs to be held within narrow limits.
2) Integrate this information with any other relevant information.
3) Make appropriate adjustments in the activity of the body parts responsible for restoring this factor to its desired value

- Examples are Na^+-K^+ pump, genetic control, pH regulation, and thermal regulation of the body.
- Homeostatic regulation of a single physiologic factor often involves several cooperating control systems (mechanisms) activated at the same time or in succession.

شروط ال control systems

هو نظام بعالج خلل لكن كيف رح يعالج الخلل او يصحح شيء دون معرفة ماهو الخلل ؟

مثلا لو ارتفعت الحرارة او انخفضت لا بد من وجود وسيلة اكتشاف وملاحظة هذا الارتفاع او الانخفاض لوجود وسيلة تصحيح 🥶🥵

1)القدرة على اكتشاف الخطأ 🙂

ال control system في جسمنا لا يعمل لوحده فيجب ان يجمع كافة المعلومات ويتعاون مع ال sysems الاخرى ويعملوا مع بعضهم ويجمعوا معلوماتهم

2) جمع المعلومات 🗣️

بعد حدوث الخلل يجب ان يكون له القدرة على التعديل والتصحيح (3

حدوث اي خلل في الامور السابقة ليس شرطا ان يصلحه **control system** واحد لان احيانا يحدث تعاون بين اكثر من سيستيم لمعالجة خلل واحد 👌🏻

Example

تعاون 4 systems لتحقيق هدف

على فرض ازداد تركيز ايون الهيدروجين في الدم فزادت الحموضة

سيعمل اول **control system** وهو الهيموغلوبين (الموجود في كريات الدم الحمراء)

١ خط دفاع

لان الهيموغلوبين يحمل شحنة سالبة وايون الهيدروجين يحمل شحنة موجبة

عندما يزداد ايون الهيدروجين الموجب بشكل عالي يأتي الهيموغلوبين السالب ويرتبط فيه في الدم حتى يقلل من نسبة وجود اليهيدروجين في الجسم

٢ خط دفاع

في داخل الخلية يوجد ايون سالب وهو ايون الفوسفيت (PO_4^{-3} /$H_2PO_4^-$/HPO_4^{-2})

يتحد ايون الهيدروجين الزائد في الدم مع ايون الفوسفات السالب فيتحول :

$PO_4^{-3} + H^+ \longrightarrow HPO_4^{-2}$ $HPO_4^{-2} + H^+ \rightarrow H_2PO_4^-$

٣ خط دفاع

تشعر الرئتين فيبدأ النفس بزيادة سرعته (سرعة النفس من اعراض ارتفاع حموضة الدم يسمى **Acidotic breathing** تنفسه غير طبيعي دون عمل جهد)لان الرئتين تزيد من طرح ثاني اكسيد الكربون فينخفض ايون الهيدروجين في الجسم اكثر

٤ خط دفاع

الكلية (البول مادة حمضية **acidic** لان المخلفات التي تطردها الكلية خارج الجسم **urine** هي مواد حمضية **ph=6** بالتالي الكلية قادرة على تخفيض الحموضة) عندما يحدث زيادة في الهيدروجين ايون تزيد الكلية من طرح الهيدروجين لخارج الجسم

Control systems of the body (Cont.)

كلما زادت اهمية العامل الذي تغير كلما زاد عدد الانظمة التي تتعاون من اجل اصلاح المشكلة

- The more important a variable, the more numerous and complicated are the mechanisms that operate to maintain the steady-state at the desired value.
- The efficiency of the homeostatic mechanisms varies over a person's lifetime, with some homeostatic mechanisms not being fully developed at birth and others declining with age.

كفاءة السيستيم تتغير مع العمر
اما للافضل او للأسوأ

- For example, a newborn infant cannot concentrate urine as an adult. Older adults are less able to tolerate stresses, such as exercise or changing weather, than are younger adults.

