



Univerza v Ljubljani
Fakulteta za šport

*OSNOVNE ZNAČILNOSTI
BIOLOŠKEGA RAZVOJA IN
ŠPORTNA VADBA MLADIH*

Branko Škof

Pomen poznavanja zakonitosti bio-psihosocialnega razvoja v obdobju otroštva in mladostništva

- Humanejše delo z mladimi (poškodbe, bolezni, psihično nasilje...)
- Ustreznejši postopke selekcioniranja mladih v tekmovalni šport - kar zagotavlja večjo uspešnost v kasnejših obdobjih
- Večja učinkovitost pedagoškega dela (vsestransko zadovoljstvo)

Odraščanje - obdobje poznega otroštva in adolescence

- Je proces SPREMENB – proces pospešene rasti in zorenja - spreminjanja človeka
- Sinteza biološkega, intelektualnega in čustvenega razvoja ter socialnega razvoja
- Čas velike variabilnosti, razlik med posamezniki

BIOLOŠKI RAZVOJ

- Biološki razvoj je **proces spreminjanja organskih sistemov**
 - je proces histokemijskih, fizioloških, biokemijskih in drugih sprememb v organizmu, ki se zgodijo v času od rojstva (spočetja) do stopnje polnega razvoja - odraslosti. (2 dekadi življenja)

OBDOBJA BIOLOŠKEGA RAZVOJA

(R.M. MALINA)

- **Obdobje dojenčka** (do 1. rojstnega dne)
 - zelo hitra rast vseh organskih sistemov
 - zelo hiter razvoj živčnomišičnega sistema
- **Zgodnje otroško obdobje** (predšolsko obdobje)
 - Hitra rast in razvoj živčnega sistema
- **Srednje otroško obdobje** (6 - 10/12 let)
 - stabilna enakomerna rast
 - hiter razvoj živčnega sistema in hiter gibalni razvoj
- **Adolescenca** († 10 - 18let; † 12 - 20/22 let)

TERMINOLOGIJA

- RAST (growth)- opredeljuje spremembe dimenzij telesne konstitucije (tudi delov) in različnih organskih sistemov, ki jih je mogoče izmeriti
- **ZORENJE (maturation)** - proces kakovostnih sprememb, ki vodijo k odraslosti. Ne označuje le dimenzij sistemov, temveč opredeljuje tudi časovne determinante teh sprememb dimenzij (**timing in tempo**) sprememb
- **RAZVOJ (development)**- najbolj pogosto sinteza obeh. Obravnavan iz dveh vidikov:
 - ožji biološki vidik (fiziološka specializacija celic)
 - širši biološki vidik (v povezavi z psihološkim, socialnim ... razvojem, vplivom okolja itd.)

Splošne značilnosti odraščanja

RAST/GROWTH: MATURATION: DEVELOPMENT:

Velikost/mera

Telesna razmerja

Sestava telesa

Skeletno

Spolno

Somatsko/telesno

Živčno-endokrin

Živčno-mišični

Kognitivni

Emocionalni

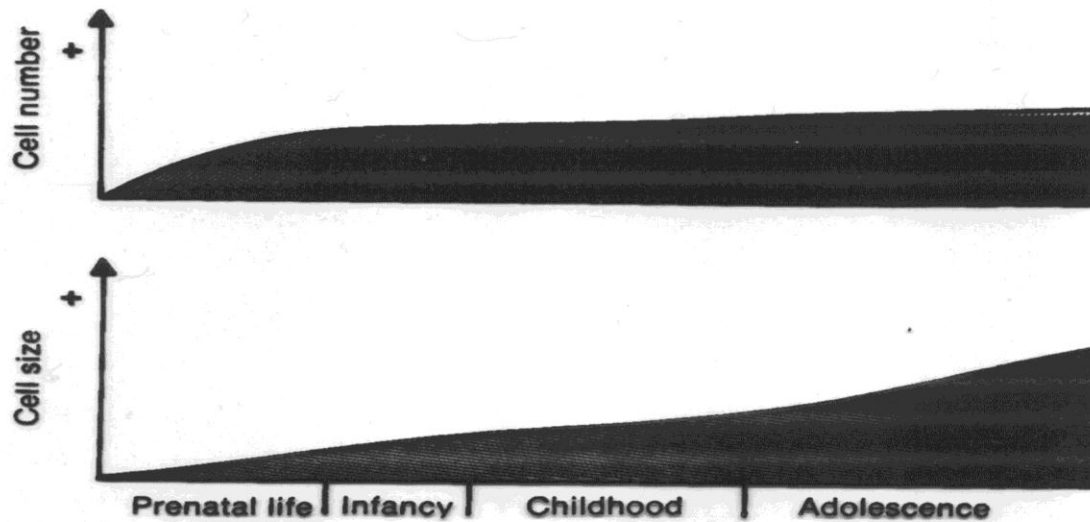
Socialni

Morali/etični

Biološki/gibalni

**ZAZNAVANJE KOMPETETNTNOSTI
SAMO-PODOBA/TELESNI IZGLED**

Procesi hiperplazije in hipertrofije



Schematic illustration of growth in skeletal muscle tissue as a function of cellular hyperplasia and cell hypertrophy.

