

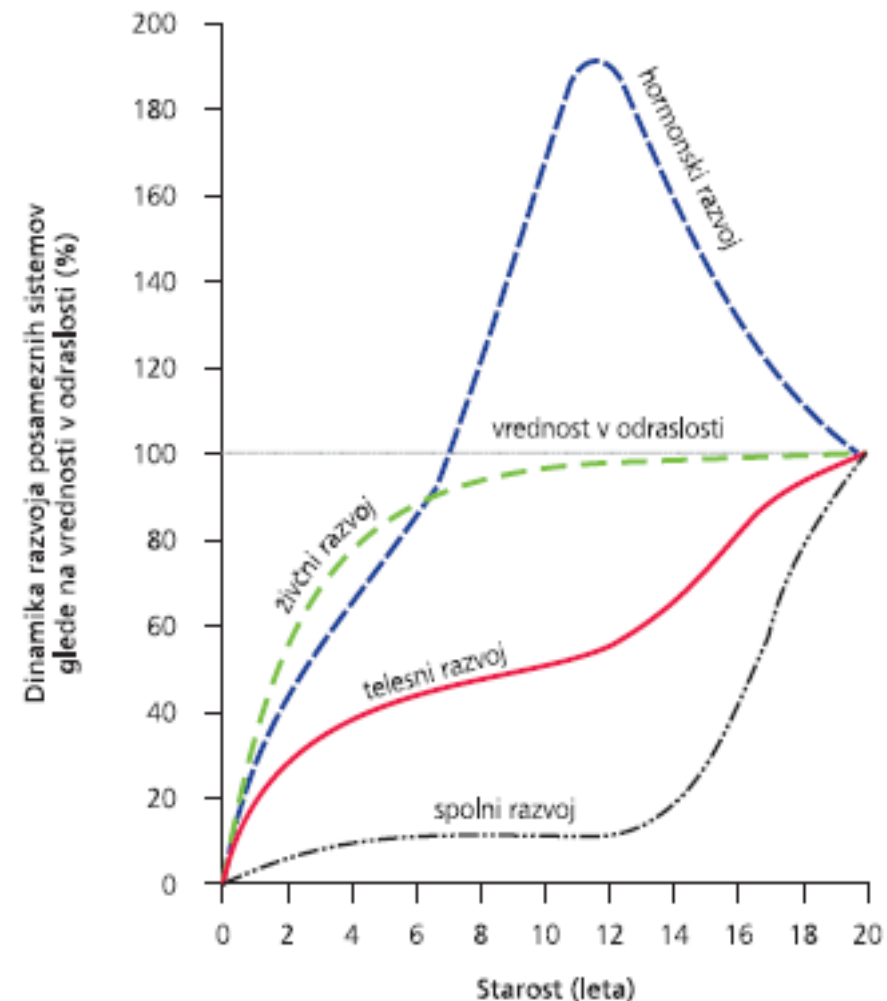
Branko Škof

**KOMPLEKSNOST
BIOLOŠKEGA
RAZVOJA in VPLIV NA
ŠPORTNO VADBO OTROK
IN MLADOSTNIKOV**

FUNKCIJE BIOLOŠKEGA RAZVOJA

(Scammonov model)

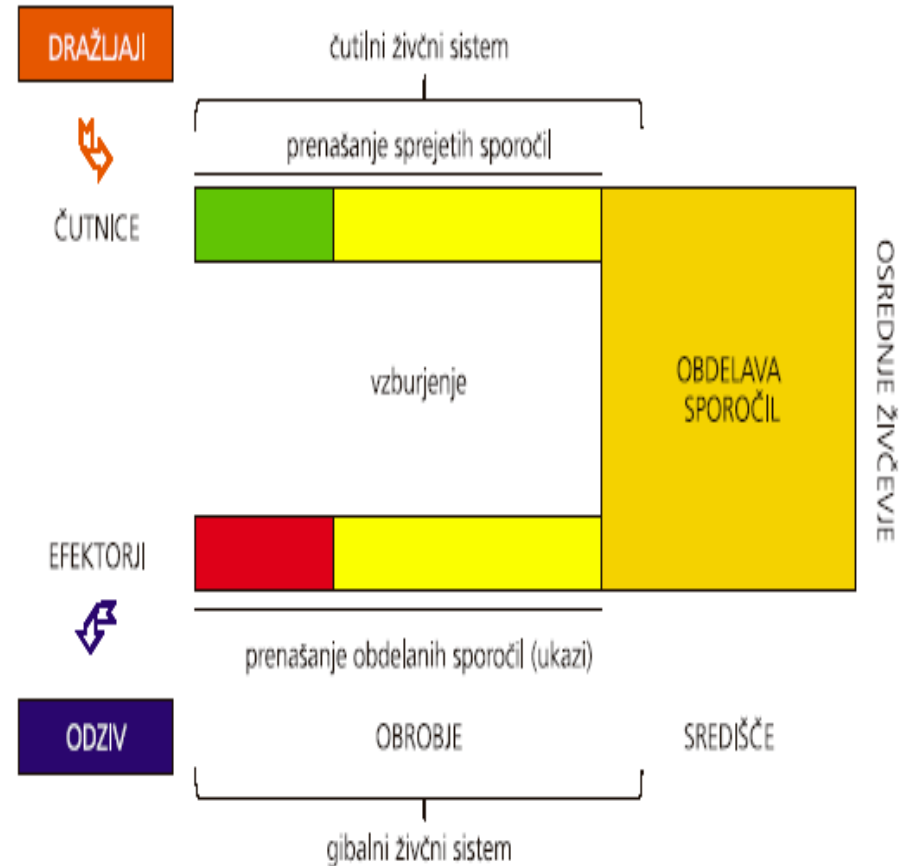
- Razvoj živčnega sistema
- Razvoj endokrinega sistema
- Telesni razvoj
 - Dinamika spreminjanja telesnih dimenzij
 - razvoj kostnega sistema
 - razvoj mišičnega sistema
 - razvoj maščobnega tkiva



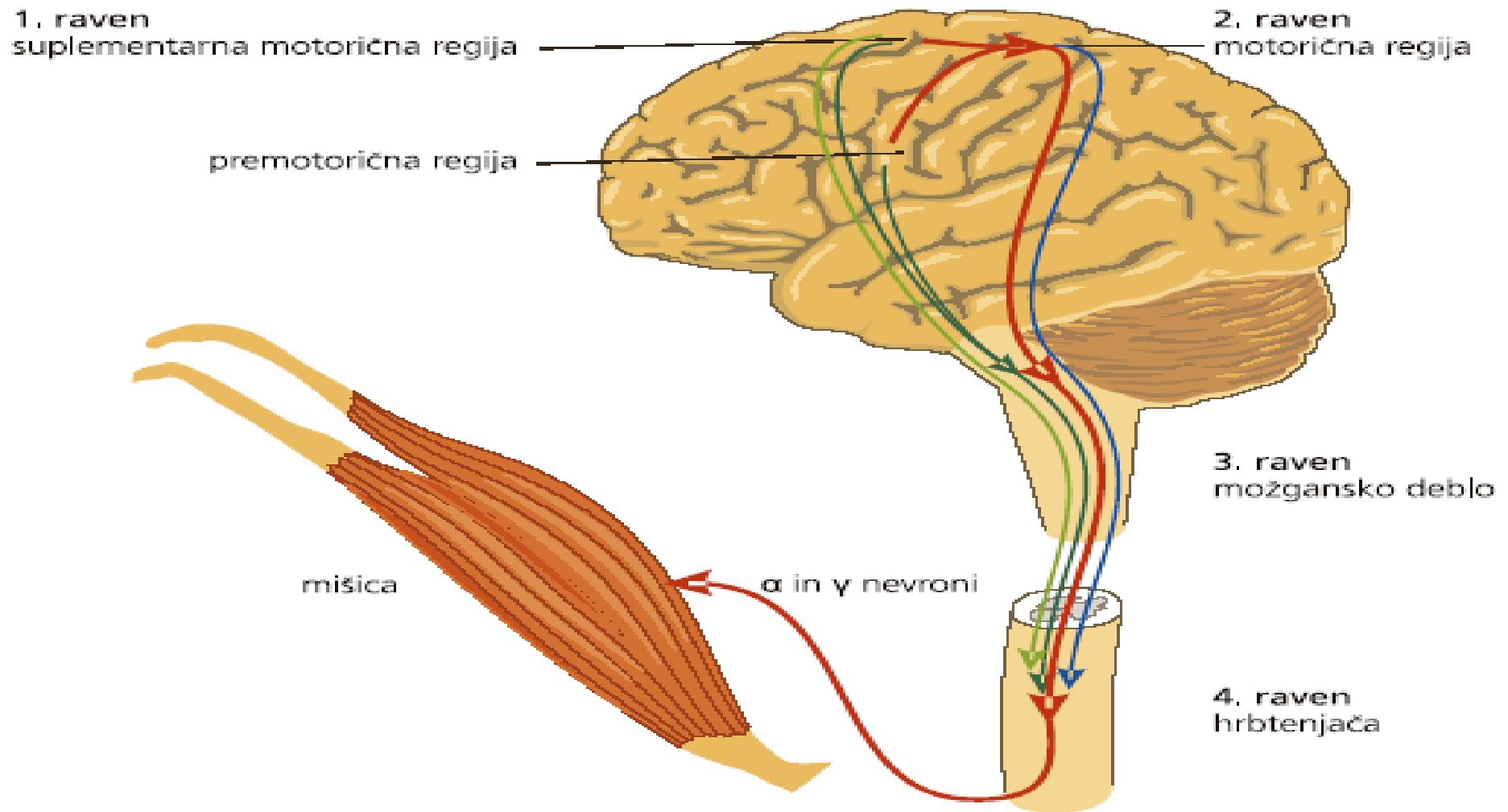
RAZVOJ ŽIVČNEGA SISTEMA IN GIBALNA/ŠPORTNA AKTIVNOST

Funkcionalna urejenost živčevja

- Osrednje živčevje
 - Integracija
 - Priprava odgovorov
 - Shranjevanje podatkov
- Obrobno (periferno) živčevje
 - Beleži inf.
 - Prenajanje inf.