يتحمل

اذاحدث اي تغير في العوامل مع العمر هل انظمة الجسم تتغير في كفاءة التعامل مع التغير مع مرور العمر:

- The control systems are characterized by their:
  1. *Negative feedback nature (the majority)* ⇒ الكفاءة عكسية مع العمر (اغلب الانظمة)
  2. *Positive feedback nature* ⇒ الكفاءة طردية مع العمر

كفاءة السيستيم تتغير مع العمر اما للافضل او للأسوأ فمثلا :

عند حديثين الولادة الكلية لا تستطيع تركيز البول بشكل قوي
فيبقى اصفر باهت بينما مع التقدم بالعمر تشتطيع الكلية
تركيز البول اكثر ليصبح اصفر غامق

Positive Feedback

لذلك الشخص البالغ يتحمل **dehydration** اي يتحمل قلة سوائل اكثر من الصغير 🍼👶

والعكس

الطفل او الشاب يتحمل **stress** ويقصد به البرد اكثر من الشخص الكبير بالعمر 👶👴👨

Negative Feedback

حاسة الشم تضعف كلما تقدم الانسان بالعمر 👃

قوة الصوت عند المرأة اكثر من الرجل لان **frequency** (التردد)اعلى عند المرأة الصوت الناعم يكون التردد له اكثر من الخشن 🗣️ مع تقدم الرجل بالعمر يضعف سماعه لصوت المرأة 👂

Negative feedback:

When some factors becomes excessive or deficient, series of changes occur that move the factor in the opposite direction of its initial change. That is, a corrective adjustment opposes the original deviation from the homeostatic steady-state.

The components of a simple negative-feedback control system include:

- Regulated variable
- The receptor (sensor or detector)
- The control center (comparator or integrator)
- The effector (acts to oppose change)

Example: Exercise → ↑ body temperature → stimulation of temperature-monitoring nerve cells in the hypothalamus → activation of cooling mechanisms (sweating) → ↓ body temperature.

كل شيء في الطب والعلم يقاس فمثلا الدم نقيس الهيموغلوبين او قياس حدة البصر (فحص النظر) ،،،، الهدف هو القياس فكل ظاهرة في الحياة نضع لها وحدة قياس 🤦‍♀️

Gain of a Control System:

كيف نعرف انه مركز التحكم قوي او ضعيف ؟ من خلال قياس ال gain of control system وهي التي تقيس ا

- The gain is degree of effectiveness with which a control system maintains constant conditions.
  ثابتة
- The gain of the control system is calculated by the following formula:

لا يمكن لاي كنترول سيستيم الوصول الى كفاءة 100% فهو يصلح المشكلة لاقرب حال كنت عليه

$$The\ Gain\ of\ a\ control\ system = \frac{Correction}{Error}$$

Correction → مقدار التصحيح

Error → مقدار الاخطاء ما لم يصحح

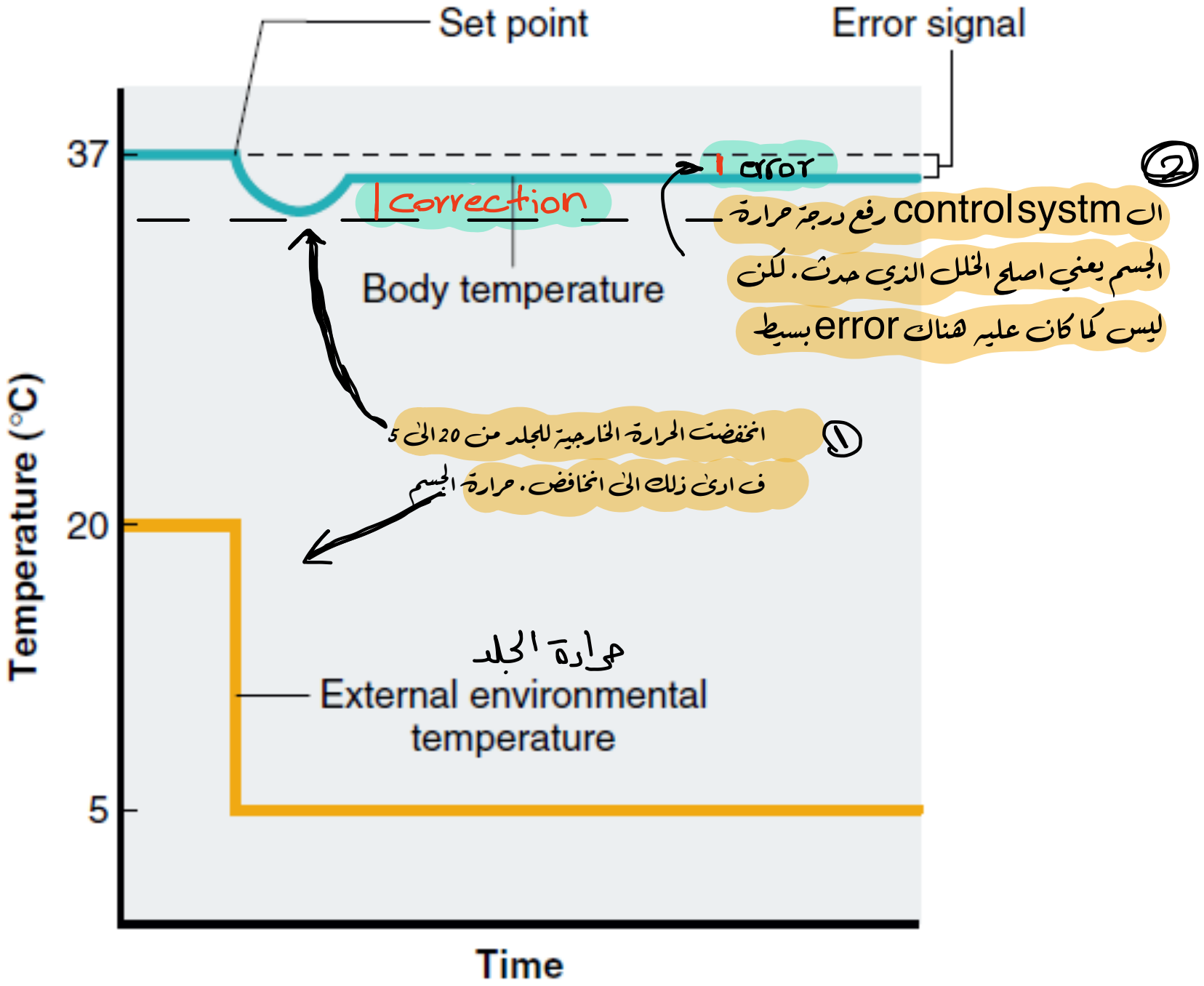
مثال : ضغط الدم عند شخص 100 حدث عنده نزيف فاصبح ضغط الدم 80 ف اشتغل control system لتصحيح النزول الذي حدث فعمل ال control systeem ووصل ضغط الدم ل 95 هنا ال correction = 15 و ال error = 5 فيكون ال gain = -3 لان الاتجاه متعاكس

