

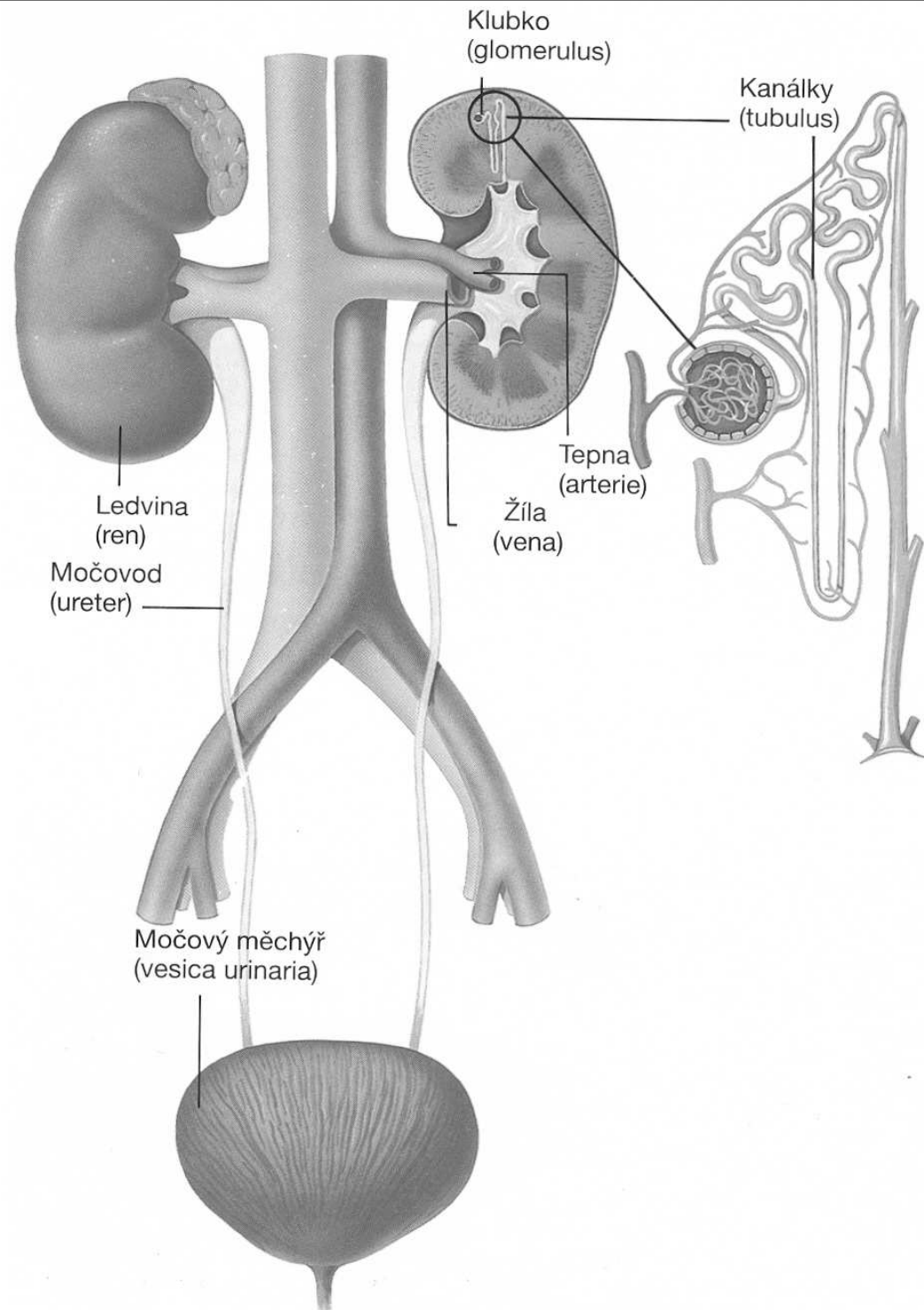
FYZIOLOGIE VYLUČOVÁNÍ

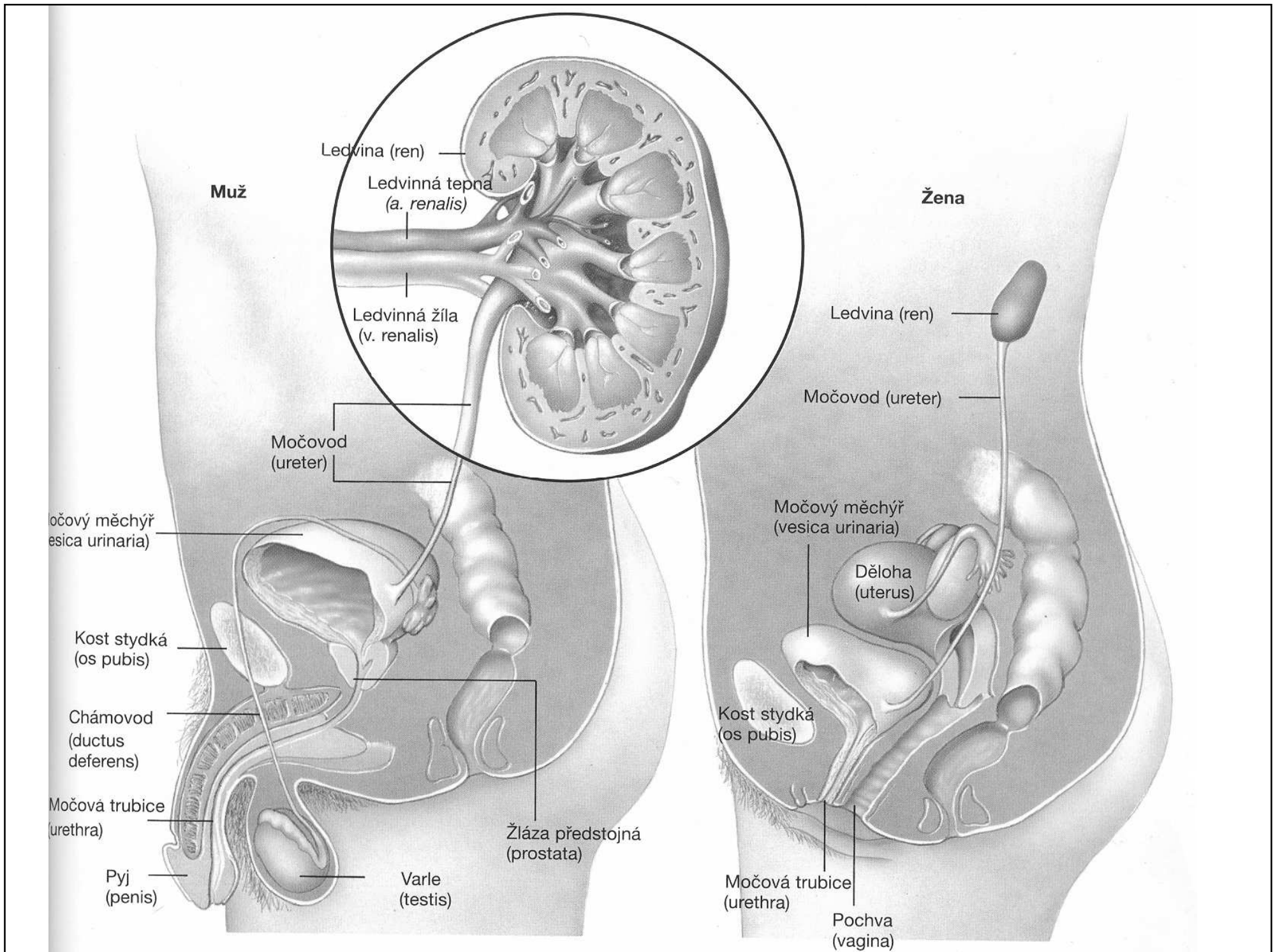
FYZIOLOGIE LEDVIN

TVORBA A VYLUČOVÁNÍ MOČI

PŘEHLED FUNKCÍ LEDVIN

ŘÍZENÍ ČINNOSTI LEDVIN





FYZIOLOGIE LEDVIN

STRUKTURA LEDVIN

KŮRA

glomeruly