Hierarhična urejenost živčnega sistema



Anatomske - fizične spremembe živčnega sistema skozi obdobje razvoja

- Ob rojstvu možgani tehtajo okrog 300 g (25% vrednosti pri odraslih), pri starosti 2,5 let dosežejo 75% mase odraslih, pri 6. letih pa težo odraslega človeka
- Z rastjo in na osnovi aktivnosti (treninga) se povečuje gostota sinaptičnih povezav - učinkovitost posameznih možganskih struktur
- Proces mielizacije živčnih vlaken se začne že pred rojstvom. Pri nekaterih živčnih poteh je končan že kmalu po rojstvu, pri drugih traja do adolescence (ni zanesljivih podatkov).

Funkcijski razvoj živčnega sistema - povečevanje učinkovitosti gibalnega nadzora

Razvoj kontrole gibanja temelji na dveh principih:

- cefalno - kaudalni
- proksimalno - distalni,

ki tečeta hkrati z razvojem mišičnega tonusa

Zorenje in kakovostno spreminjanje živčevja

- INTEGRACIJA
 - DIFERENCIACIJA
 - RACIONALIZACIJA
-

RAZVOJ ŽIVČNEGA SISTEMA IN MOTORIČNA AKTIVNOST

- **Kakovostno (plastičnost)**
 - **razvejanost nevronske mreže,**
 - **kakovost sinaptičnih povezav,**
 - **mielizacija živčnih poti**
- se živčni sistem razvija skladno s procesi učenja (INTEGRACIJA)

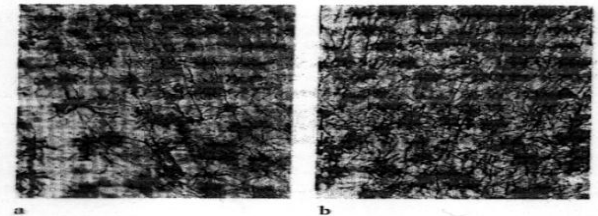
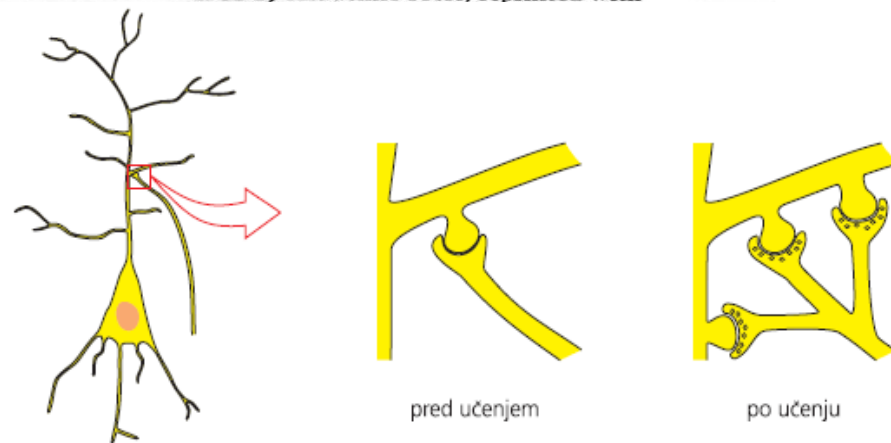
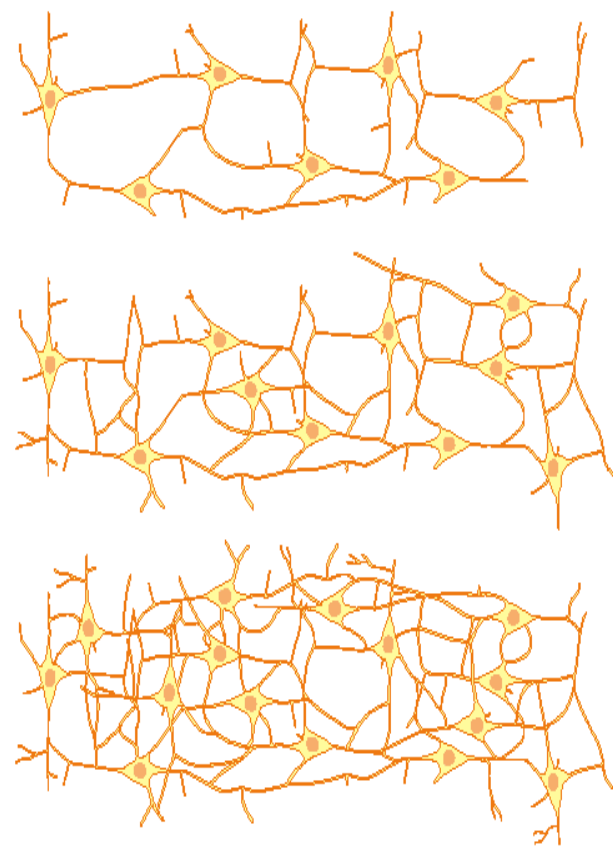
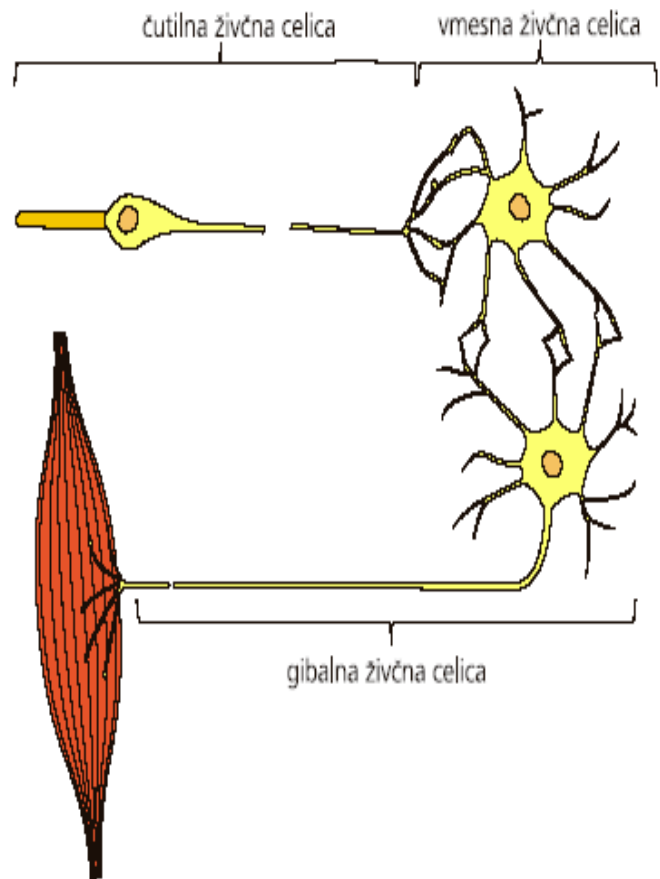


Figure 19.3 Golgi-Cox-stained microscopic sections of the somatosensory cortex of untrained (a) and trained (b) rats. A greater density of synaptic connections is apparent in the trained rats
Source: Spinelli, D.N., Jensen, F.E., & Di Prisco, G.V. (1980), Early experience effect on dendritic branching in normally reared kittens, Experimental Neurology, 62, 1-11. (Copyright 1980 by Academic Press, reprinted with