Where the *Error* is the remaining uncorrected change from normality. The gain of baroreceptors is about -2, whereas the gain of temperature control system is about -33.

لـ متحسسات ضغط الدم

* كفاءة الجسم في تعديل الحرارة اعلى بكثير من تعديل الضغط

الزيادة في التصحيح كانت 15 موجب (زيادة) والاخطاء كانت سالب (نقص)
موجب على سالب يكون الجواب سالب لذلك ال gain دائما سالب


Set point
Error signal
37
20
5
Temperature (°C)
Time
Body temperature
External environmental temperature
error
correction
② ال controlsystm رفع درجة حرارة الجسم يعني اصلح الخلل الذي حدث. لكن ليس كما كان عليه هناك error بسيط
① انخفضت الحرارة الخارجية للجلد من 20 الى 5 ف ادى ذلك الى انخافض. حرارة الجسم
حرارة الجلد

Feedforward Regulation:

حصول رد فعل قبل حصول تغير
باخد العوامل السبعة

- Is another type of regulatory process usually acts in combination with negative-feedback systems
- The feedforward regulation **anticipates** changes in a regulated variable, improves the speed of the body's homeostatic responses, and minimizes fluctuations in the level of the variable being regulated - that is, it reduces the amount of deviation from the set point
- The operation of the controller is "**open loop**"; that is, the regulated variable itself is not sensed
- ***Example***; When outside temperature falls, skin nerve cells immediately detect the change and relay this information to the brain, which then sends out signals to the blood vessels and muscles, resulting in heat conservation and increased heat production even before the internal body temperature falls