proximální tubulus

distální tubulus

DŘEŇ

Henleova klička

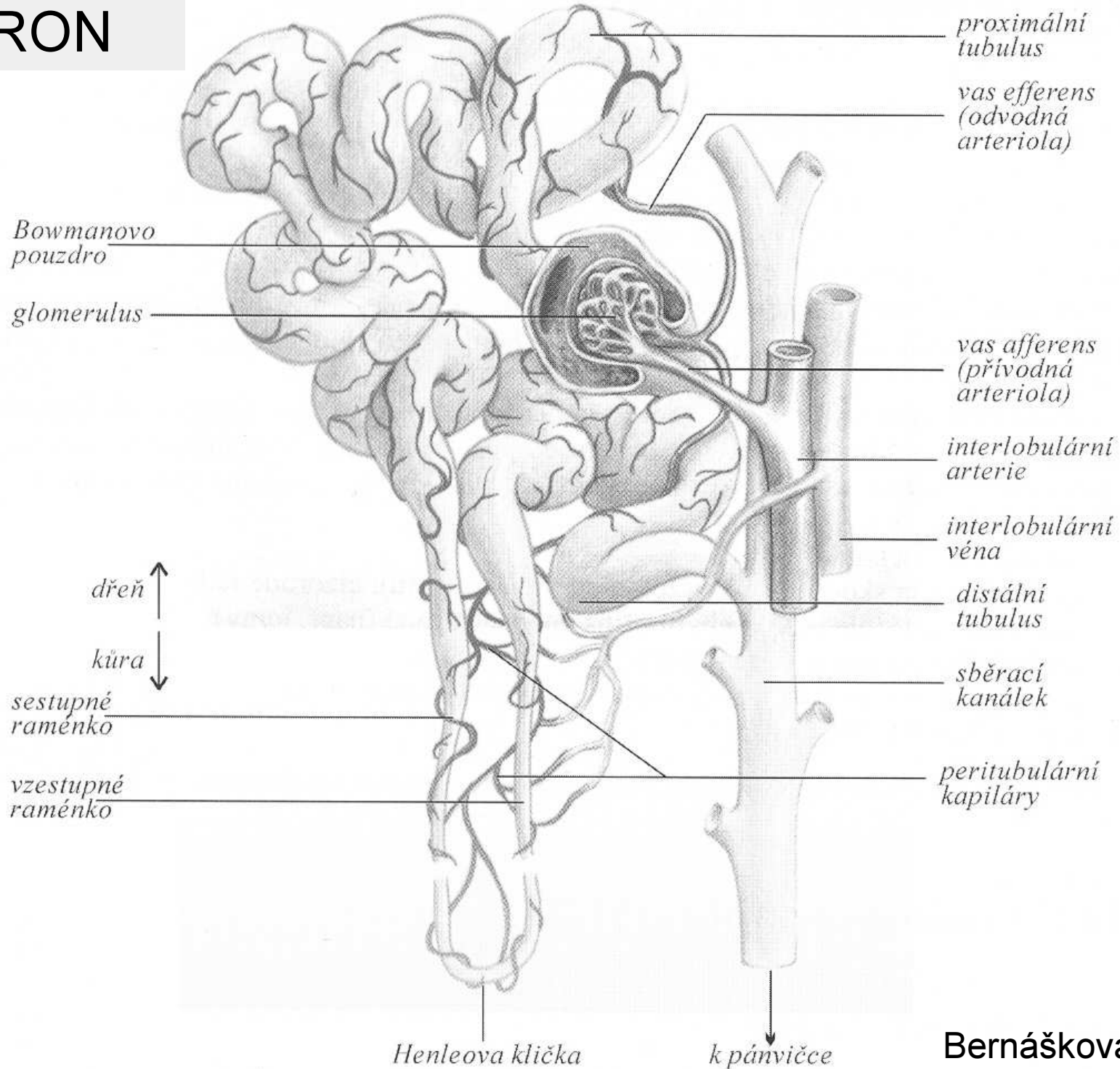
sběrací kanálek

ledvinová pánvička

NEFRON

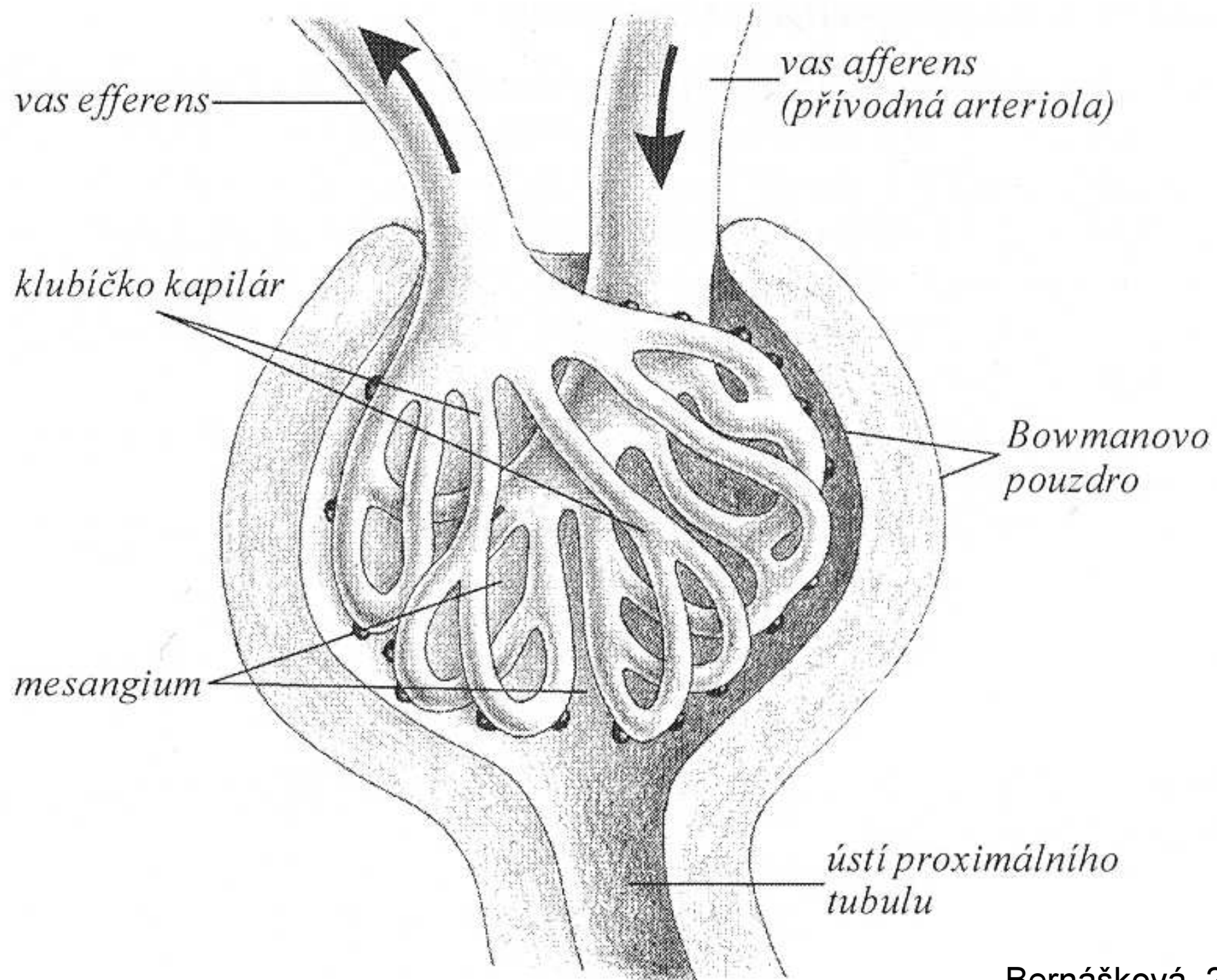
- ledviny mají 2 miliony nefronů
- každý je sám o sobě schopný vytvářet moč