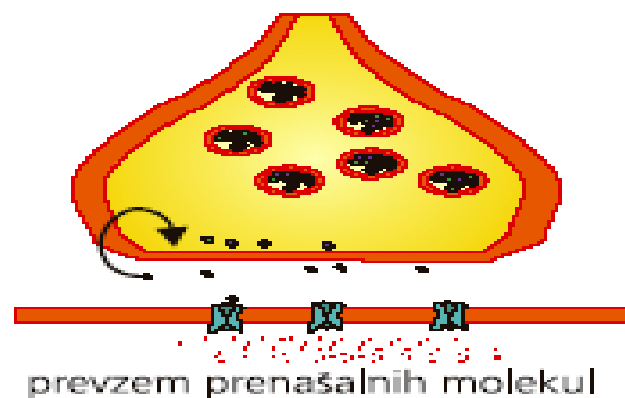
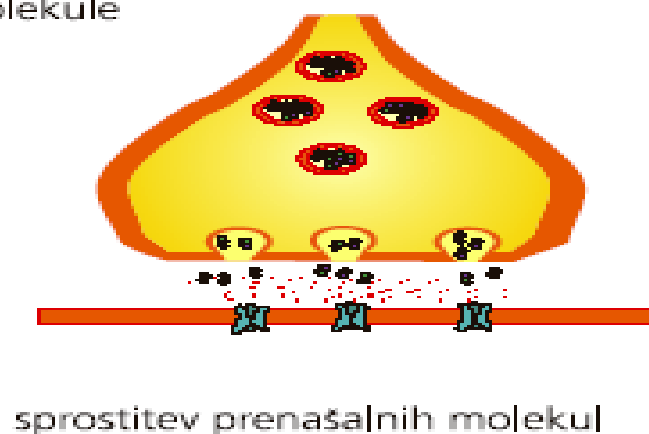
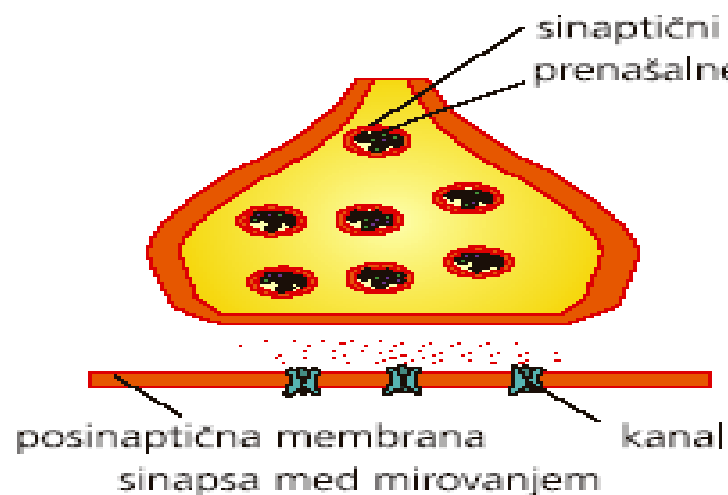


Pri 6. letih možgani dosežejo težo odraslega človeka

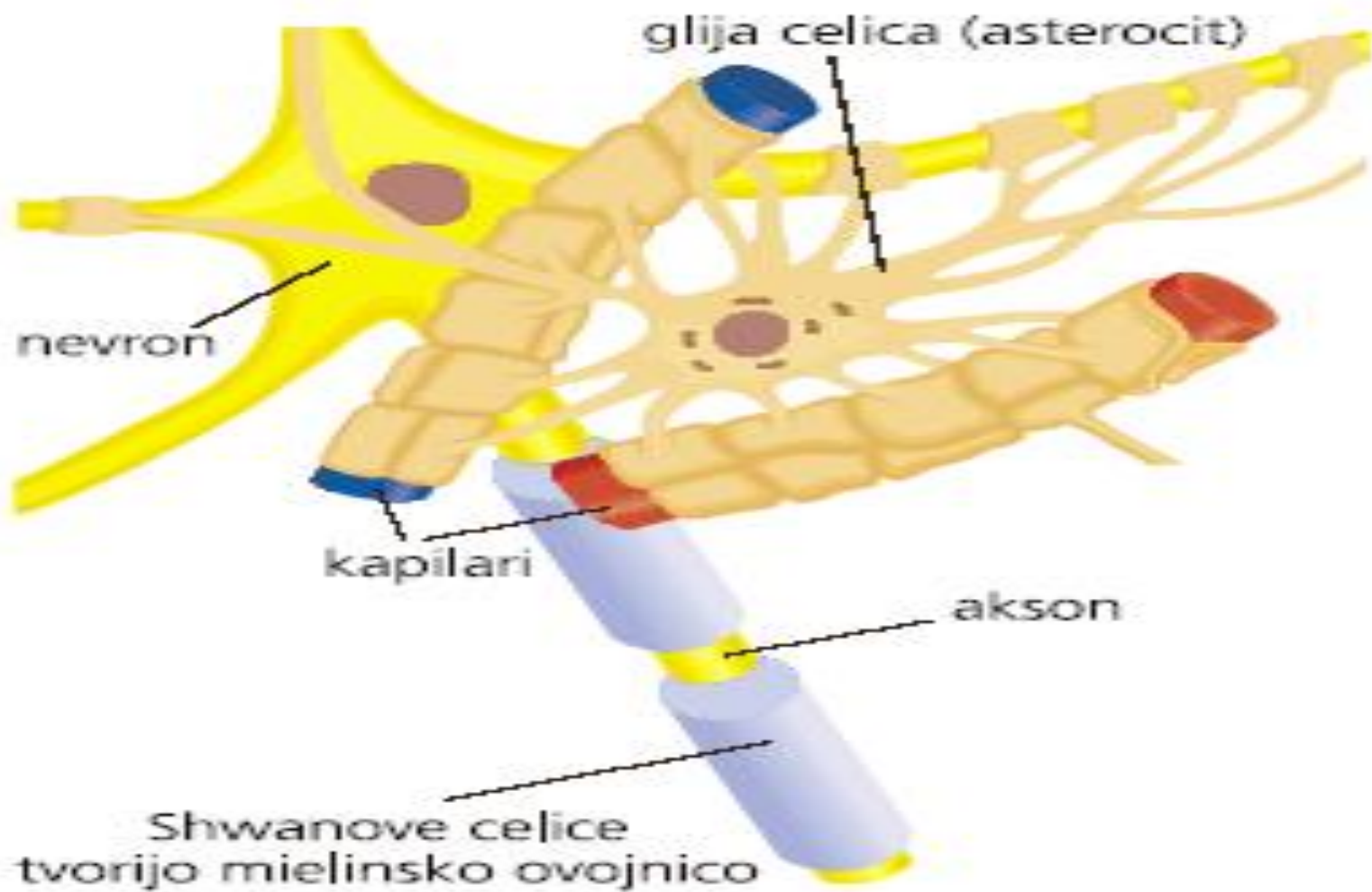
Razvejanost – gostota nevronskih mrež



Razvoj modulatorske sposobnosti sinaps

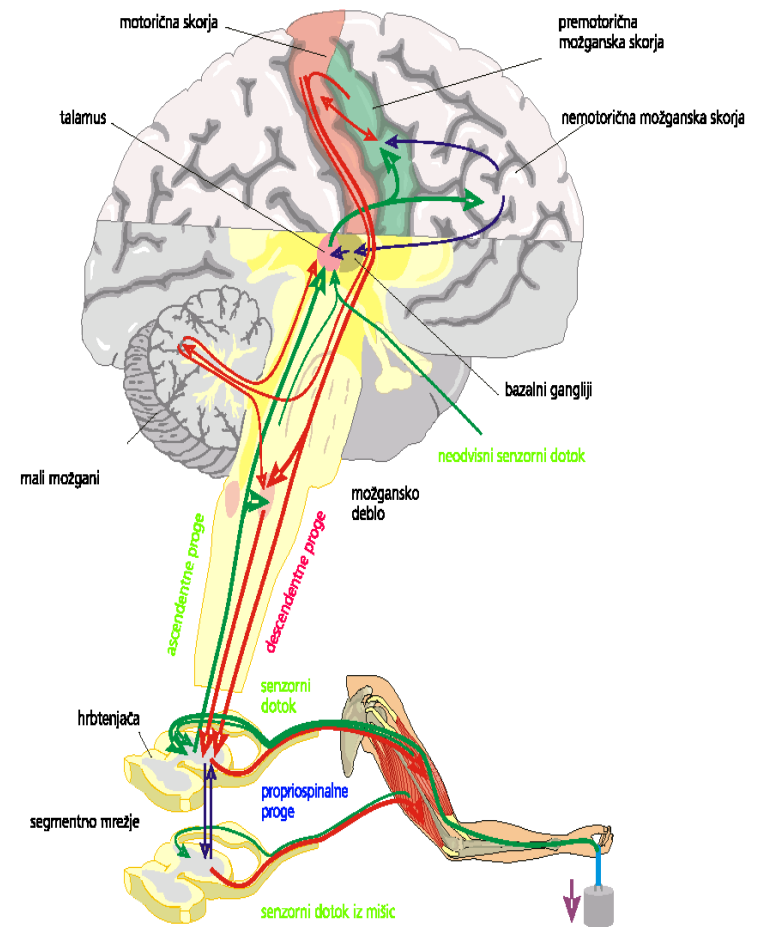


Mielizacija živčnih poti



Faze oblikovanja gibanja

1. zaznava lastnega telesa in okolja, v katerih se izvaja gibanje (receptorski sistem),
2. prenos informacij iz receptorjev v centralni živčni sistem,
3. proces obdelovanja vhodnih informacij in oblikovanje gibalnega odgovora,
4. oblikovanje gibalnega ali centralnega ukaza,
5. gibalna akcija – izvedba gibanja,
6. izvajanje nadzora in korekcija – modifikacija gibanja na osnovi primerjav zahtevanega in opravljenega gibanja,



Slika 9.7 Pretok informacij med posameznimi segmenti ČŽS – oblikovanje gibanja (opis v tekstu)

Spremembe v vidnem senzoričnem sistemu skozi odraščanje

□ mielizacija optičnega živca se konča že v 3. do 4. mesecu

□ ostrina vida za statične, zlasti pa dinamične predmete doseže nivo odraslega človeka šele pri starosti okrog 10 let ([spodnja slika](#)).