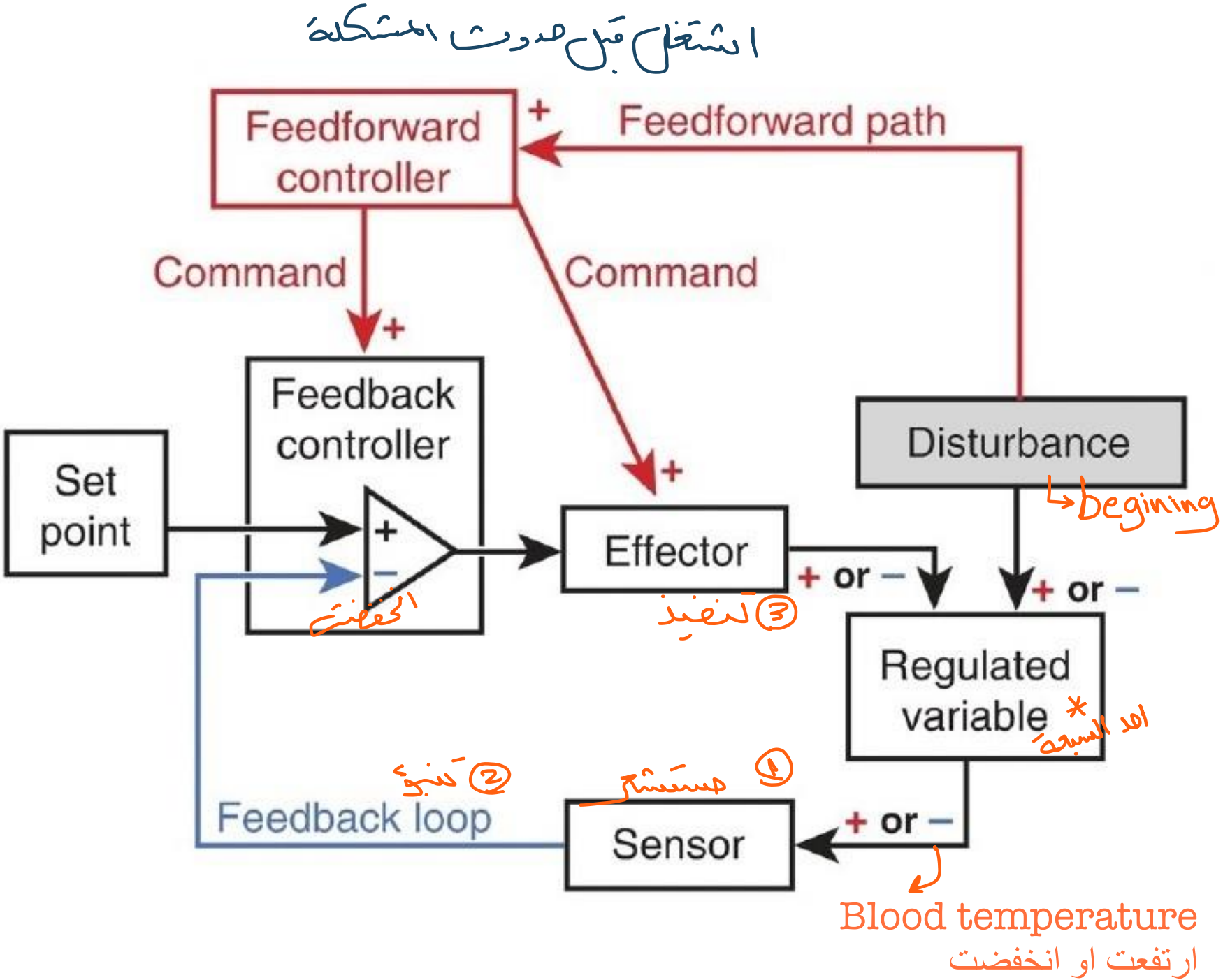
مبدأ ال anticipates هو عبارة عن توقع يعني ما استنا الخلل يحدث حتى اشتغل لا بشتغل قبل مايصير 🦆

ذهبت لمكان بارد جلدي تلقائي رح يصير لونه شاحب (يعني blood vessels الاوعية الدموية تضيقت فقلت كمية الدم فيها فشحب لون الجلد) بدل مايكون الجلد pinkesh يصبح pale وهنا يكون حدثت متغيرات وردود فعل على الرغم من عدم حدوث خلل في حرارة الجسم الداخلية وهنا يكون معنى ال anticipates التوقع

اذا مشى شخص في طريق غير مستوية فيميل الجسم فيمكن ان يسقط هذا الشخص لكن رد فعل من الجسم قبل السقوط تتصلب وتشد عضلات الجهة الاعلى حتى لا يسقط الشخص لا اراديا قبل السقوط وحدوث الشيء وهنا ايضا anticipates 🏃

اذا تناولنا الطعام ووضة صل الجلوكوز للامعاء والدم البنكرياس يستشعر (العضو المسؤول عن افراز الانسولين الذي يخفض السكر في الدم) في البنكرياس يوجد خلايا تستشعر ارتفاع منسوب السكر بالدم فيبدأ البنكرياس بافراز الانسولين 😨 فعند مضغ الطعام قبل بلعه تحدث عملية ال anticipates فيبدأ البنكرياس بافراز الانسولين قبل نزول الاكل عالجسم 😱 هذا من حكمة الله حتى لا يرتفع مستوى السكر بالدم فجأة وبسرعة عالية عند وصول الطعام للمعدة فيبدأ الارتفاع بالتدريج فيكون ارتفاع مقبول عند وصول الاكل 😟