NEFRON



GLOMERULUS

- je tvořen klubíčkem kapilár
- je obalen **Bowmanovým pouzdrém**; mezi dvěma listy Bowmanova pouzdra se filtruje plazma a odtéká do volně navazujícího proximálního tubulu
- **proximální tubulus** je tvořen jednovrstevným epitelem; odehrává se v něm největší část zpětného vstřebávání
- **Henleova klička** je útvaru vlásenky, který navazuje na proximální tubulus; ohýbá se směrem do dřeně a pak se znovu prudce ohýbá o 180° a mění se v vzestupné raménko, plynule přecházející do distálního tubulu
- **distální tubulus** pokračuje směrem k povrchu ledviny a pokračuje jako **sběrací kanálek**, který se znovu zabořuje do dřeně



PRŮTOK KRVE LEDVINAMI

- každá ledvina je zásobena renální arterií, přímo odstupující z aorty; před vstupem do ledvin se renální arterie dělí na 2 až 3 větve, které zasobují hroní, střední a dolní část ledvin
- arterie se v ledvinách dále dělí, až z obloukových arterií odstupují arterie interlobulární, které dávají vznik aferentním arteriolám, přivádějícím krev do glomerulů
- z kapilárního klubíčka glomerulů začínají eferentní arterioly, jež jednak tvoří kapilární síť kolem ledvinných kanálků
- krev se sbírá do interlobulárních vén, odvádějících krev do venae arcuatae a z nich do vén interlobárních; ty se pak spojují do několika kmenů a poté do renálních vén, které vystupují z ledvin

- za minutu proteče ledvinami 1 300ml krve
- za den proteče ledvinami 1 700l krve
- denně se utvoří 170 – 180l ultrafiltrátu (primární moči)
- denně se utvoří 1,5l definitivní moči

- většina krve (80-90%) protéká kůrou ledvin, dřeň je velice málo prokrvená

FUNKCE JEDNOTLIVÝCH ČÁSTÍ NEFRONU

GLOMERULUS

- ultrafiltruje se zde plazma filtrační membránou
- filtračním tlakem zde vzniká z krevní plazmy glomerulární filtr (primární moč)
- glomerulární filtrace závisí na průtoku krve ledvinami (glomerulem), na filtračním tlaku, na onkotickém tlaku plazmy a na velikosti filtrační plochy
- za 24 hod. se vytvoří 170-180l glomerulárního filtrátu
- Vzniklý glomerulární filtrát odtéká do tubulů a stává se tubulární tekutinou, která podléhá dalšímu zpracování

PROXIMÁLNÍ TUBULUS

- některé látky se z těla vylučují jen glomerulární filtrací (např. inulin, kreatinin) a tubuly pouze protékají
- jiné látky se vylučují glomerulární filtrací a tubulární sekrecí
- pouze tubulární sekrecí (amoniak)
- glomerulární filtrací v kombinaci s tubulární resorpcí (močovina, glukóza)
- hlavním úkolem proximálního tubulu je zpětná izoosmotická resorpce množství primární moči; zpětně se resorbuje 75-80% GP; kromě vody se zde vstřebávají ionty, fosfáty, glukóza a aminokyseliny

HENLEOVA KLIČKA

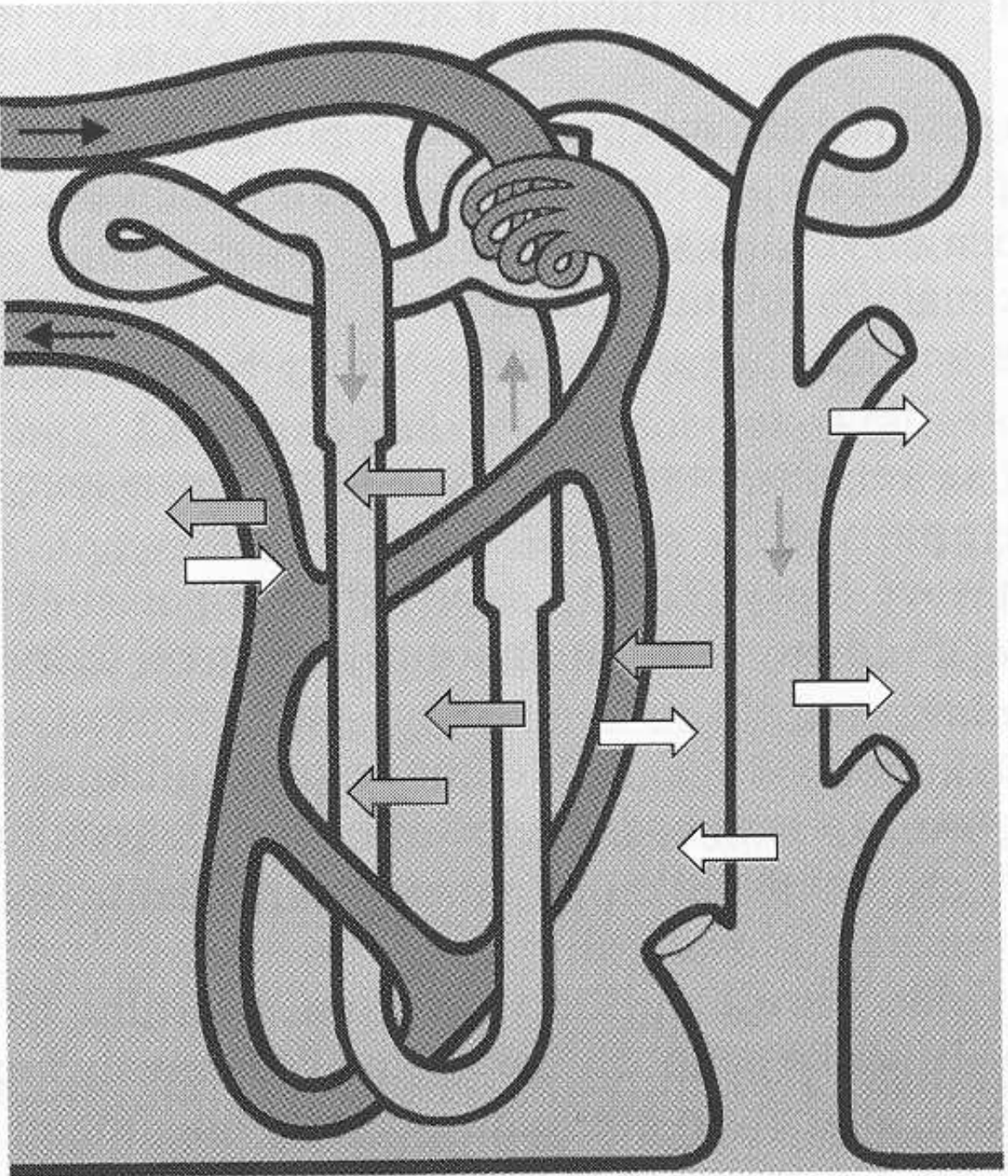
- je uložena mezi proximálním a distálním tubulem ve dřeni
- sestupné raménko Henleovy kličky je volně prostupné pro vodu a ionty, zatímco tlustá část vzestupného raménka je pro vodu neprostupná a má velice aktivní mechanismus ke vstřebávání Na^+ a Cl^- z tubulu do intersticia
- Henleovu kličku provázejí ve dřeni vasa recta, která pomáhají osmotickou stratifikaci udržet; vasa recta mají zvláštní uspořádání: z částí protékající kůrou se postupně oddělují kapiláry a pronikají hlouběji a hlouběji do dřene

