

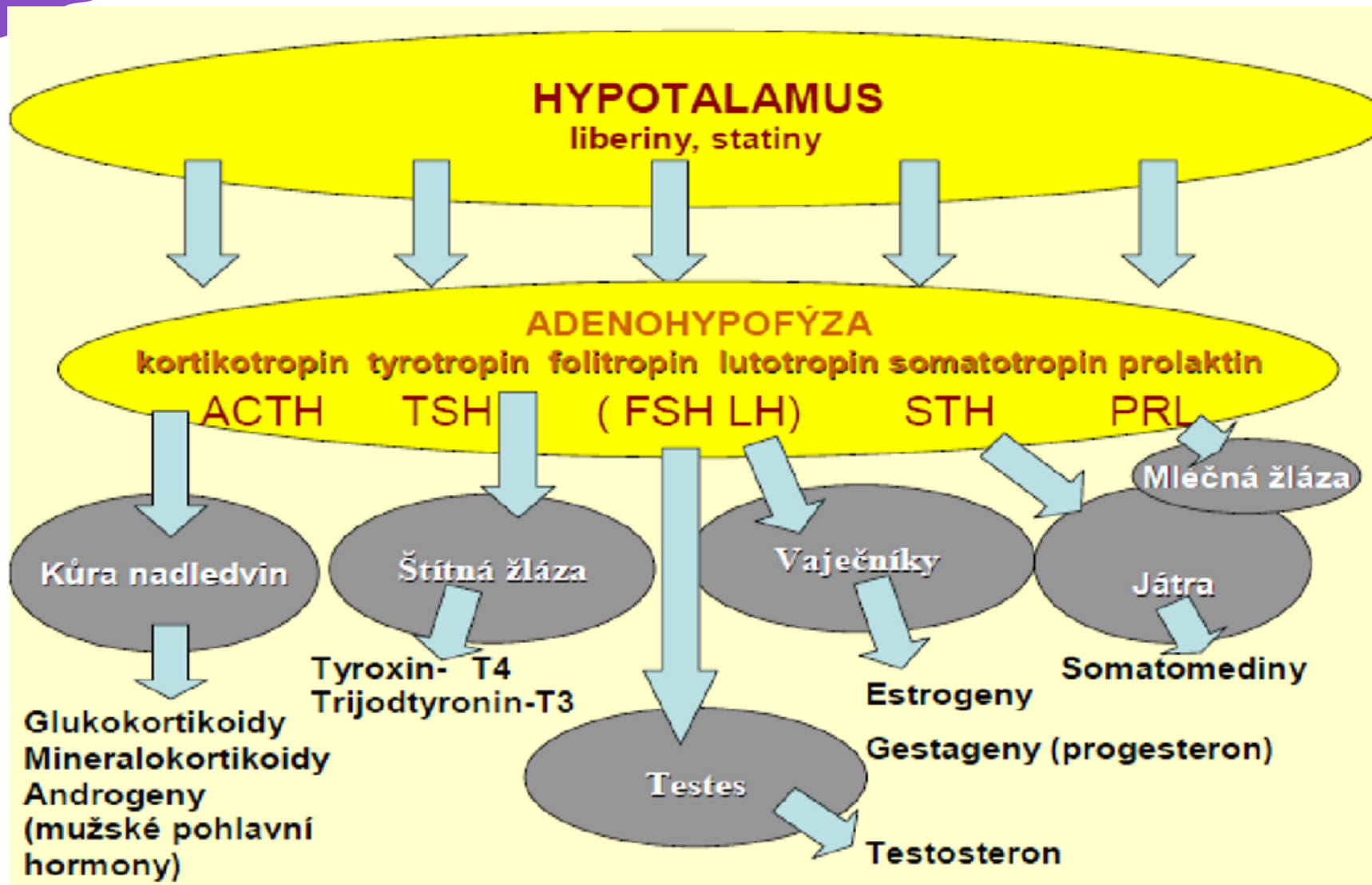


# **Fyziologie zátěže**

Hormony regulující metabolismus během cvičení

MGR. VOJTĚCH GRÜN

# Hormonální produkce



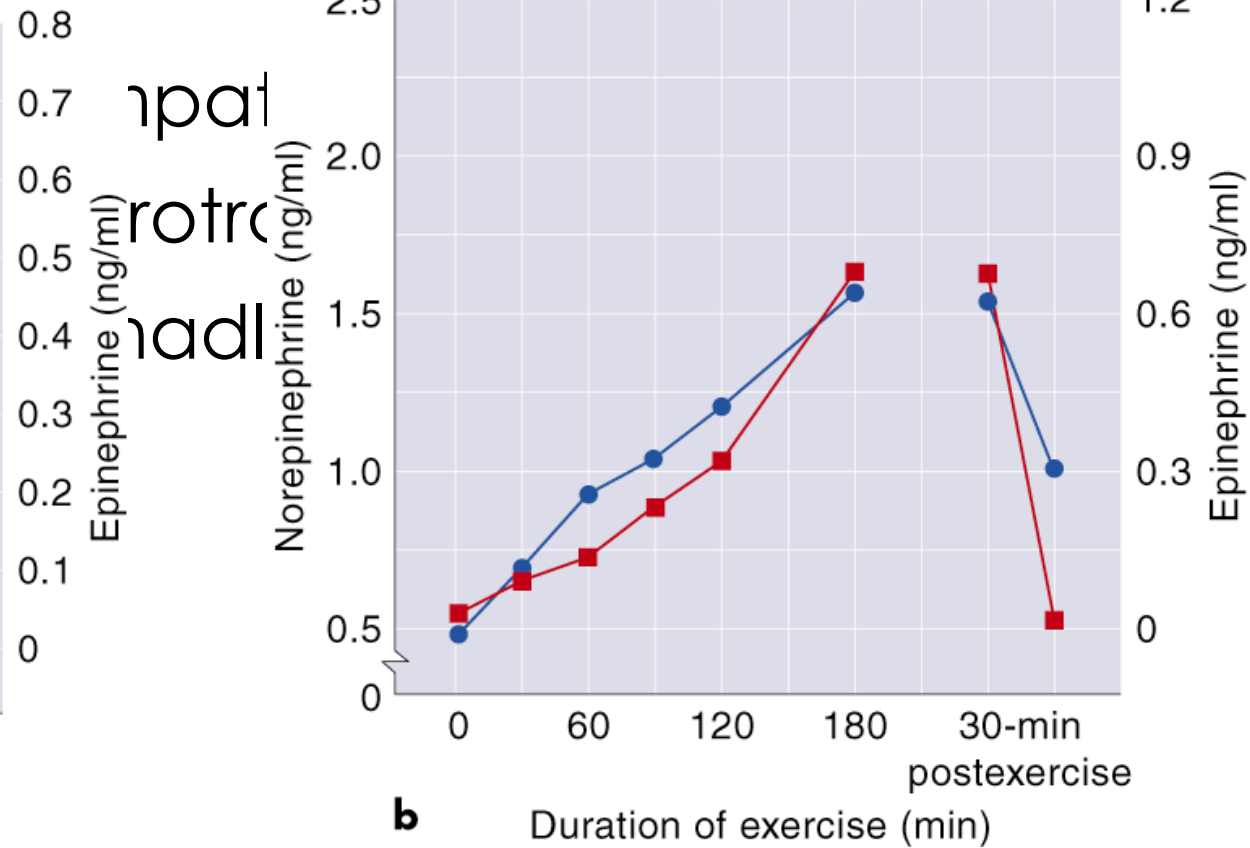
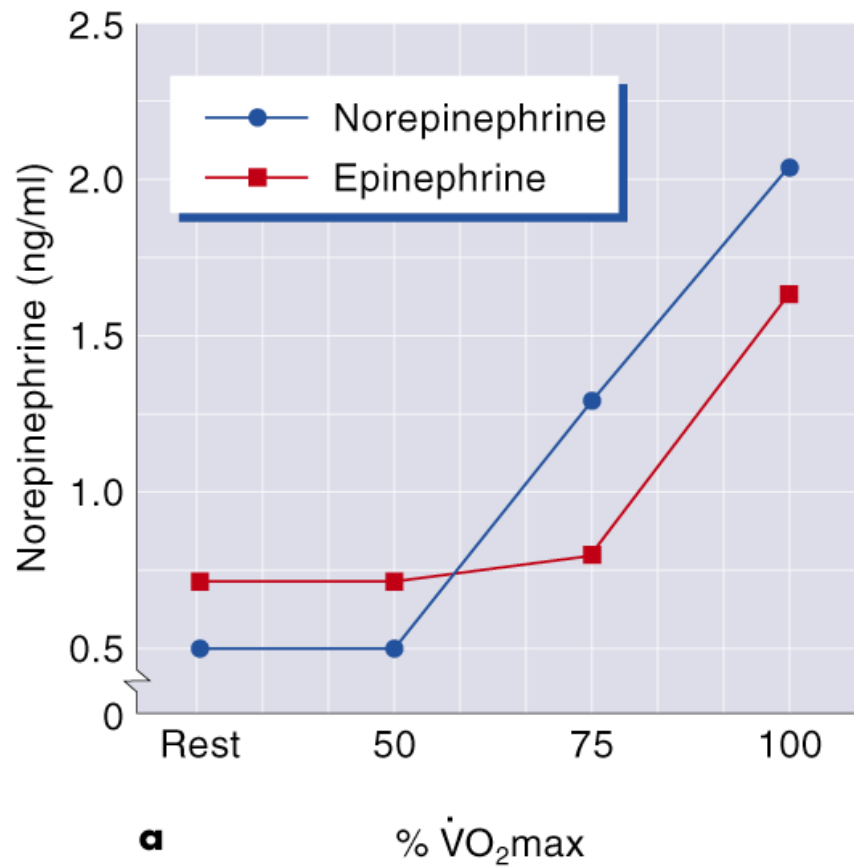
# Časová osa hormonální aktivity při cvičení

- Před začátkem cvičení
  - Sympatoadrenální osa – adrenalin a noradrenalin
- Během cvičení
  - Sympatoadrenální soustava
  - hypotalamohypofyzární systém
  - hypotalamo-hypofyzárně-tyreoidální osa
- Po cvičení
  - Návrat do rovnovážného stavu + anabolické procesy