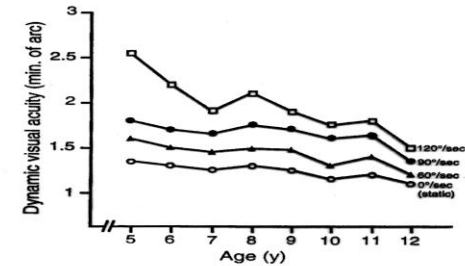


Figure 18.10 Changes in dynamic visual acuity as a function of age and the angular velocity of the target being viewed. The lower the score the better the visual resolution of the moving target which is achieved
Source: Drawn from data reported in Cratty, B.J., Apitzsch, E. & Bergel, R. (1973), *Dynamic Visual Acuity: A Developmental Study*.

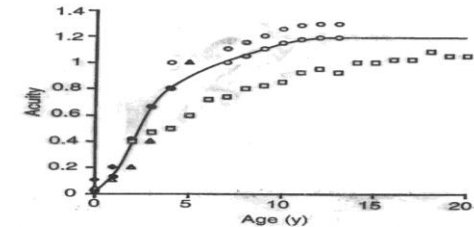


Figure 18.11 Acuity from birth to age 20. Data points are aggregated from eight studies and the average acuity is shown by the continuous line. A value of 1.0 represents average adult acuity
Source: Drawn from data reported in Weymouth, F.W. (1963), *Visual acuity of children* in M.J. Hirsch & R.E. Wick (eds), *Vision of Children*, Chilton, Philadelphia.

Spremembe v kinestetičnem in vestibularnem senzoričnem sistemu skozi odraščanje

- razvoj posameznih reflekov (npr. sesalni) in razvoj kinestetičnih receptorjev je esencialnega pomena.
- Razvijejo se že pred rojstvom, kasneje se dopolnjujejo, nekateri pa odmrejo.

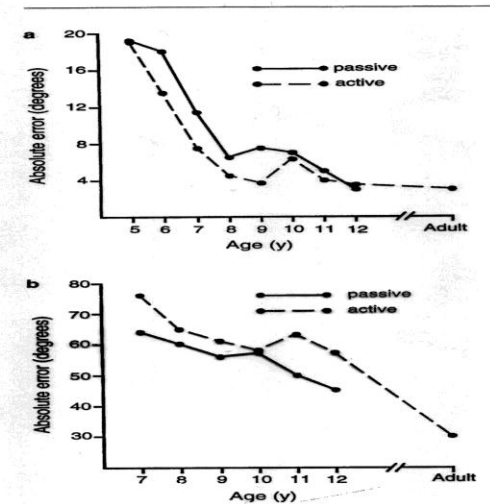


Figure 18.11 Changes in kinesthetic acuity (a) and kinesthetic memory for complex movement patterns (b) as a function of age. Active movements are those controlled by the subject whereas in passive movements the limb is moved to different positions by the experimenter. Source: Bairdow, P.J. & Laszlo, J.I. (1981), Kinesthetic sensitivity to passive movements and its relationship to motor development and motor control, *Developmental Medicine and Child Neurology*, 23, 606-16. (Copyright 1981 by Spastics International Medical Publications, reprinted with permission.)

Sposobnost procesiranja informacij skozi obdobje razvoja

- Zaznavanje okoliščin, v katerih se izvaja gibanje
 - raste z razvojem senzoričnega sistema
 - izboljšuje se razločevanje senzoričnih signalov
 - povečuje se sposobnost integracije različnih senzoričnih inf (učinkovitost senzomotoričnega področja)
-

Sposobnost procesiranja informacij skozi obdobje razvoja

- Oblikovanje prave odločitve
 - reakcijski čas se skrajšuje še tudi v času adolescence (levi graf)
- Organizacija in izvedba gibanja
 - kompleksna gibanja otroci oblikujejo počasneje kot mladi odrasli (desni graf)

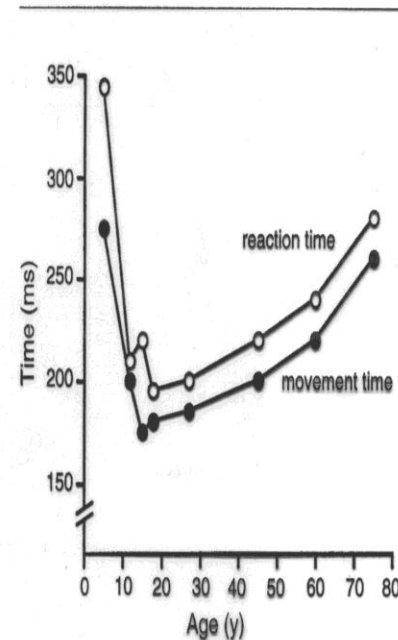


Figure 18.13 Changes in simple reaction time and movement time across the lifespan
Source: Hodgkins, J. (1962), 'Influence of age on the speed of reaction and movement in females', *Journal of Gerontology*, 17, p. 385. (Copyright © 1962 by The Gerontological Society of America;

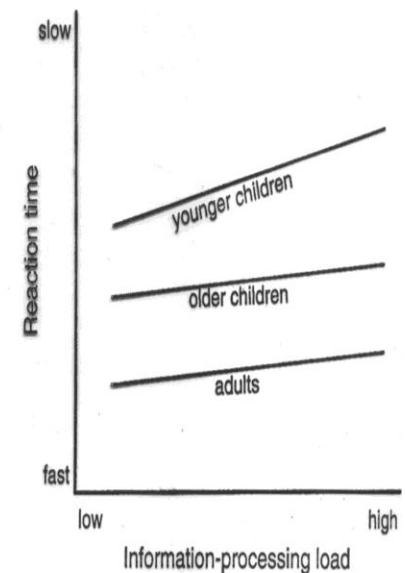


Figure 18.14 Choice reaction time as a function of information-processing load and age
Source: Keogh, J. & Sugden, D. (1985), *Movement Skill Development*, p. 337. (Copyright by Macmillan Publishing Company, 1985.)

RAZVOJ ŽIVČNEGA SISTEMA IN GIBALNA AKTIVNOST

- Zgoden razvoj živčnega sistema mora biti pomembno izhodišče pri oblikovanju treninga mladih
 - oblikovanje gibalnih programov - motorično učenje je lahko učinkovito že v obdobju otroštva (gostota sinaptičnih povezav).

 - Proces mielizacije živčnih poti se zaključi po pubertetnem obdobju in omogoča:
 - intenzivne obremenitve (max hitrost, max. moč) zato mladi v obdobju otroštva in zgodnjem mladostniškem obdobju še nimanjo celovite nevrofiziološke podlage
-

ZAKLJUČEK – RAZVOJ ŽIVČNEGA SISTEMA IN GIBALNA AKTIVNOST

- Zgoden razvoj živčnega sistema omogoča kakovostno vadbo TEHNIKE in razvoja KOORDINACIJE in usvajanja raznovrstnih gibalnih izkušenj.