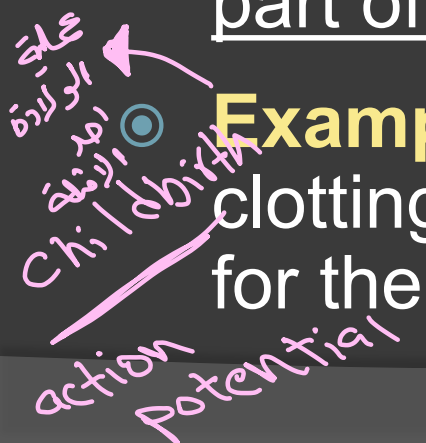
الام عندما ترضع ابنها قد يحدث anticipates فيبدأ الطفل بالتبول قبل وصول الحليب لامعاءه فقط عندما يبدأ بالرضاعة وهذا اشارة من الجسم للتفريغ وان هناك طعام جديد سيدخل الجسم 👶🏻


اشتغل قبل حدوث المشكلة
Feedforward controller
+
Feedforward path
Command
Command
+
+
Feedback controller
Set point
+
−
Effector
Disturbance
↳ Begining
+ or −
+ or −
③ تنفيذ
Regulated variable *
احد السبعة
② تنبؤ
① مستشعر
Feedback loop
Sensor
+ or −
Blood temperature
ارتفعت او انخفضت

Positive feedback:

اذا حدث تغير بدل ما الجسم يعاكس يقوم بزيادة التغير(سيارة نازله من جبل وخرب البريك رح تزيد سرعتها) بدل ما تقل تزيد
هنا تحدث بشكل قليل هذة الحالة

- The change induces further change leading to an amplified effect that ends in **vicious cycle**. It can be useful in some cases; e.g. blood clotting, childbirth (initiation of uterine contraction), generation of action potential in membrane of nerve cell when Na^+ ion influx begins, ovarian ovulation, etc.
- The positive feedback may be considered as a part of an overall negative feedback process.
- **Example:** blood clotting, the positive feedback clotting process is a negative feedback process for the maintenance of normal blood volume.



Clotting عملية تخثر الدم 🩸

الوضع الطبيعي للدم سائل ف اذا انجرح الانسان وانقطع ال blood vessal
فتحدث عملية تحول الدم من الحالة السائلة فهنا اذا اشتغلنا :

Positive feedback

مجرد ما تتكون خثرة صغيرة هذة الخثرة تساعد على تكون خثرة اكبر فتكون حجمها صغير بال ملم وتصل الى سانتي متر مكعب بعملية تسارعيه هدفها غلق الفتحة وايقاف النزف
بذلك نحن حافظنا على ال blood voluom ومنعنا الهبوط