# Před cvičením – sympatoadrenální osa

- „předstartovní stav“
- Aktivace mediátorů adrenalin a noradrenalin
- Sympatická vlákna v oblasti Th1-L2 → inervace hladké svaloviny cév a vnitřních orgánů
- Zahájení glykogenolýzy
- Sympatikus stimuluje kardiorepirační systém (transport) a napětí kosterních svalů

# Během cvičení

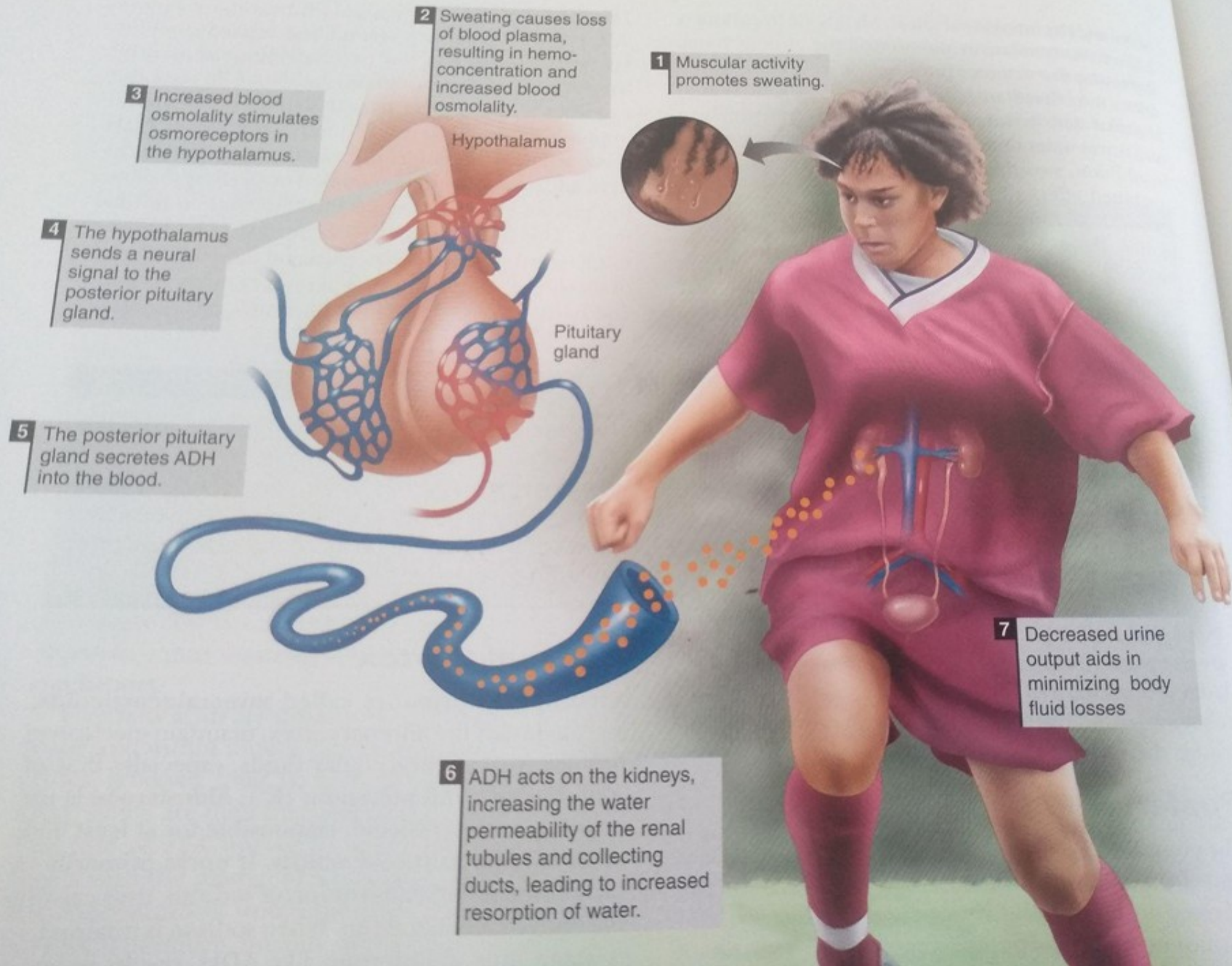


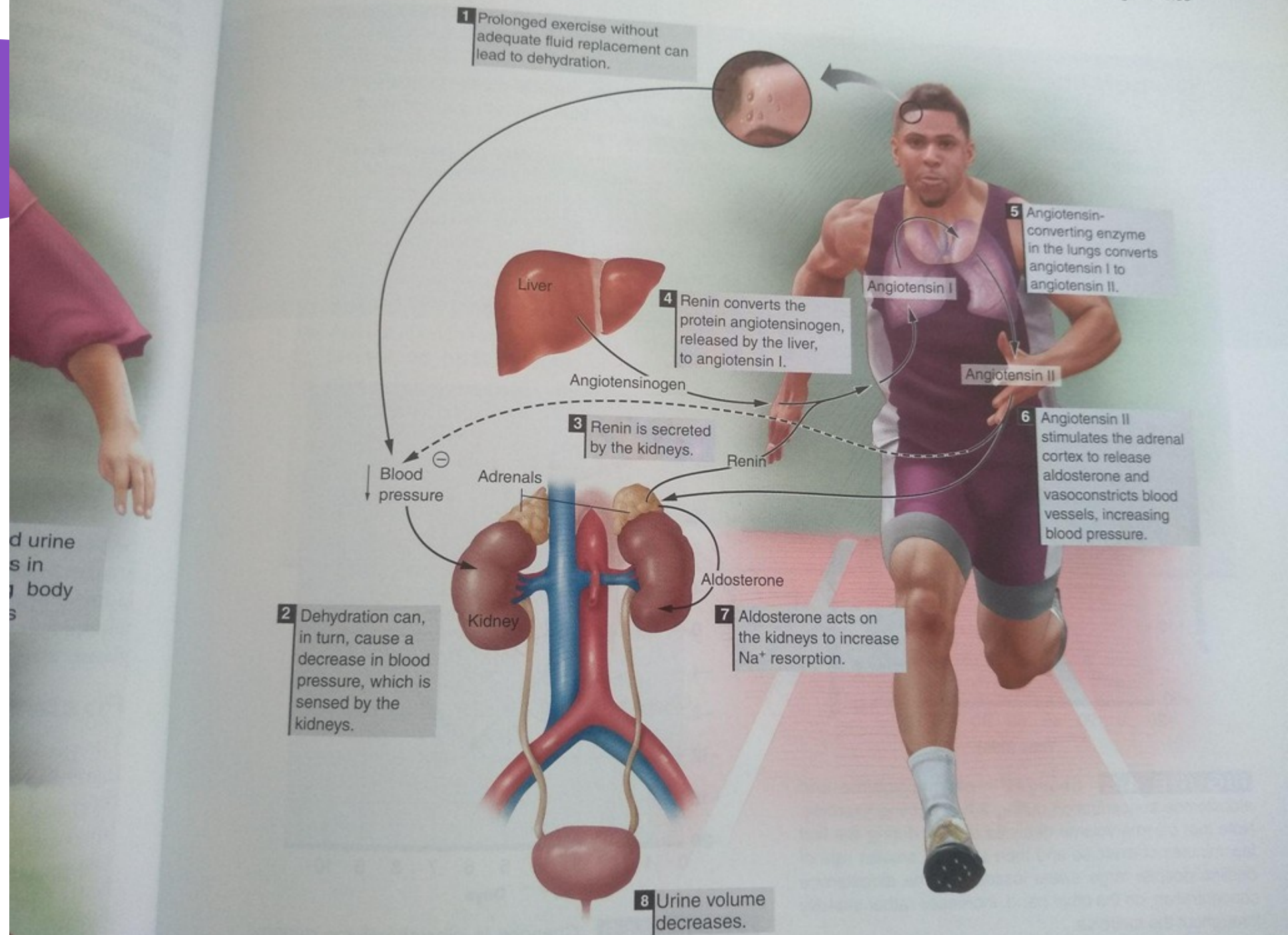
# Během cvičení osa hypothalamus-hypofýza-nadledvina

- Hypothalamus
  - Kortikoliberin (CRH) + arginin-vazopresin (AVP)
- Hypofýza
  - Přeměna AVP na vazopresin/antidiuretický hormon (ADH)
  - Produkce CRH, adrenokortikotropní hormon (ACTH) a kortizol (do 60 s od zahájení cvičení) – čím vyšší intenzita cvičení, tím vyšší produkce

↑ produkce katecholaminů (dřeň nadledvin) = ↑ produkce CRH a ACTH