**ZATO JE UČENJE IN
IZPOPOLNJEVANJE TEHNIKE
GIBANJA DOMINANTNA
VSEBINA ŠPORTNE VADBE V
PREDPUBERTETNEM OBDOBJU**

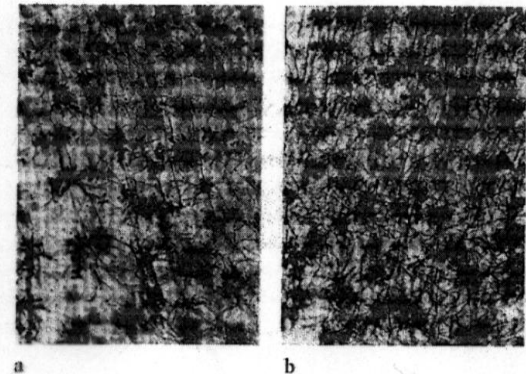


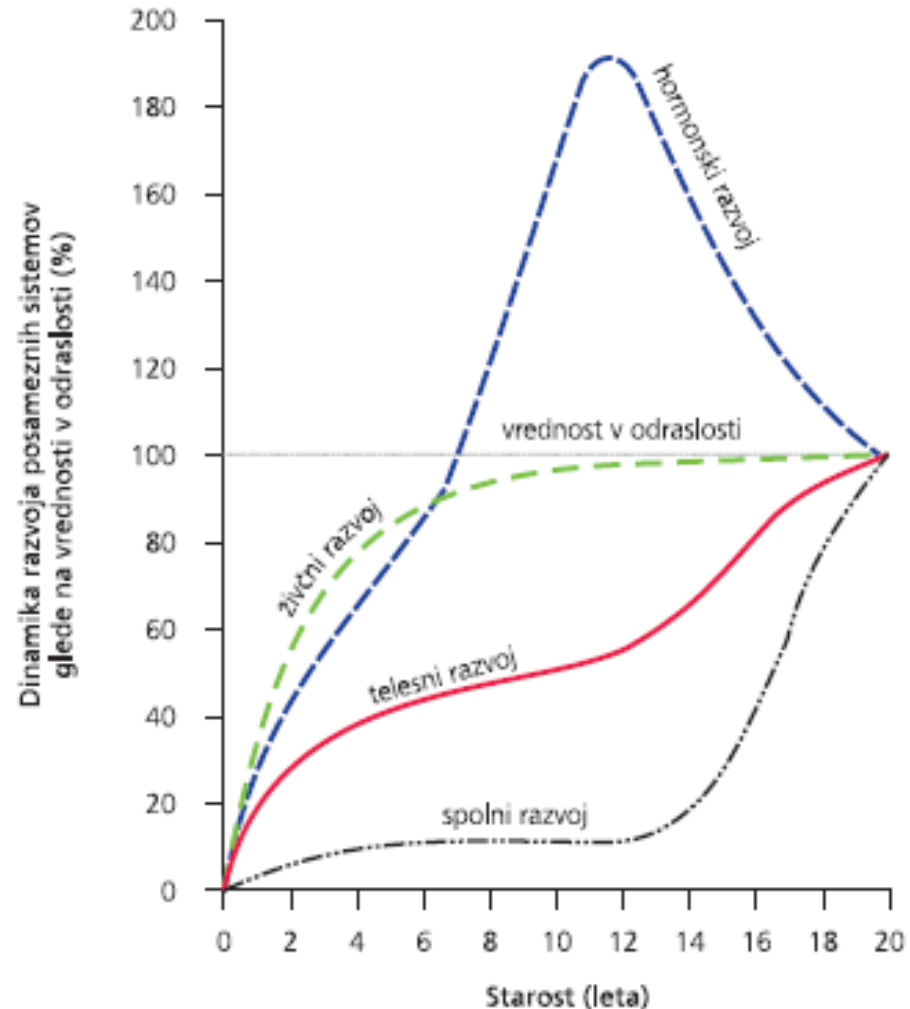
Figure 19.3 Golgi-Cox-stained microscopic sections of the somatosensory cortex of untrained (a) and trained (b) rats. A greater density of synaptic connections is apparent in the trained rats

Source: Spinelli, D.N., Jensen, F.E., & Di Prisco, G.V. (1980), *Early experience effect on dendritic branching in normally reared kittens*, *Experimental Neurology*, 62, 1–11. (Copyright 1980 by Academic Press; reprinted with permission.)

HORMONSKI in SPOLNI RAZVOJ ter ŠPORTNA VADBA

FUNKCIJE BIOLOŠKEGA RAZVOJA (Scammon)

- Razvoj živčnega sistema
- Razvoj endokrinega sistema
- Morfološki razvoj
 - telesne dimenzije
 - dimenzionalnost funkc. sistemov
 - Razvoj kostnega sistema
 - Razvoj mišičnega sistema
 - Razvoj maščobnega tkiva

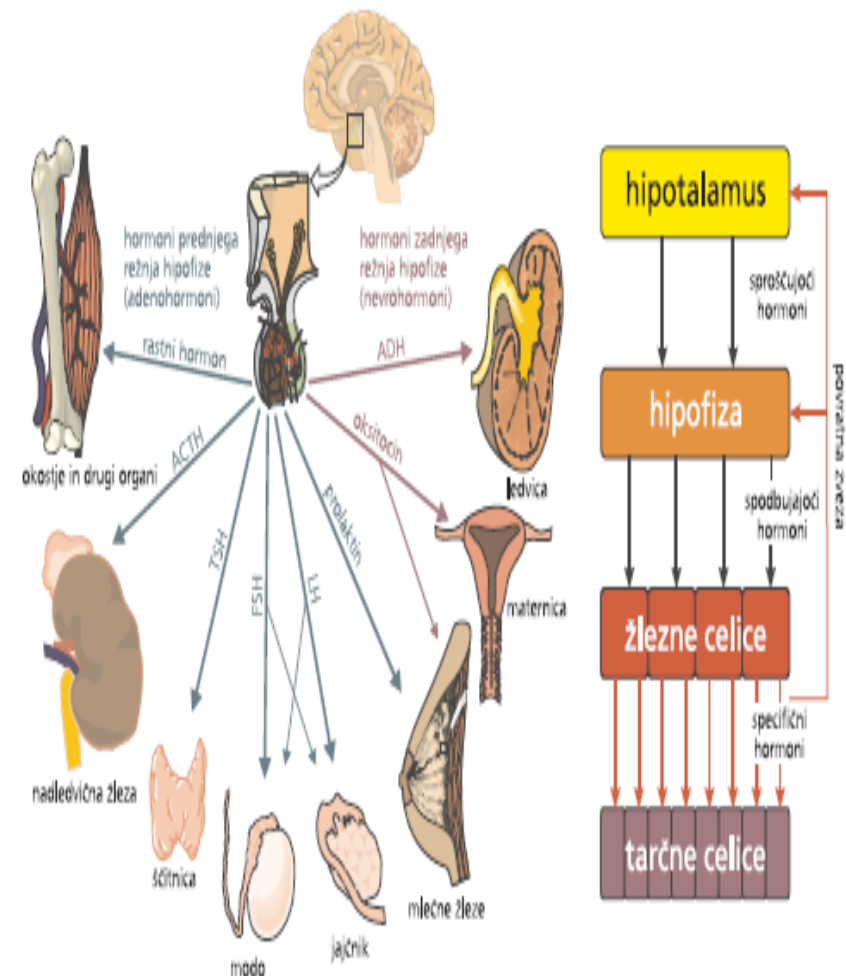


ENDOKRINI SISTEM

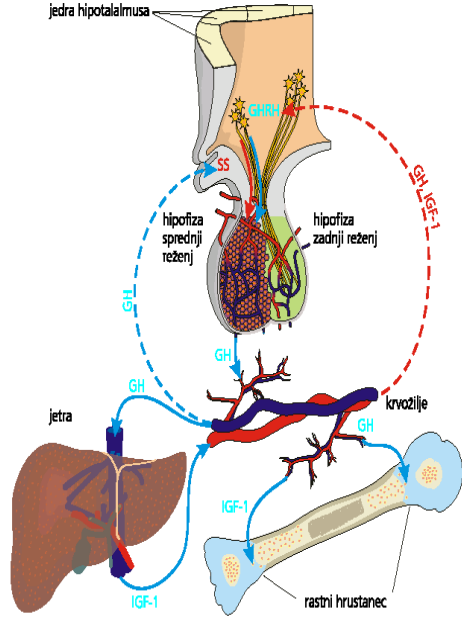
- Hormoni regulirajo rast in razvoj
 - Hormoni zagotavljajo homeostatično stanje med obremenitvijo:
 - z vzdrževanjem stabilnega energijskega nivoja
 - mobilizacija prostih maščobnih kislin
 - stabilizacija krvne glukoze
 - regulacija uporabe eksogenih in endogenih goriv
 - s kontrolo elektrolitskega ravnovesja
 - s stimulacijo srčnega dela
 - z regulacijo perifernega vaskularnega tonusa - distribucijo krvi
-