DISTÁLNÍ TUBULUS

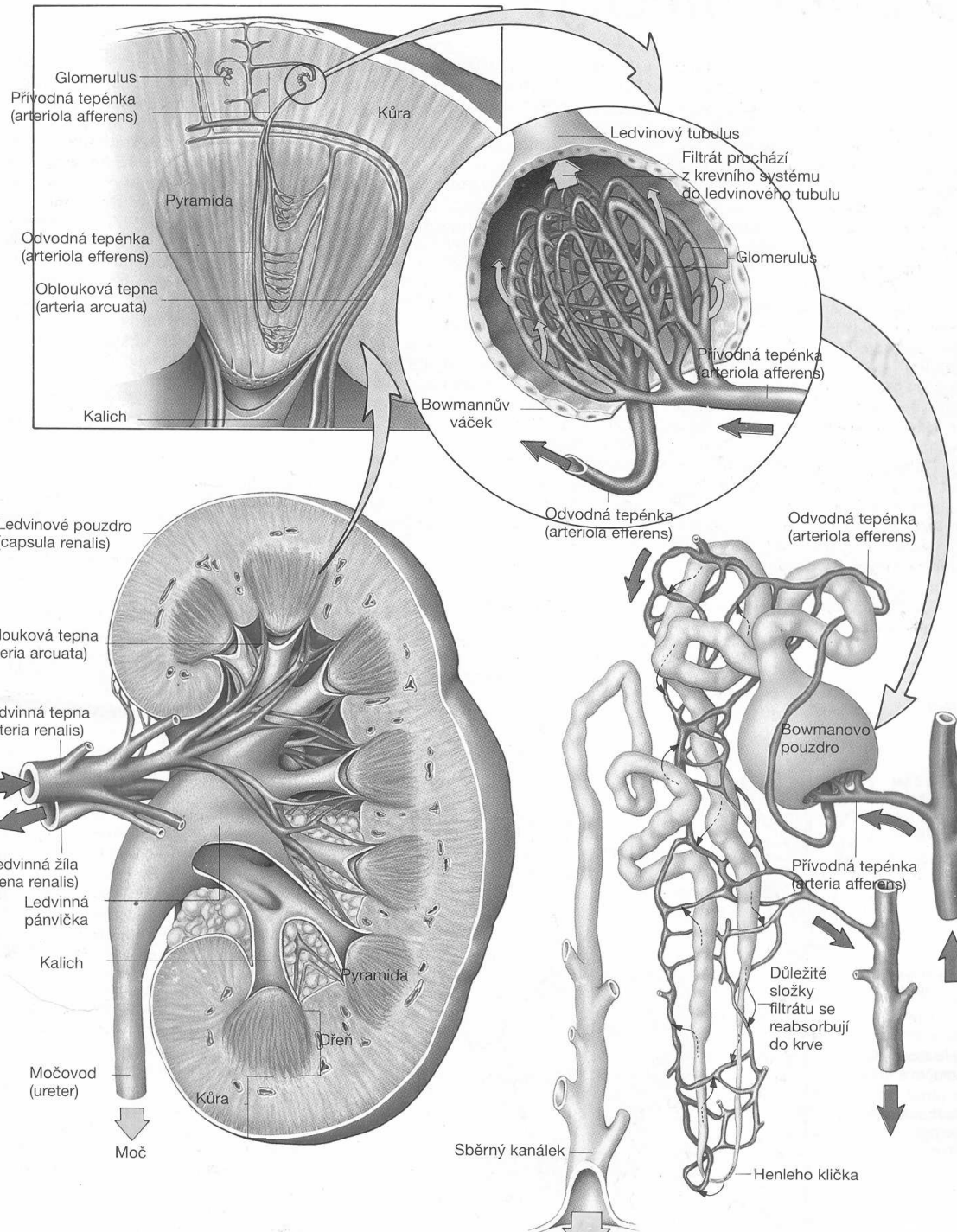
- přitéká sem z Henleovy kličky hypotonická tekutina
- zpětně se tady resorbuje voda na 1% původního objemu glomerulárního filtrátu
- vstřebávají se zde Na^+ , Cl^- , bikarbonáty, fosfáty, K^+ a močovina
- vstřebávání vody a sodíku je řízeno *aldosteronem*, *vazopresinem* a *atriálním natriuretickým faktorem*, který zvyšuje vylučování sodíku
- výsledkem činnosti distálního tubulu je udržování stálého složení ECT

SBĚRACÍ KANÁLKY

- tubulární tekutina se zde upravuje na definitivní moč
- kanálek prochází dřením směrem dolů, a protože je pro vodu prostupný, vystupuje z něj voda po osmotickém gradientu do vysoce koncentrované dřeně a tím se budoucí moč zahušťuje
- velikost prostupnosti vody řídí *aldosteron* a *vazopresin*
- také se aktivně podílejí na pH moči, což souvisí s udržováním homeostázy organismu



Filtrační systém ledvin



PŘEHLED VSTŘEBÁVANÝCH LÁTEK

VODA

HCO_3^-

SODÍK

GLUKÓZA

DRASLÍK

PROTEINY

CHLORIDOVÉ IONTY

TVORBA A VYLUČOVÁNÍ MOČI

DEFINITIVNÍ MOČ

- moč je charakteristicky zápachající, čirá, zlatožlutá kapalina
- pH moči je většinou lehce kyselé, ale může se pohybovat od 4,5 do 8,0

OBSAH MOČI

SODÍK	100-250 mmol/l
DRASLÍK	25-100 mmol/l
CHLOR	135 mmol/l
VÁPNIK	
KREATIN	
AMYLÁZA	
KYSELINA VANILMANDLOVÁ	
KYSELINA MOČOVÁ	
MOČOVINA	

- při normální diuréze se vyloučí 55-70g pevných látek za 24h.
- v moči zdravého člověka nejsou bílkoviny ani glukóza nebo bilirubin

DIURÉZA = množství moči vytvořené za 24 h. (1,5-2 l)

OLIGURIE = snížení množství moči

ANURIE = zástava tvorby moči

POLYURIE = množství vytvořené moči větší než 2 l za den

- diuréza je řízena *antidiuretickým hormonem (ADH)*
- Sekrece ADH může být ovlivněna chladem, alkoholem nebo kofeinem → snižuje se jeho sekrece → zvyšuje se diuréza