↓ produkce glukokortikoidů (kůra nadledvin) = ↑ produkce CRH a ACTH





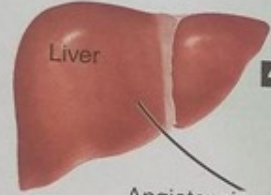
**1** Prolonged exercise without adequate fluid replacement can lead to dehydration.



**2** Dehydration can, in turn, cause a decrease in blood pressure, which is sensed by the kidneys.

Blood pressure ⊖

**3** Renin is secreted by the kidneys.



**4** Renin converts the protein angiotensinogen, released by the liver, to angiotensin I.

Angiotensinogen

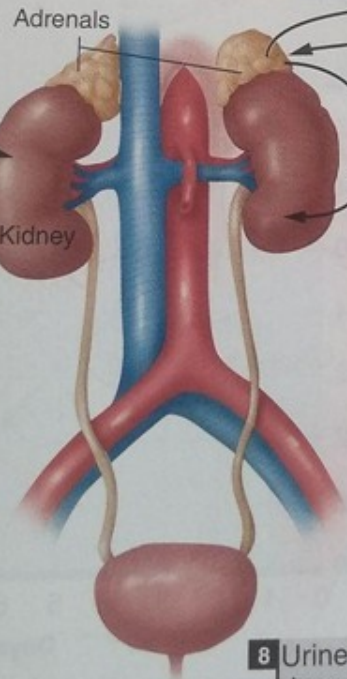
Renin

Angiotensin I

**5** Angiotensin-converting enzyme in the lungs converts angiotensin I to angiotensin II.

Angiotensin II

**6** Angiotensin II stimulates the adrenal cortex to release aldosterone and vasoconstricts blood vessels, increasing blood pressure.