Osnovna izhodišča delovanja hormonskega sistema

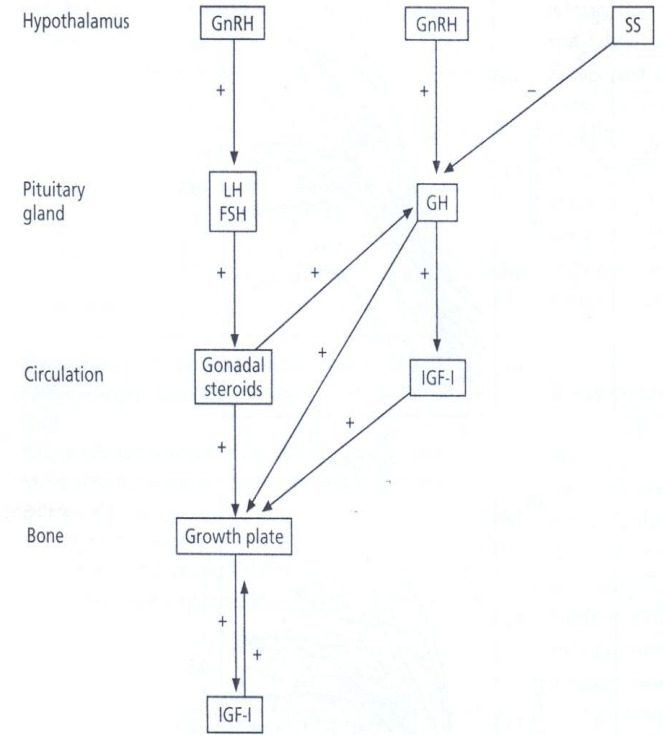
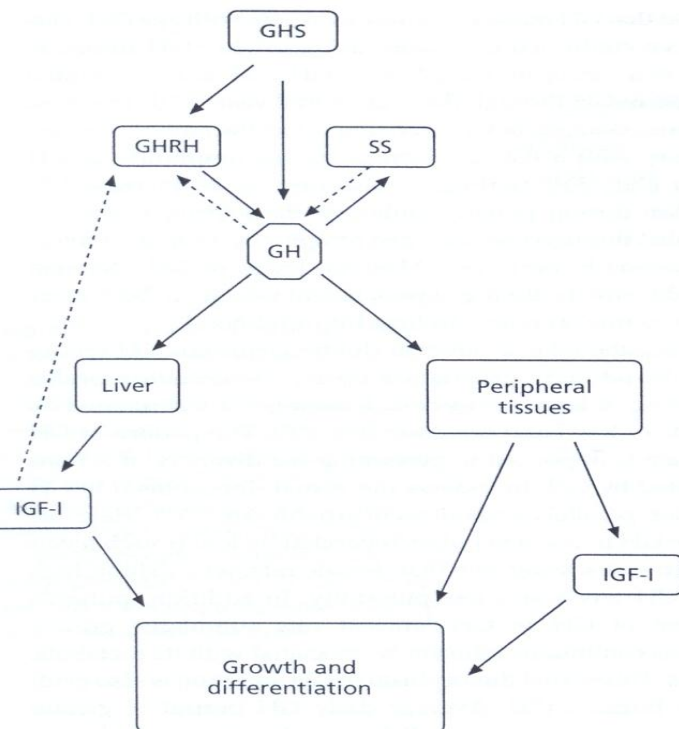
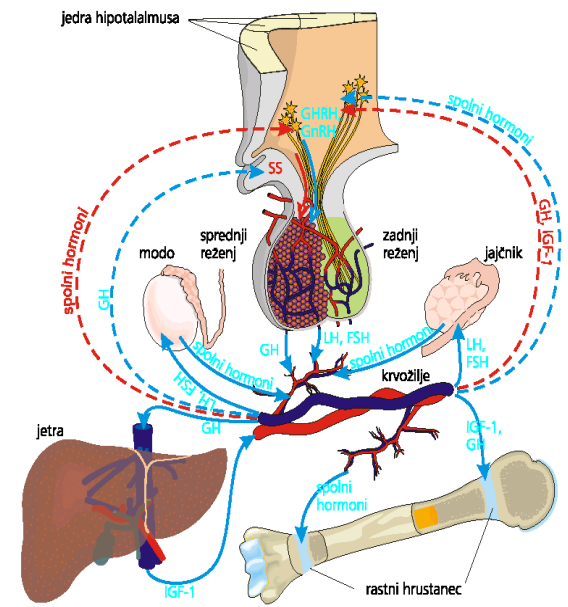
- Os hipotalamus - hipofiza
- Negativna povratna zveza
- Z rastjo se **število in občutljivost receptorjev za različne hormone spreminja** - skozi odraščanje se povečuje, potem pada



HORMONSKE SPREMEMBE V ODRAŠČANJU -



Regulacija rasti v pred in pubertetnem obdobju



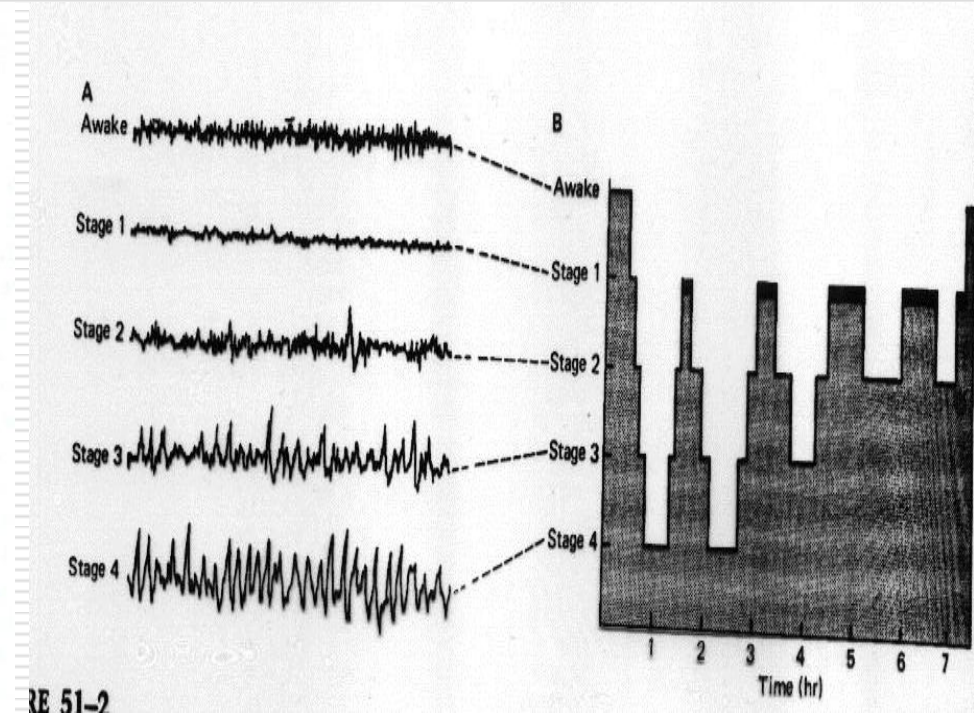
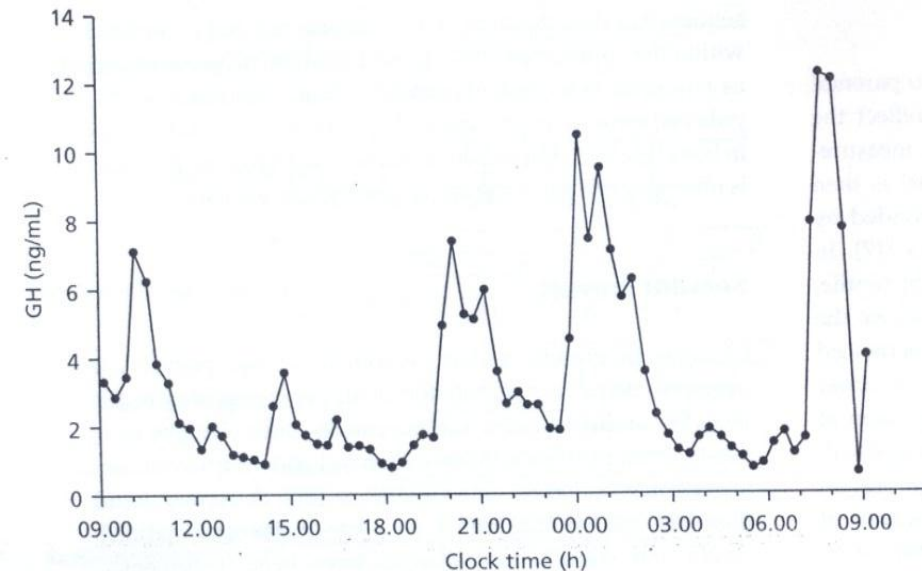
Hormonske spremembe

- Rastni hormon
 - Spolni hormoni
 - Kateholamini
(Adrenalin/noradrenalin)
-

RASTNI HORMON

RH se izloča pulzivno, zlasti ponoči v stanju gama spanja

Chapter 8



Na intenzivnost izločanja RH vpliva tip, intenzivnost in trajanje obremenitve

RASTNI HORMON

- Prisoten od rojstva, največja koncentracija ob PHV
- odziv RH na obremenitev je v obdobju adolescence višji kot v obdobju otroštva

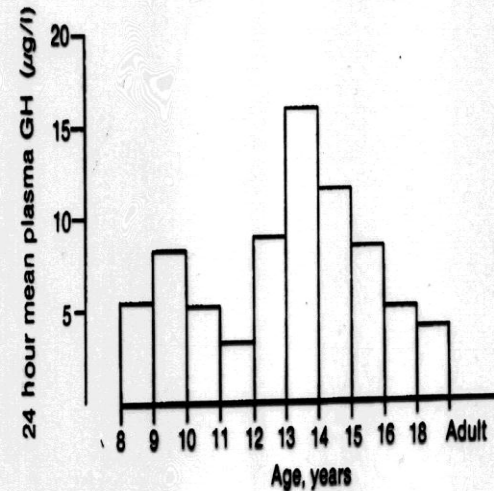
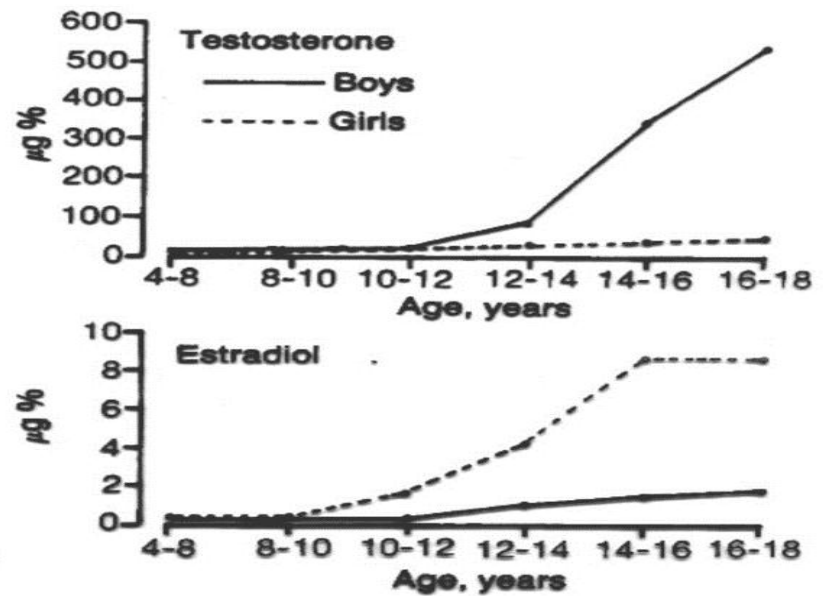


Figure 20.2 Mean 24-hour concentrations of growth hormone in boys. Redrawn from P.M. Martha, A.D. Rogol, J.D. Veldius, J.R. Kerrigan, D.W. Goodman, and R.M. Blizzard, "Alterations in the pulsatile properties of circulating growth hormone concentrations during puberty in boys," *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 69, 563-570, 1989, © by The Endocrine Society.