VÝVODNÉ CESTY MOČOVÉ

- slouží pouze k odvodu definitivní moči z těla

LEDVINNÉ KALICHY

PÁNVIČKA

MOČOVODY

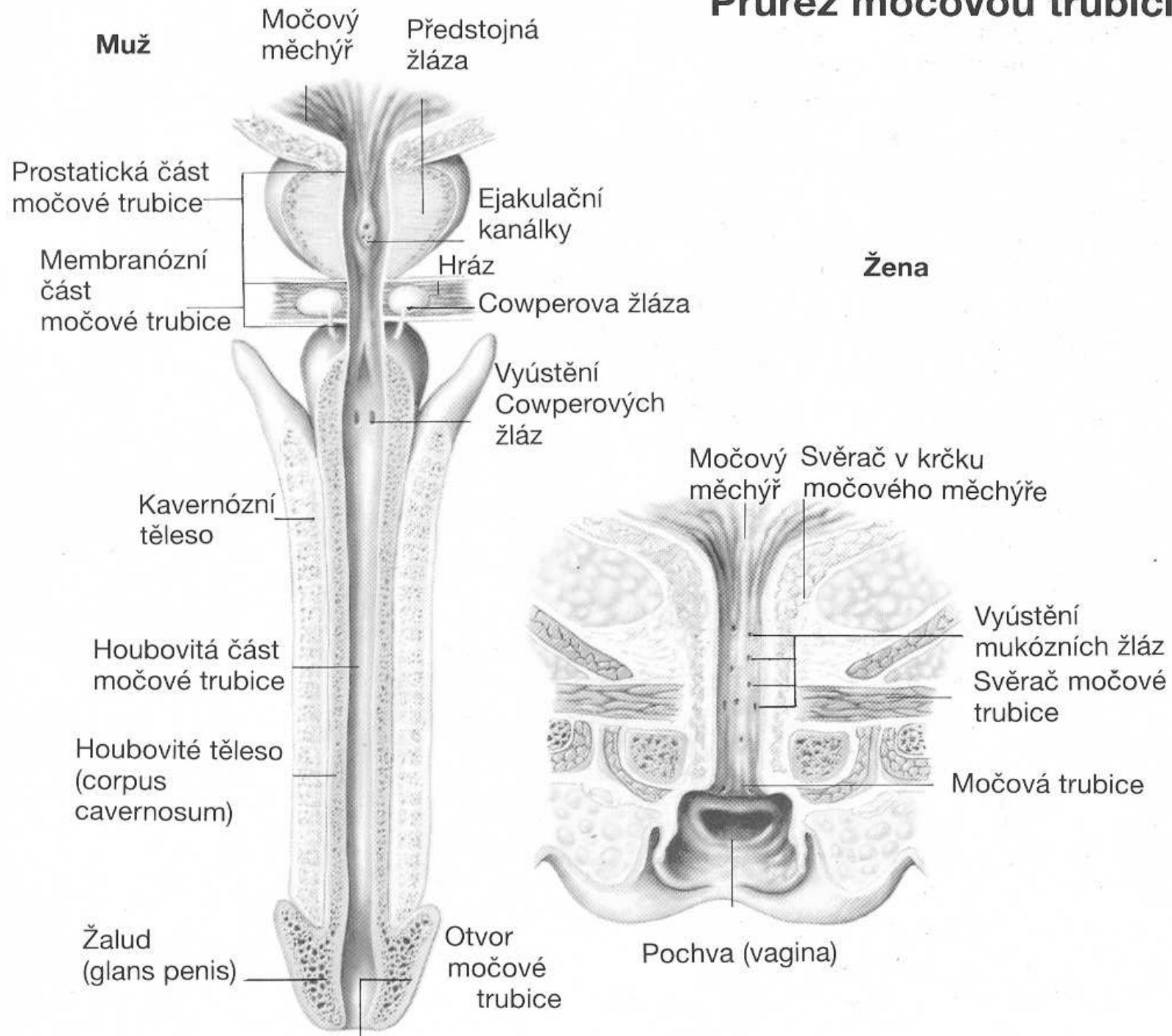
MOČOVÝ MĚCHÝŘ

MOČOVÁ TRUBICE

MOČENÍ = MIKCE

- je proces vyprazdňování močového měchýře
- močový měchýř se postupně naplňuje a až do objemu 200-300 ml se v něm nezvyšuje tlak
- maximální kapacita močového měchýře je 750 ml
- po překročení objemu (300 ml) intravezikální tlak stoupá a vyvolává pocit nucení na močení
- náplň 400 ml vyvolává mikční reflex
- centrum mikčního reflexu je v sakrální míše
- potlačení nebo přerušování mikčního reflexu je u člověka možný, díky protože svěrač i břišní lis jsou ovladatelné vůlí

Průřez močovou trubicí



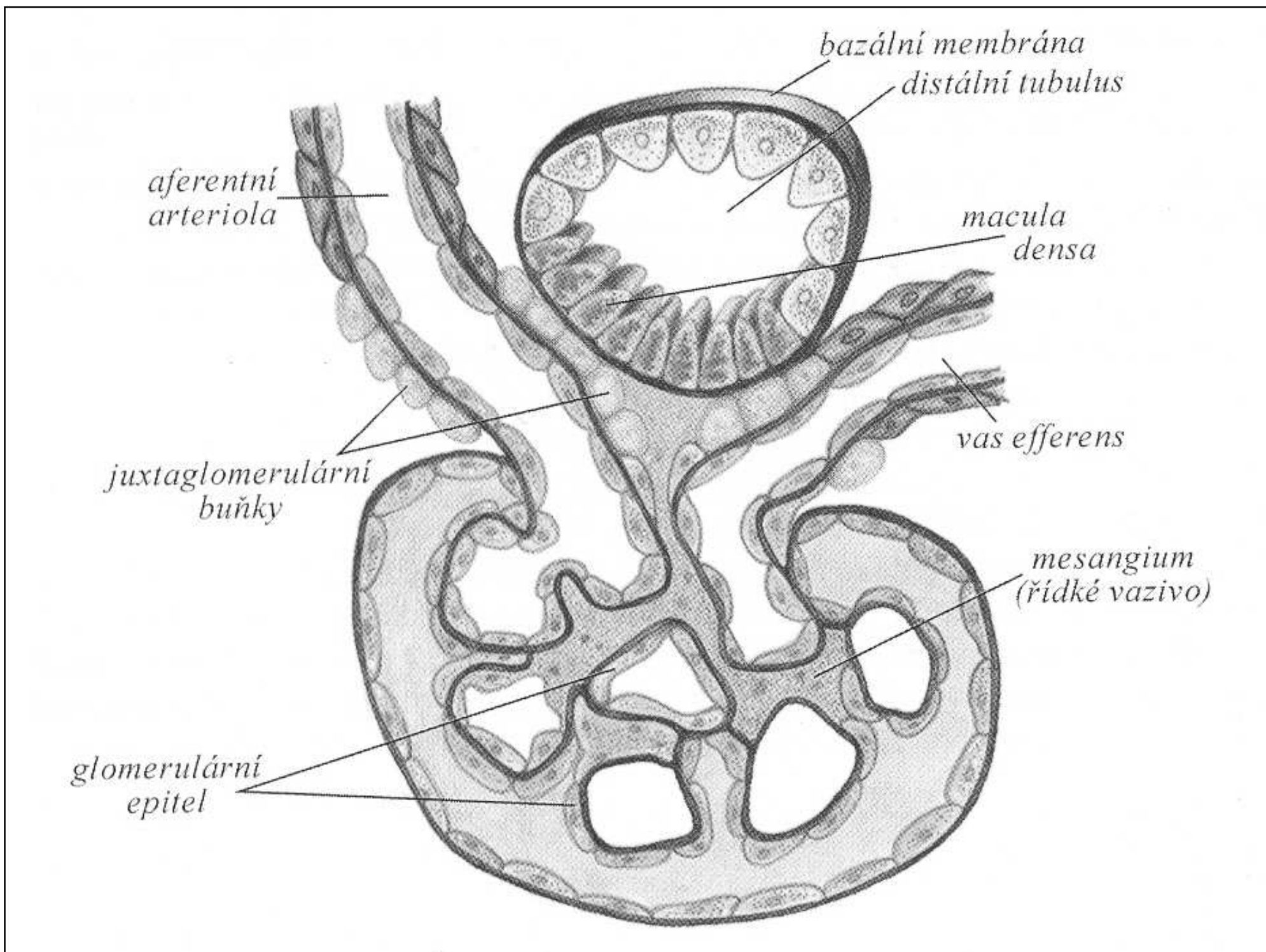
PŘEHLED FUNKCÍ LEDVIN

VYLUČOVACÍ FUNKCE

- do moči se ledvinami vylučují látky, kterých je v těle nadbytek (např. voda, sodík, draslík, fosfáty a vápenaté ionty)
- vylučují se i zplodiny metabolismu, jako se kys. močová, močovina a kreatin

ENDOKRINNÍ FUNKCE

- v místě kde vas afferens a vas efferens naléhá na distální tubulus, se přeměnily svalové buňky v cévách na buňky juxtaglomerulární, schopné sekretovat renin; přiléhající buňky distálního tubulu se změnilly na buňky macula densa: tomuto uspořádání se říká **juxtaglomerulární aparát**
- **renin** je sekretován jako odpověď na snížené prokrvení ledvin, na stimulaci vegetativním systémem nebo na sníženou koncentraci sodíku a chloru v distálním tubulu
- renin je součástí systému renin – angiotenzin – aldosteron, který udržuje složení krevní plazmy a účastní se na regulaci krevního tlaku
- **erythropoetin** vzniká z 90-95% v ledvinách a reguluje tvorbu červených krvinek