**7** Aldosterone acts on the kidneys to increase Na<sup>+</sup> resorption.

Aldosterone

Kidney

**8** Urine volume decreases.

d urine  
s in  
y body  
s



# Během cvičení osa hypothalamo-hypofýzárně-tyreoidální

Tyreotropin uvolňující hormon (TRH)



tyreotropin (TSH)



Trijodtyronin (T3) a tyroxin (T4)

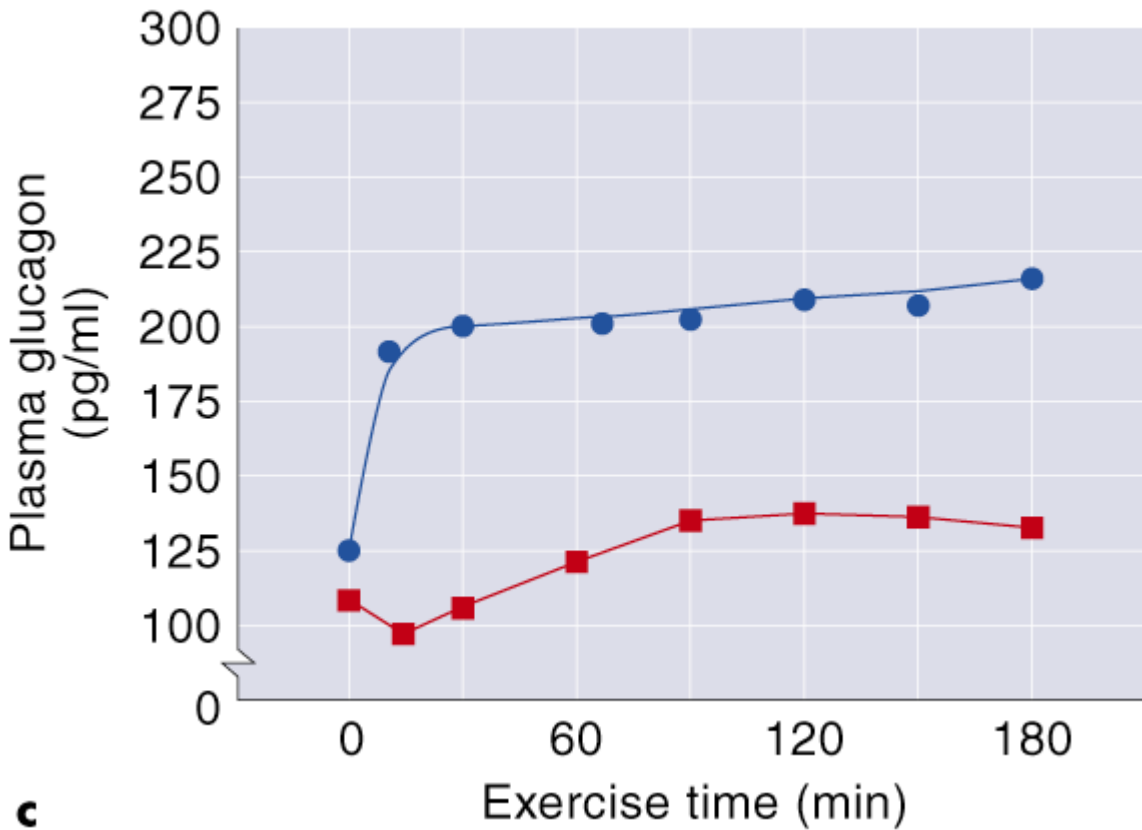
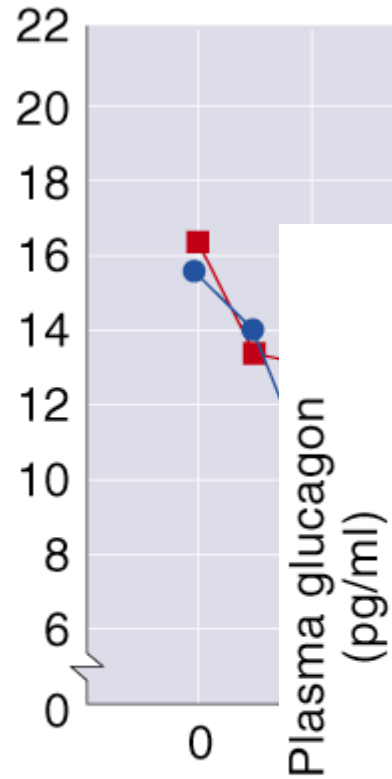
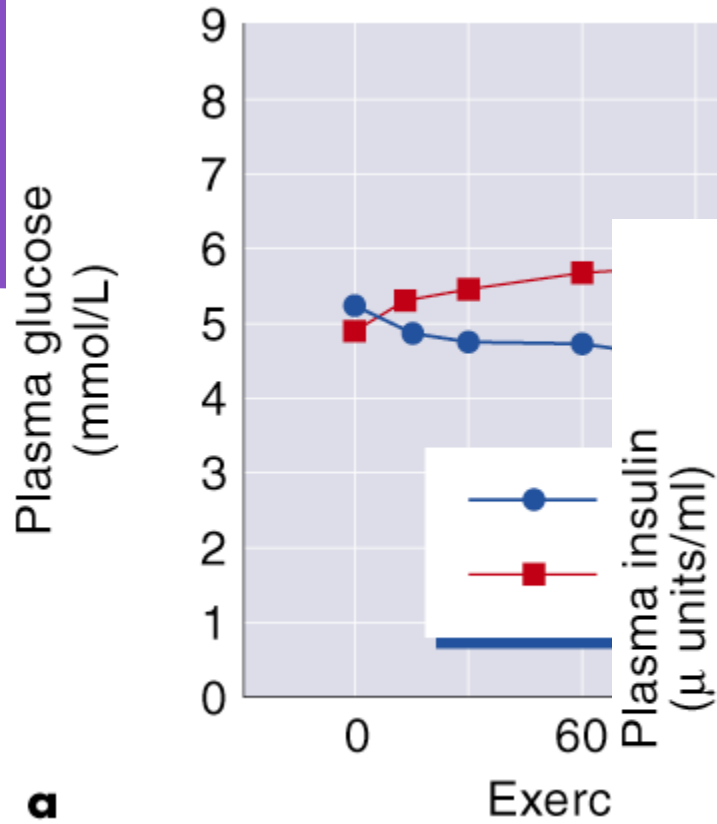
- Oddálený nástup, ale dlouhodobější účinek
- Zasahují do metabolismu glykogenolytickým a lipolytickým efektem