Negative feedback

بعد ماتخثر الدم رح يرجع من الحالة الصلبة للسائلة وسيستمر النزيف للموت

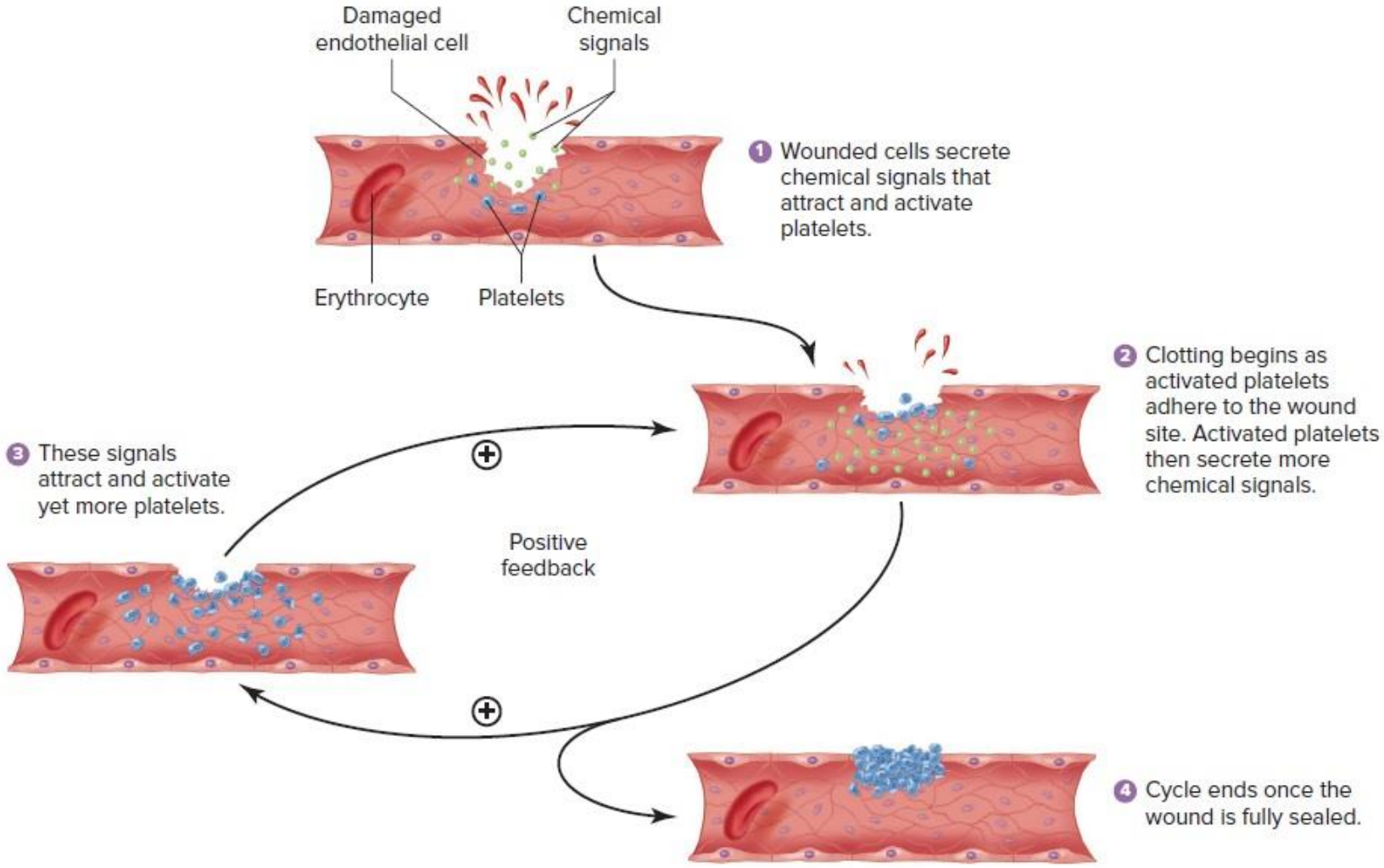
The positive feedback may be considered as a part of an overall negative feedback process.

في المنظور العام منعنا الهبوط في ال blood voluom اما ك action هي negative

عملية الولادة childbirth 🤰

يكون الجنين في بطن امه جالس بالمقلوب رأسه نحو فتحة عنق الرحم فعندما يكتمل نمو الجنين يعطي اشارة لجسم امه انه سوف يخرج فوزن الرأس وحجمه ينزل على الحلقة فتتوسع الحلقة من خلال احساس الاعصاب الموجودة فيها فتبدأ الفتحة بالتمدد فتعطي اشارة الاعصاب لل hypothalamus فيؤدي الى افراز هرمون oxy tocine وظيفته ان يؤدي لتقلص الرحم فيمشي مع الدم للرحم لاحداث تقلصات فتقلصات الرحم تدفع الطفل للأسفل اكثرفيتوسع عنق الرحم اكثر ويعطي اشارة اقوى فينفرز الهرمون اكثرويؤدي لتوسعات اكثر فتحدث الولادة 🤱

لماذا يحدث الم في الولادة



Positive feedback as illustrated by the clotting process in blood. Damaged endothelial cells in the lining of a blood vessel secrete chemical signals that attract and activate platelets. As clotting begins, the activated platelets produce chemical signals of their own, attracting and activating **more** platelets to the wound site, which then produce yet **more** chemical signals, and so on. The cycle ends when the wound is fully sealed.

Test Question:

Q. Which statement about feedback control systems is incorrect?

A. Most control systems of the body act by negative feedback.
B. Positive feedback usually promotes stability in a system.
C. Generation of nerve actions potentials involves positive feedback.
D. Feed-forward control is important in regulating muscle activity.
E. A feedback gain of -3.0 can correct 3/4 of the initial error.