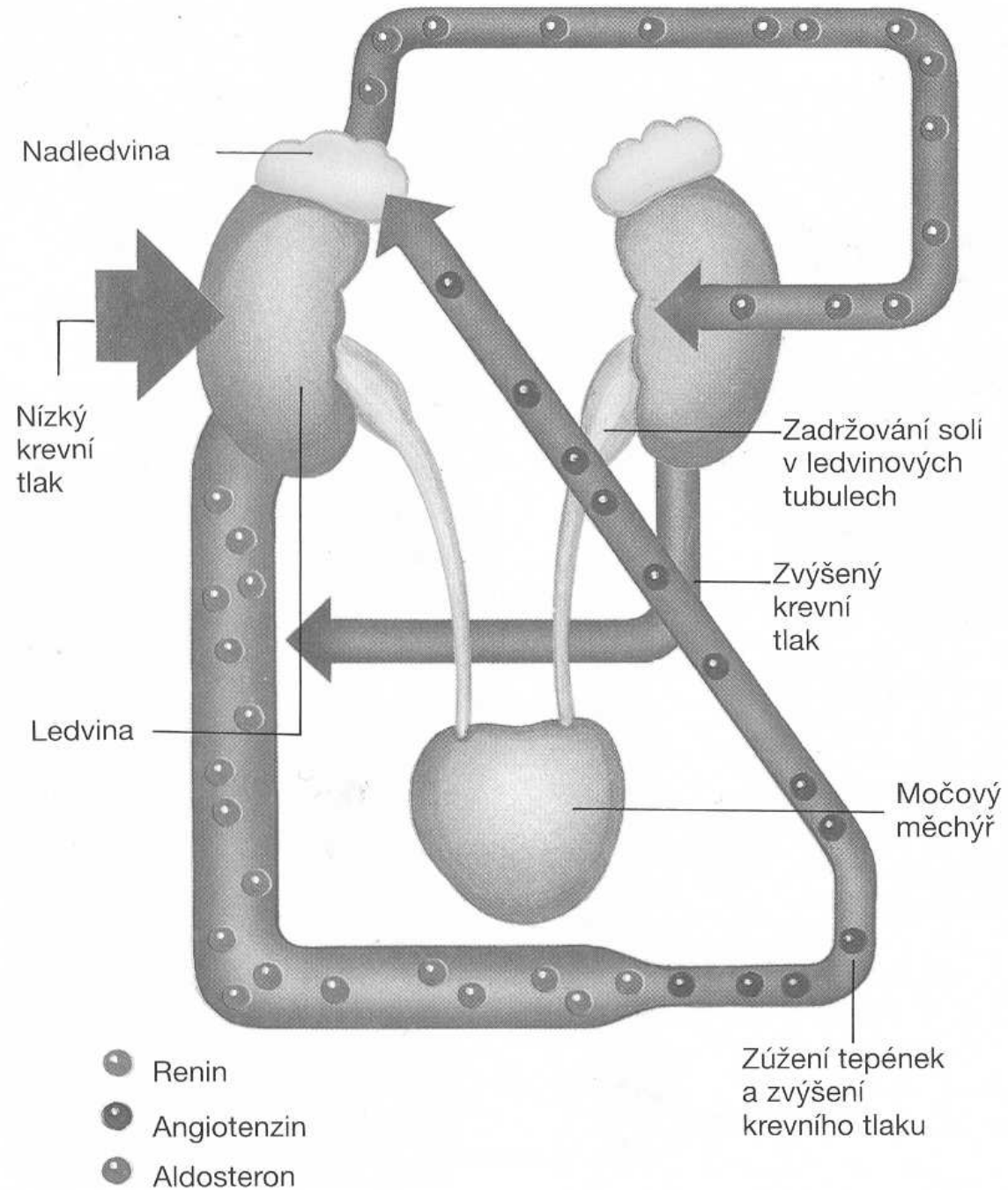
AKTIVACE VITAMÍNU D

- přirozený vitamín D i syntetický podstupují v ledvinách závěrečnou přeměnu na aktivní metabolit **calciterol**
- funkcí vitamínu D je podporovat vstřebávání vápníku a fosfátu ve střevě a v ledvinách a podílet se na řízení metabolismu vápníku v kostech

ŘÍZENÍ OBJEMU KRVE A KREVNÍHO TLAKU

- při zvýšení objemu krve se zvýší srdeční výdej, tím se zvýší arteriální i filtrační tlak v ledvinách; to vede ke zvýšení objemu moči (tlaková diuréza) a snížení cirkulujícího objemu, a proto i snížení arteriálního tlaku
- zvýšený krevní tlak způsobuje výdej atriálního natriuretického faktoru ze srdečních síní, což zvyšuje vylučování sodíku a s ním i vody
- při zvýšeném tlaku se také snižuje sekrece antidiuretického hormonu a reninu

Účinek ledvin na regulaci krevního tlaku



UDRŽOVÁNÍ ACIDOBAZICKÉ ROVNOVÁHY

- do glomerulárního filtrátu je kontinuálně filtrováno velké množství bikarbonátových iontů a do tubulů jsou aktivně sekretovány vodíkové ionty
- změna velikosti výdeje bikarbonátů i vodíkových iontů je úměrná už velice malým změnám v extracelární koncentraci těchto iontů
- při acidóze se vylučuje větší množství H^+ než bikarbonátu, a tím se snižuje acidita ECT, při alkalóze je tomu naopak
- úprava acidobazické rovnováhy ledvinami nastupuje na rozdíl od krevního nárazníkového systému (několik sekund) a dýchacího systému (několik minut) až za několik dní

ŘÍZENÍ ČINNOSTI LEDVIN

ŘÍZENÍ PRŮTOKU KRVE LEDVINAMI

- průtok krve ledvinami je stabilní v rozmezí tlaku krve od 80 do 180 mm Hg aortálního tlaku

stabilita je zajištěna:

- vazomotorická reakce vas afferens a vas efferens a
- působením sympatiku – autoregulace průtoku krve ledvinami
- Na průtok krve ledvinami má vliv také juxtaglomerulární aparát systémem renin-angiotenzin; způsobuje vazodilataci vas afferens a vazokonstrikci vas efferens, což vede ke zvýšení filtračního tlaku

ŘÍZENÍ PRŮTOKU KRVE LEDVINAMI

- tubulární procesy řídí hormony, které zasahují do vstřebávání iontů a vody

ANTIDIURETICKÝ HORMON (ADH) - VAZOPRESIN

- působí na distální tubulus a sběrací kanálek
- podnětem pro jeho vyplavení z neurohypofýzy je vzestup osmolality krevní plazmy, který signalizuje nedostatek ECT v organismu
- po návázání na receptory se velice zvýší zpětná resorpce vody, a tím se sníží množství vylučované moči

ALDOSTERON

- vylučuje se z kůry nadledvin
- reguluje objem ECT prostřednictvím zpětné resorpce Na^+ a vylučování K^+

METABOLISMUS – LÁTKOVÁ PŘEMĚNA

- zahrnuje všechny chemické děje probíhající v organismu

METABOLICKÉ POCHODY

ANABOLICKÉ

KATABOLICKÉ

AMFIBOLICKÉ

ANABOLICKÉ

- vedou ke vzniku nových sloučenin
- živá hmota se syntetizuje de novo a obnovuje, vytvářejí se látky potřebné k řízení (hormony, mediátory, enzymy)
- je k tomu třeba energie, která vzniká při katabolických dějích

KATABOLICKÉ

- rozkladné
- k nim patří např. oxidativní procesy, uvolňující se ze sloučenin volnou energií

AMFIBOLICKÉ

- představují „křižovatku“, na níž se katabolické a anabolické děje scházejí
- např. cyklus kyseliny citrónové – Krebsův cyklus

ENERGETICKÝ METABOLIZMUS

- je metabolismus, ve kterém z chemické reakce energie živin vzniká energie biologická, využitelná v organismu
- živiny procházejí třemi obecnými fázemi chemického zpracování:

ve střevě

v cytoplazmě buněk

v mitochondriích

ve střevě

- hydrolytické reakce přemění složité živiny na jednoduché vstřebatelné složky: jednoduché cukry, aminokyseliny, glycerol a mastné kyseliny

v cytoplazmě buněk tkání

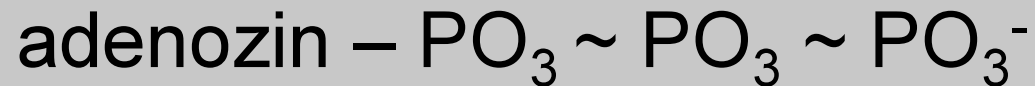
- z glukózy vzniká pyruvát a z mastných kyselin a aminokyselin kyselina acetoctová
- nejsnáze a nejrychleji probíhají chemické reakce vycházející z přeměny glukózy, navíc už při těchto reakcích vzniká volná energie

v cytoplazmě buněk tkání

- pyruvát a kys. acetocotvá jsou dále odbourávány na společný meziprodukt – acetylkoenzym A (Acetyl-CoA), ten pak vstupuje do cyklu kys. citrónové a dýchacího řetězce
- dochází v něm k úplné oxidaci za vzniku energie, která je využita k syntéze ATP a konečných produktů (H_2O a CO_2)

ATP - ADENOZINTRIFOSFÁT

- tvoří se v mitochondriální matrix za přítomnosti enzymů a kyslíku (dýchací řetězec)
- je to sloučenina obsahující vazby s vysokým obsahem využitelné energie, které se snadno štěpí a energii uvolňují