# Během cvičení

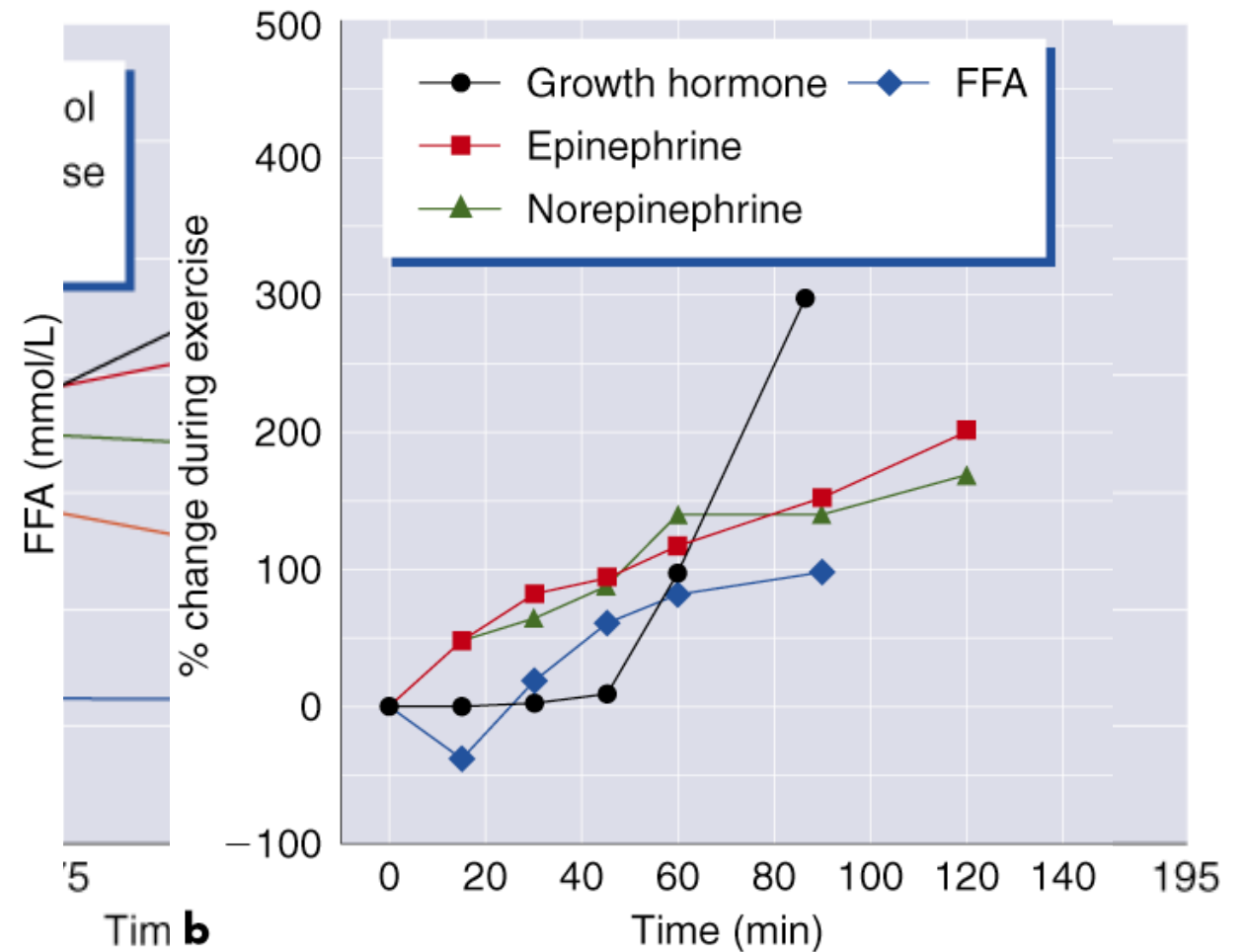
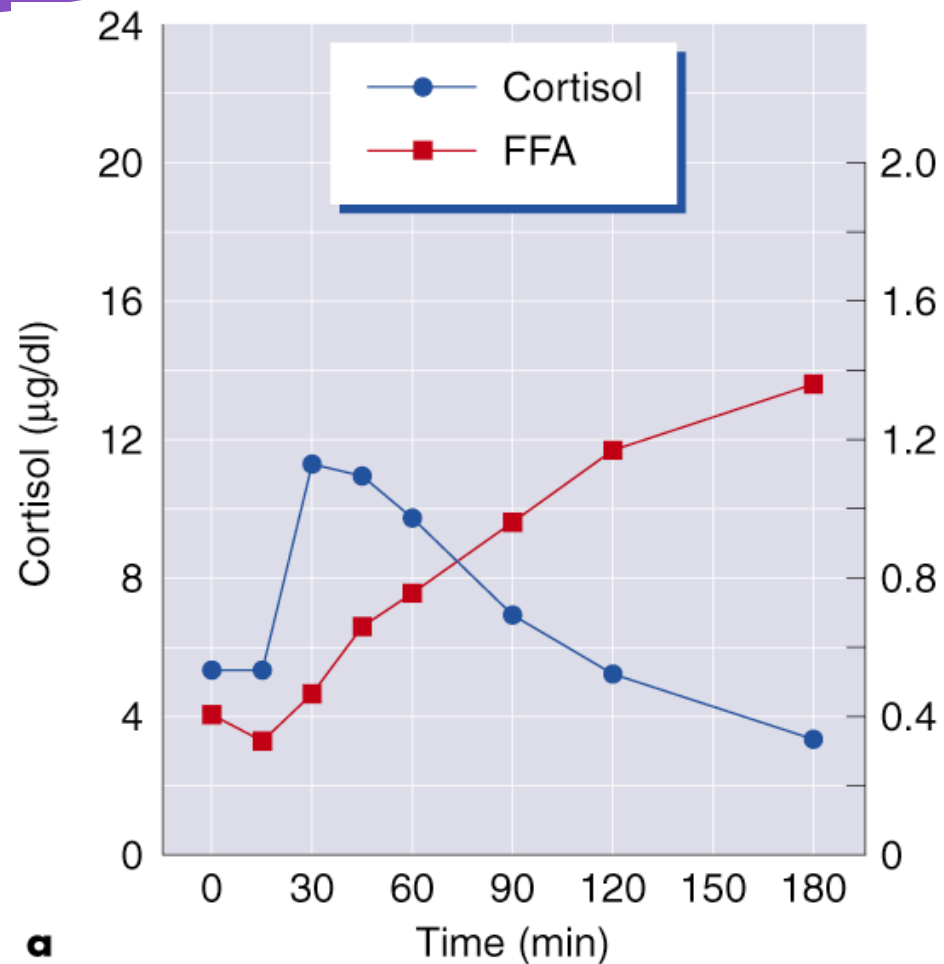
↑ produkce glukagonu (10-30 min od začátku cvičení)  
↓ produkce inzulínu

Dále také ↑ produkce endorfinů a enkefalinů

# okagon během



# Změna hladiny hormonů během cvičení na 65 % VO<sub>2</sub>max



| Hormon                       | Účinek   | Při zatížení |
|------------------------------|--|--------------|
| Katecholaminy                | Met. cukrů a tuků  | +            |
| STH – somatotropní h.        | Glykolýza a lipolýza, proteosyntéza                              | +            |
| ACTH a kortizol              | Stimulace kůry nadledvin a aldosteronu                           | +            |
| T3 a T4                      | Zvýšení metabolismu  | +            |
| glukagon                     | Glykogenolýza, lipolýza a glukoneogeneze                         | +            |
| inzulin                      | Utilizace glukózy v bb., proteosyntetický a lipogenetický účinek | -            |
| Vasopresin (ADH)             | Retence vody (snížení diurézy)                                   | +            |
| Renin-angiotensin-aldosteron | Retence Na a vody  | +            |
| Testosteron                  | Metabolismus cukrů a tuků  | +            |

# Po cvičení

- Nutnost nastolit homeostázu
- Důležitá funkce anabolických hormonů
  - Testosteron, STH, tyroxin (T4) a inzulin
- Ale také aldosteron a vasopresin – snižují produkci moči