POMEMBNI HORMONI ZA RAST IN DELOVANJE RH

- HORMONI ŠČITNICE/TIROKSIN - stimulira aerobni metabolizem in vpliva na izločanje in normalno funkcijo RH
 - INZULIN omogoča polno funkcijo RH; ob odsotnosti RH sodeluje v sintezi proteinov
 - ENDORFINI – stimulatívni vpliv na izločanje RH in drugih hormonov
-

RAZLIKE MED SPOLOMA V IZLOČANJU SPOLNIH HORMONOV V ODRAŠČANJU



FANTJE

- **Hipotalamus** › **folikularni stimulativni hormoni** › **TESTOSTERON** › nastajanje sperme in sekundarni spolni znaki
- **testosteron se v pubertetnem obdobju poveča tudi do 20X** › mišična rast

DEKLETA

- **Hipotalamus** › **folikularni stimulativni hormoni** › **ESTROGEN (progesteron)** › sekundarni spolni znaki in **PLODNOST**
- **močno povečanje estrogena** › povečanje maščobnega tkiva

RAZLIKE V VPLIVU TESTOSTERONA IN ESTROGENOV

TESTOSTERON

- Primarne in sekundarne spolne spremembe pri fantih (povečanje testisov, poraščenost, glas)
- Anabolna moč (tvorba novih proteinov) TT je bistveno večja od ESTR
- Podpira rast KS v dolžino (skupaj z IGF) in daje moč kostnemu sistemu
- Vpliv na RH in IGF

ESTROGEN

- Spolne spremembe pri dekletih
- Močno pospeši tvorbo maščobnega tkiva
- Estrogen jača kostno matriko (moč in kalcifikacija) – manj dolžino kosti
- Veliko manjši vpliv na RH in IGF

SPOLNI RAZVOJ

PUBERTETA

- začetno obdobje adolescence - obdobje skokovitega spolnega zorenja

- **začetek**: ♀ 10-12 let; ♂ 11,5-13 let

- **trajanje**: cca 4leta (lahnko manj od 1,5 in več kot 8 let)

Ocenjevanje spolnega razvoja

- sekundarni spolni znaki

- starost prve menstruacije

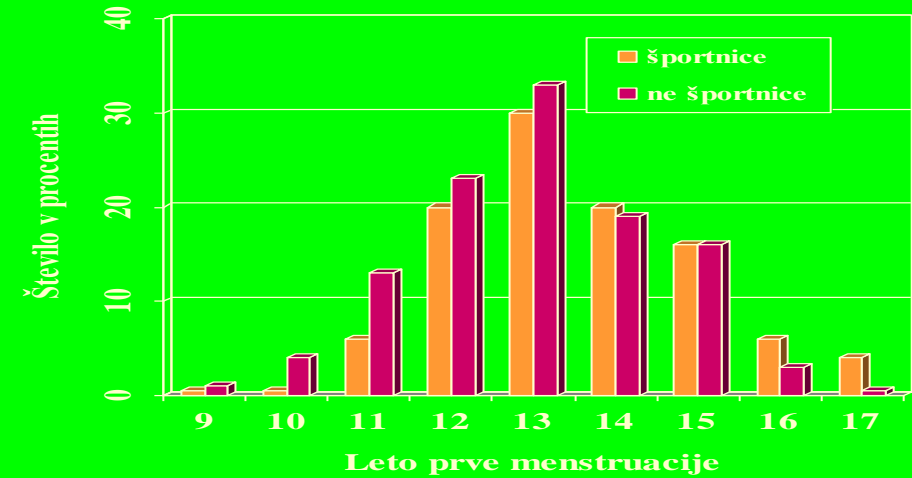
- nivo spolnih hormonov v krvi

- ~~Spolni razvoj se zaključi s plodnostjo (2 leti po 1. menstruaciji; 2 -3 leta po prvem izlivu semen)~~

Faze menstrualnega ciklusa (MC)

1. Menstruacija (krvavitev uterusa 3 do 7 dni)
 - Nizek nivo estrogena
 - Korekcija v povečanem izločanju gonadotropinov (FSH in LH)
2. Preovulacijska faza (ob koncu krvavljenja)
 - Obnova uterusa
 - Povečana vsebnost estrogena, FSH in LH
 - Dozorevanje jajčeca
3. Ovulacija (sredina MC – 14 dni po nastopu menstruacije)
 - LH sproži ovulacija
4. Postovulacija
 - Močan upad estrogenov

SPOLNI RAZVOJ IN ŠPORTNA AKTIVNOST



- Športna aktivnost vpliva na spolni razvoj deklic) čas prve menstruacije
- vsako leto športnega treninga pomeni 0,4 leta zakasnitve v časa 1. menstruacije
- Redni športni trening pri fantih povzroči povečanje testosterona (Mero)

HORMONSKE SPREMEMBE V ODRAŠČANJU - HORMONI NADLEDVIČNE ŽLEZE

□ ADRENALIN (Kateholamini)

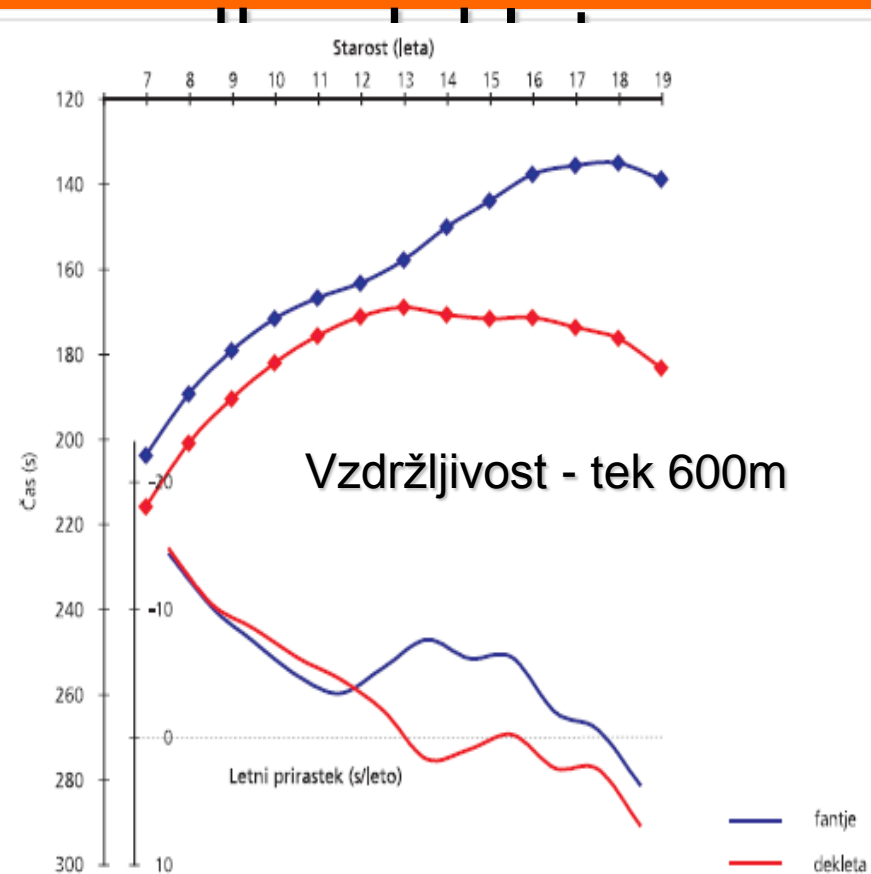
- deluje v sodelovanju z noradrenalinom (sprošča iz simpatičnih živčnih končičev)
 - regulira metabolizem - "glikolitični agent"
 - tesna povezanost s produkcijo LA
 - stimulira srčno delo
 - številne raziskave dokazujejo nižje vrednosti adrenalina pri otrocih v predpubertetnim obdobjem
-

Vrednotenje
napredka
deklet v športnih
aktivnostih
("energijskega"
značaja) v
pubertetnem
obdobju