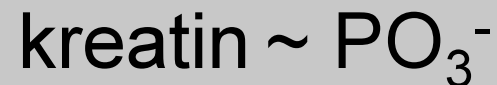
~ vysoce energetické (makroergní) fosfátové vazby

- každá z vazeb váže za standardních podmínek 7300 kalorií (30,6 kJ)
- jestliže je jedna fosfátová vazba rozštěpena, přemění se ATP na ADP a uvolní se 7300 kalorií, které mohou být využity např. ke svalové kontrakci
- ADP může být dále štěpeno na AMP za dalšího uvolnění energie

- ATP je bezprostředním zdrojem energie, ale množství ATP ve svalu vystačí pouze na pár vteřin
- z toho vyplývá, že molekuly ATP musí být v metabolismu neustále vytvářeny

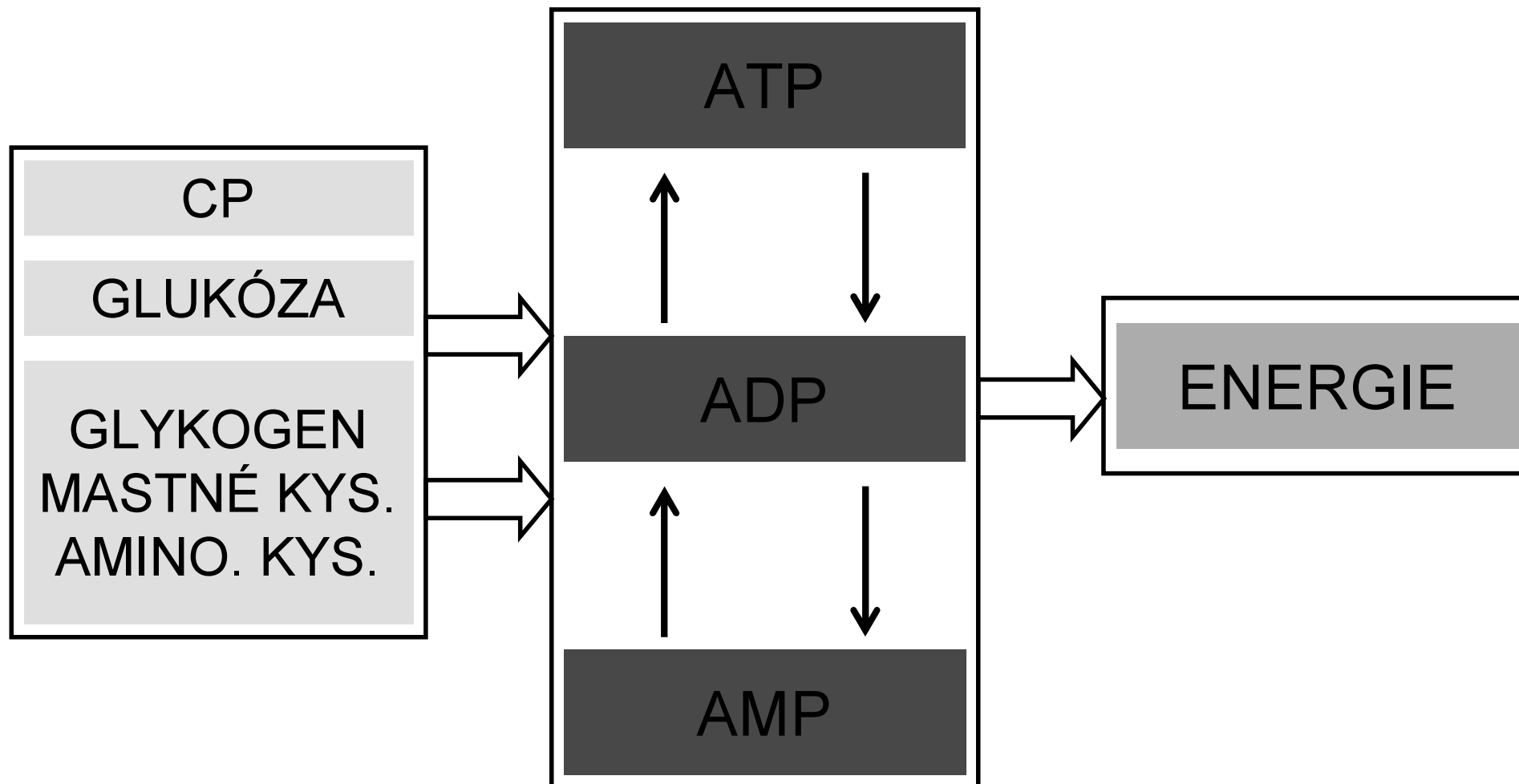
CP - KREATINFOSFÁT

- je další molekulou obsahující makroergní vazbu

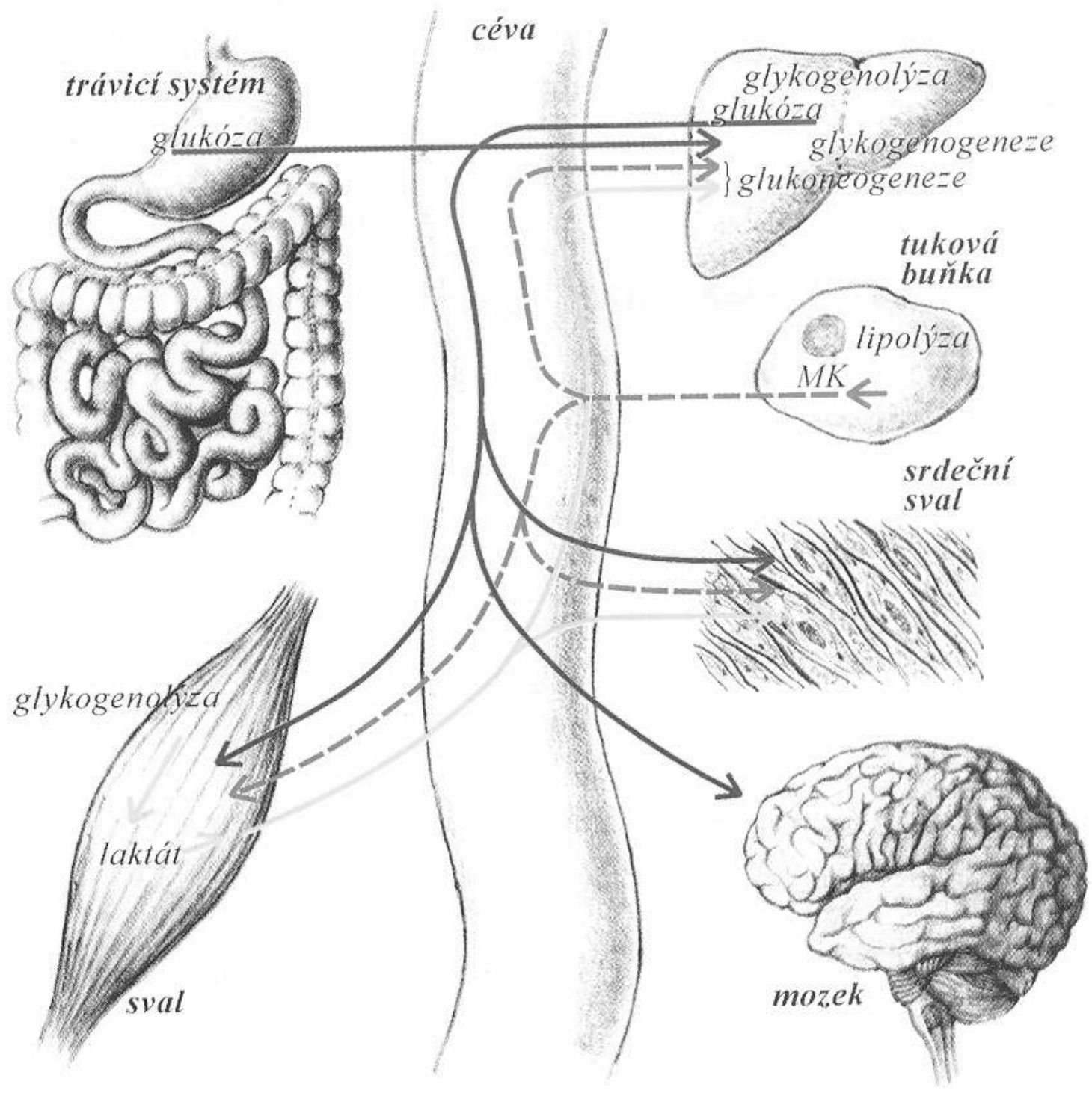


- při rozštěpení na kreatin a fosfátový iont se uvolní větší množství energie než při rozštěpení vazby ATP (10 300 kalorií)
- ve svalu je kreatinfosfátu poměrně velké množství (asi 5x víc než ATP), proto kreatin fosfát slouží jako zásoba energie