**TABLE 23.6** Hormones and Their Responses to Endurance Training

| Hormone                                 | Training Response   |
|---|---|
| <b>Hypothalamus–pituitary hormones</b>  |   |
| <i>Growth hormone</i>                   | No effect on resting values; less dramatic rise during exercise   |
| <i>Thyrotropin</i>                      | No known training effect  |
| <i>ACTH</i>                             | Increased exercise values   |
| <i>Prolactin</i>                        | Some evidence that training lowers resting values   |
| <i>FSH, LH, and testosterone</i>        | Trained females have depressed values; reduced testosterone in males (testosterone levels may increase in males with long-term resistance training) |
| <b>Posterior pituitary hormones</b>     |   |
| <i>Vasopressin (ADH)</i>                | Slightly reduced ADH at a given workload  |
| <i>Oxytocin</i>                         | No research results available   |
| <b>Thyroid hormones</b>                 |   |
| <i>Thyroxine (T<sub>4</sub>)</i>        | Reduced concentration of total T <sub>3</sub> and increased free thyroxine at rest  |
| <i>Triiodothyronine (T<sub>3</sub>)</i> | Increased turnover of T <sub>3</sub> and T <sub>4</sub> during exercise   |
| <b>Adrenal hormones</b>                 |   |
| <i>Aldosterone</i>                      | No training adaptation  |
| <i>Cortisol</i>                         | Slight elevation during exercise  |
| <i>Epinephrine and norepinephrine</i>   | Decreased secretion at rest and at the same absolute exercise intensity after training  |
| <b>Pancreatic hormones</b>              |   |
| <i>Insulin</i>                          | Increased sensitivity to insulin; normal decrease in insulin during exercise greatly reduced with training  |
| <i>Glucagon</i>                         | Smaller increase in glucose levels during exercise at absolute and relative workloads   |
| <b>Kidney enzyme and hormone</b>        |   |
| <i>Renin and angiotensin</i>            | No apparent training effect   |

- Tréninková hormonální adaptace

| Hormon                                       | změna | účinek  |
|--|-------|---|
| <b>Adenohypofyzární hormony</b>              |       |   |
| růstový (STH)                                | 0+    | klid beze změny, dlouhodobý stres +   |
| tyreotropní (TSH)                            | 0     | není známý tréninkový efekt   |
| adrenokortikotropní (ACTH)                   | +     | trénink zvyšuje zátěžové hodnoty  |
| prolaktin (PRL)                              | -     | trénink snižuje klidové hodnoty   |
| folikulstimulující (FSH) a luteinizační (LH) | -     | ženy vytrvalkyně snižené hodnoty  |
| <b>Neurohypofyzární hormony</b>              |       |   |
| vasopresin (ADH)                             | -     | trénink mírně snižuje hladinu při dané zátěži                                     |
| oxytocin                                     | 0     | není známý tréninkový efekt   |
| <b>Tyreoidální hormony</b>                   |       |   |
| Tyroxin (T4)                                 | +     | u trénovaných zvýšený obrat při cvičení, zvýšení v klidu                          |
| Trijodtyronin (T3)                           | +     | zvýšený potrénninkový obrat při cvičení   |
| <b>nadledvinkové hormony</b>                 |       |   |
| aldosteron                                   | 0     | bez tréninkové adaptace   |
| Kortizol                                     | +     | u trénovaných lehké zvýšení při cvičení   |
| adrenalin                                    | -     | potrénninkové snížení sekrece v klidu a při stejném zatížení                      |
| noradrenalin                                 | -     | potrénninkové snížení sekrece v klidu a při stejném zatížení                      |
| <b>pankreatické hormony</b>                  |       |   |
| inzulin                                      | +     | zvýšená potrénninková senzitivita receptorů, snížený pokles při cvičení           |
| glukagon                                     | +     | mírné potrénninkové zvýšení glukózy při cvičení                                   |
| <b>pohlavní hormony</b>                      |       |   |
| testosteron                                  | +/-   | zvýšené klidové hodnoty u silových sportovců; snížené klidové hodnoty u vytrvalců |
| estrogeny                                    | -     | snížené klidové hodnoty, zejména vytrvalkyně                                      |
| <b>renální hormony</b>                       |       |   |
| renin  | 0     | bez známého tréninkového efektu   |
| angiotenzinogen                              | 0     | bez známého tréninkového efektu   |
| erythropoetin                                | 0     | bez známého tréninkového efektu   |



# Kazuistiky (práce ve skupině)

Který hormon(y) má souvislost v jednotlivých případech?

1. Silniční cyklistka pojede závod v 30°C horku a má obavy z dehydratace.
2. Vzpěrač si všiml po pravidelném měsíčním tréninku 4x týdně, že došlo k nárustu objemu svalů.
3. Běžkyně na 3000 m si všimla, že poslední kolo (400m) má v závodě vždy rychlejší a má vyšší tepovou frekvenci i v případě, že celý závod běží pocitově na svém maximu.
4. Skokan do výšky před závodem pociťuje zvýšenou TF a tenzi ve svalech.

# Kazuistiky (práce ve skupině)

Který hormon(y) má souvislost v jednotlivých případech?

1. ADH, aldosteron
2. STH, testosteron
3. T3 a T4
4. Adrenalin, noradrenalin, kortizol