Problem 4

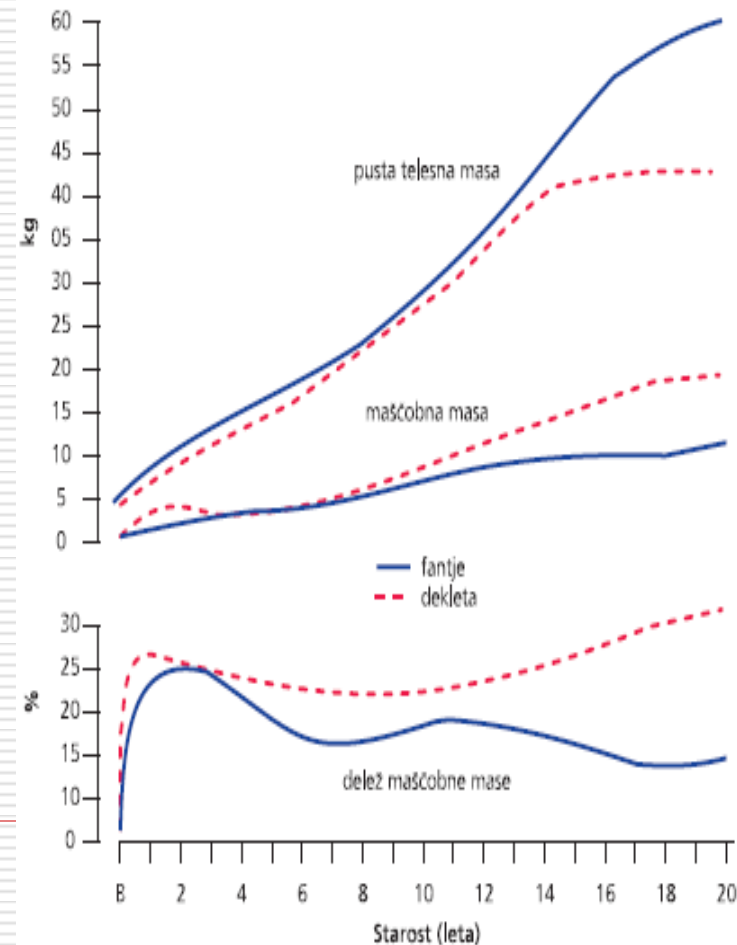
Razlike med dekletimi in fanti v biološkem razvoju

Dinamika športnega napredka (zlasti v športnih aktivnostih) "energijskega" značaja pospešenega biološkega razvoja upočasnjena

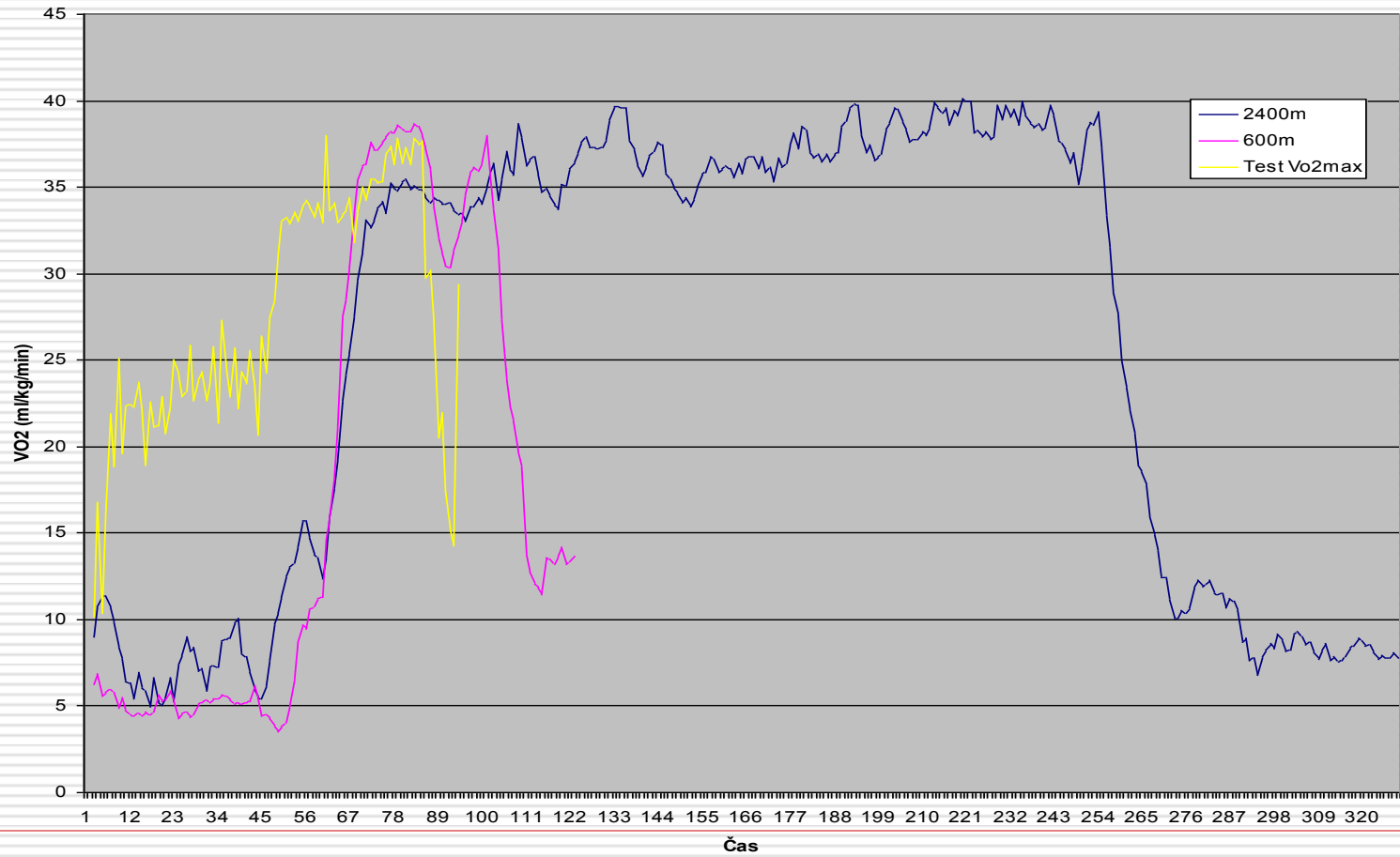


Razvoj mišičnega in maščobnega tkiva skozi obdobje razvoja

- Delež mišične masa se spreminja
 - ob rojstvu 23 - 25% TT, odrasli 42 do 53%TT
 - Število maščobnih celic se od rojstva do odraslosti poveča za 10X
- Obseg maščobnih celic se v tem obdobju poveča za 2X
- Masa maščobnega tkiva se poveča od 0,5 kg pri novorojenčku na 10 kg pri fantih in 14kg pri dekletih ob koncu adolescence



Poraba O2 pri teku na 600m, 2400m in Testu Vo2max na tekoči preprogi - K. N.



Primerjava napora pri 600m, 2400m in testu vO2max

TESTNI PR TOKOL/ VARIABLE	TEST 600M M (SD)	TEST 2400M M (SD)	TEST VO2MAX M (SD)	Df	F	P
FD (ud/min)	58 (7.4)	59 (8.18)	59 (8.57)	2,52	0.060	0.942
TV (l/ud)	1.65 (0.47)	1.56 (0.47)	1.59 (0.47)	2,52	0.173	0.841
VE (L)	94.0 (22.8)	89.73 (20.93)	91.41 (25.75)	2,52	0.154	0.857
VO2max (ml/min)	2269 (699)	2346 (666)	2290 (763)	2,52	0.056	0.946
VCO2ma (ml/min.)	3130 (1112)	2565 (802)	2838 (1030)	2,52	1.466	0.241
VE/ VO2	40.47 (3.08)	36.97 (3.02)	38.80 (5.56)	2,52	3.393	0.042
VO2max (ml/kg/min)	46.21 (7.29)	47.96 (5.81)	46.27 (7.89)	2,52	0.370	0.691
RQ	1.36 (0.10)	1.12 (0.06)	1.23 (0.17)	2,52	18.54	0.000
HR (utr./min.)	194 (9.5)	198 (11.1)	202 (7.03)	2,52	3.951	0.026
O2pulz (mlO2/utr.)	11.80 (3.54)	12.03 (3.62)	11.30 (3.54)	2,52	0.190	0.827

Odgovori na istočnice - zaključki

- ❑ **Ni mogoče natančno predvideti končnega ~~biološkega potenciala otroka niti dinamike~~ razvoja vnaprej**
- ❑ Fantje v zgodnjem razvoju prednost v motorični učinkovitosti, ki je očitna v adolescenci, v odraslosti izgubijo (Lefevre, 1990). Pozno odraščajoči razvijajo svoje potenciale tudi po 18/20 letu.
- ❑ Dekleta, ki zaostajajo v biološkem razvoju so učinkovitejša v motoričnih nalogah.
- ❑ Zgodnji razvoj prinaša prednost v tistih motoričnih aktivnostih, kjer je pomembna mišična sila. Ker je ta povezano z mišično maso, pomeni to hkrati tudi večjo učinkovitost funkcionalnih dimenzij

SKLEP

- Odločajmo se GLEDE NA OKOLIŠČINE RAZVOJA IN V KORIST OTROKA!
-