PŘEMĚNA ŽIVIN



- při nadbytku ATP se glykogen buď neštěpí, nebo se štěpí pomaleji a ATP se přechodně ukládá ve formě CP
- CP působí jako nárazník: při nadbytku ATP se ukládá a za nedostatku se uvolňuje
- dalšími zásobami energie pro buňku jsou glykogen a glukóza, mastné kyseliny z tuků jsou méně pohotovými zdroji a jako poslední, nejpomaleji využitelná rezerva slouží aminokyseliny z bílkovin
- v době mezi jídly, po ukončení absorpce živin střevem, se dostávají živiny (cukry, mastné kyseliny a aminokyseliny) do krve ze zásobních zdrojů



METABOLIZMUS

AEROBNÍ

ANAEROBNÍ

- při anaerobních podmínkách tvorba ATP probíhá pouze omezenou dobu
- přeměňují se pouze cukry
- glukóza se metabolizuje na pyruvát a dále se přeměňuje na kyselinu mléčnou (laktát)
- Tento mechanismus vzniku ATP je rychlejší, ale energeticky nevýhodnější: ze stejného množství substrátu vzniká menší množství využitelné energie
- Kyselinu mléčnou částečně využívá jako zdroj energie srdce, ale její hromadění v organizmu posunuje pH tělesných tekutin na kyselou stranu a způsobuje svalovou únavu a bolest

JEDNOTKY ENERGIE

JOULY - J

KILOJOULY - kJ

KALORIE - cal

KILOKALORIE - kcal

$$1 \text{ kJ} = 0,239 \text{ kcal}$$

$$1 \text{ kcal} = 4,19 \text{ kJ}$$

ZPŮSOBY VYJÁDŘENÍ MNOŽSTVÍ ENERGIE, KTEROU TĚLU POSKYTUJÍ RŮZNÉ ŽIVINY

SPÁLENÉ TEPLLO

- je množství tepla vzniklé při úplné oxidaci živin
- měří se přímou kalorimetrií (zjišťuje se množství tepla, jež se uvolní při spálení 1g živiny)
- při trávení se nespalují bílkoviny úplně, dusík se vylučuje v podobě močoviny

Spálené teplo živin	kcal	kJ
CUKRY	4,1	17
TUKY	8,1 – 9,3	38
BÍLKOVINY	5,65	23

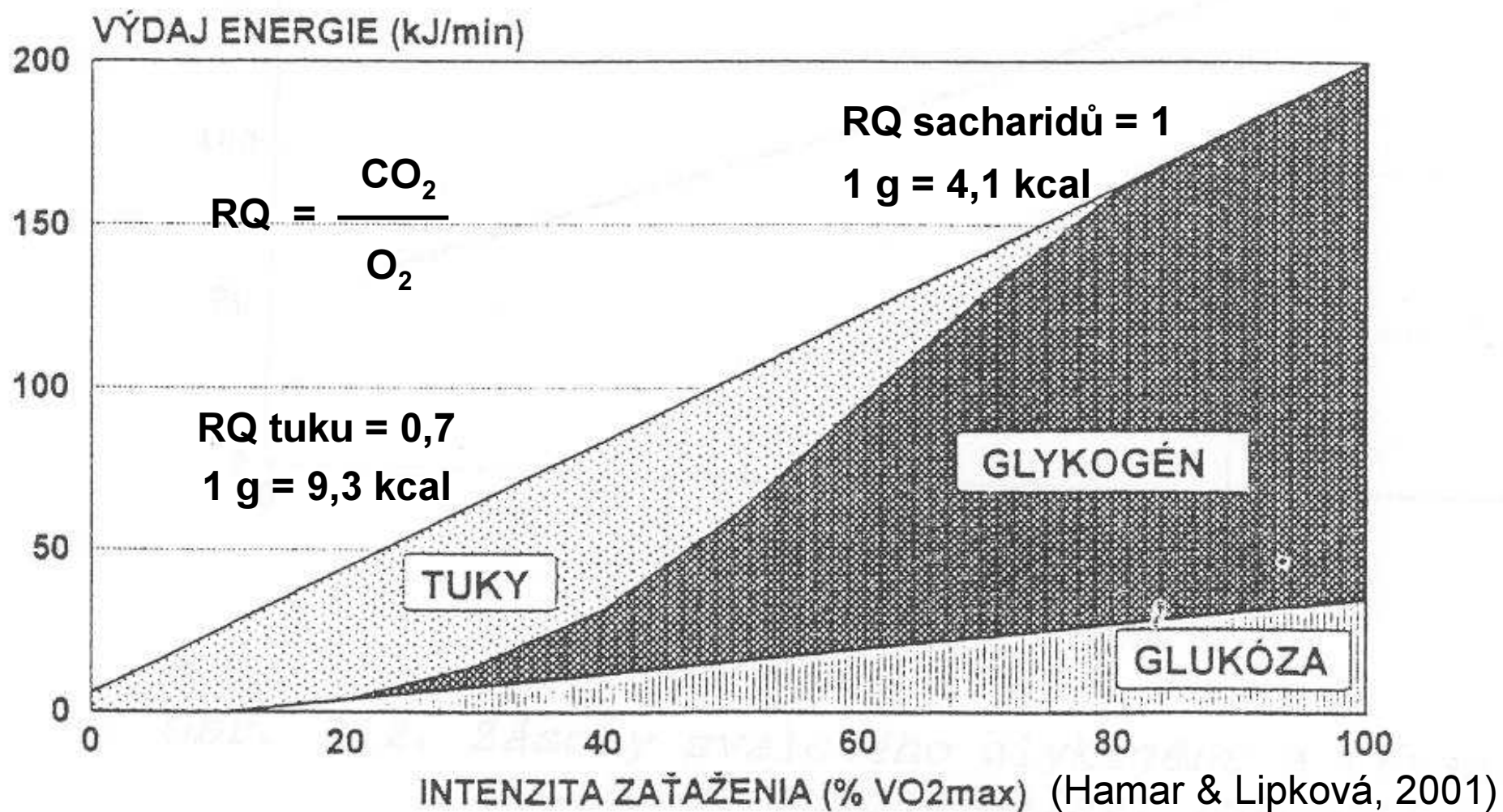
ENERGETICKÝ EKVIVALENT

- je množství tepla, které se uvolní, když se k oxidaci jednotlivých živin spotřebuje 1 litr kyslíku

Energetický ekvivalent živin	kcal	kJ
CUKRY	5,02	21,1
TUKY	4,69	19
BÍLKOVINY	4,40	18

RESPIRAČNÍ KVOCIENT - RQ

= poměr mezi vydýchaným oxidem uhličitým a spotřebovaným kyslíkem



ORGANIZMUS VYUŽÍVÁ ZÍSKANOU ENERGIÍ na:

BAZÁLNÍ METABOLISMUS

TRÁVENÍ A VSTŘEBÁVÁNÍ

SVALOVOU PRÁCI

TERMOREGULACI

BAZÁLNÍ METABOLISMUS

- je to množství energie potřebné k udržení základních, pro život nezbytných funkcí (srdeční akce, dýchání, činnost mozku atd.)
- za bazálních podmínek, tz. v klidu, nalačno a v přiměřeně teplém prostředí
- jeho hodnota je přibližně 300kJ/hod.
- bazální metabolismus je závislý na pohlaví a věku
- dá se za určitých podmínek měřit přímou kalorimetrií
- měření nepřímou kalorimetrií: zjišťuje se množství spotřebovaného kyslíku za časovou jednotku, protože více než 95% energie v těle je uvolňováno aerobně