OSNOVNE PARADIGME BIOLOŠKEGA RAZVOJA

- **VELIKA INDIVIDUALNOST** (medsebojna različnost v biološkem razvoju)
 - biološka in kronološka starost
 - zgodnje in pozno zorenje
- **KOMPLEKSNOŠT in SOODVISNOŠT** posameznih bioloških sistemov
 - razvoj živčno-mišičnega sistema
 - razvoj endokrinega/hormonskega sistema
 - telesni razvoj/razvoj mišičnega, kostnega in maščobnega tkiva
 - spolni razvoj
 - gibalni razvoj
- **RAZLIČNA DINAMIKA RAZVOJA** posameznih bioloških sistemov
 - Ni mogoče natančno predvideti dinamike biološkega razvoja vnaprej niti končnega potenciala posameznika
 - Zunanji faktorji vplivajo na timing in dinamiko posameznih funkcij biološkega razvoja .

VELIKA INDIVIDUALNA VARIABILNOST V PROCESU BIOLOŠKEGA ZORENJA

- Koledarska in biološka starost
- Zgodnji in zapozneli biološki razvoj
- Gibalna učinkovitost otrok in mladostnikov v različni stopnji odraslosti

Koledarska in biološka starost

- **Primer:**
 - fant A:
 - starost: **13,5 let**
 - telesna višina: **171cm**
 - telesna teža: **60kg**
 - R. testa stat. moči: **65kg**
 - fant B:
 - starost: **13,5 let**
 - telesna višina: **150cm**
 - telesna teža: **40kg**
 - R. testa stat. moči: **32kg**
- koledarska starost (KS) NI uspešen kriterij za oceno stopnje biološkega zorenja
- ob isti KS so zlasti v obdobju adolescence med mladostniki zelo velike razlike
- proces biološkega razvoja se ne ravna po koledarju - “biološki razvoj ima svoj urnik in ne praznuje rojstnih dni” (Malina, 1992)

Metode določanja stopnje biološkega zorenja

- Ocena biološkega razvoja skeleta - starost skeleta (SS)
- Ocena spolnega razvoja
 - stopnja razvoja sekundarnih spolnih znakov
 - starost ob prvi menstruaciji/menarhi
- Ocena somatskega odraščanja
 - starost ob izbruhu rasti (starost ob PHV)
 - % od telesne višine v odraslosti
- Ocena biološke starosti na osnovi prodora stalnih zob
- Visoka medsebojna povezanost kriterijev (r do 0,93)

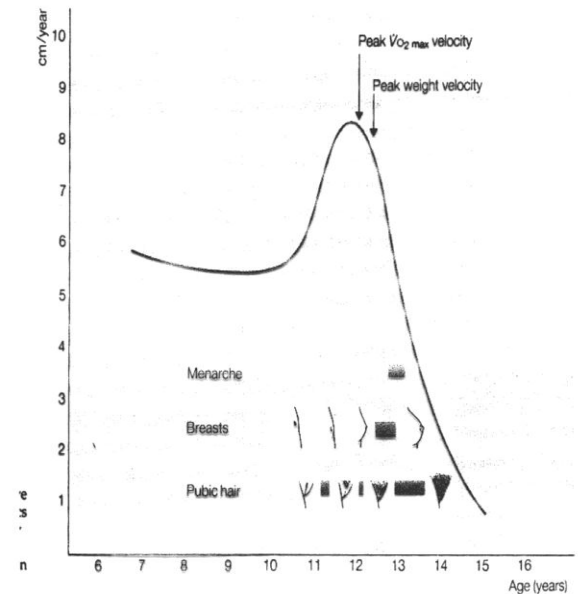
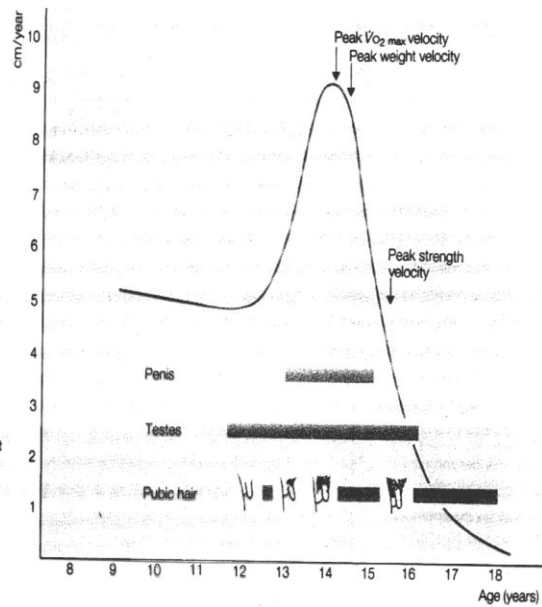
Skeletal starost



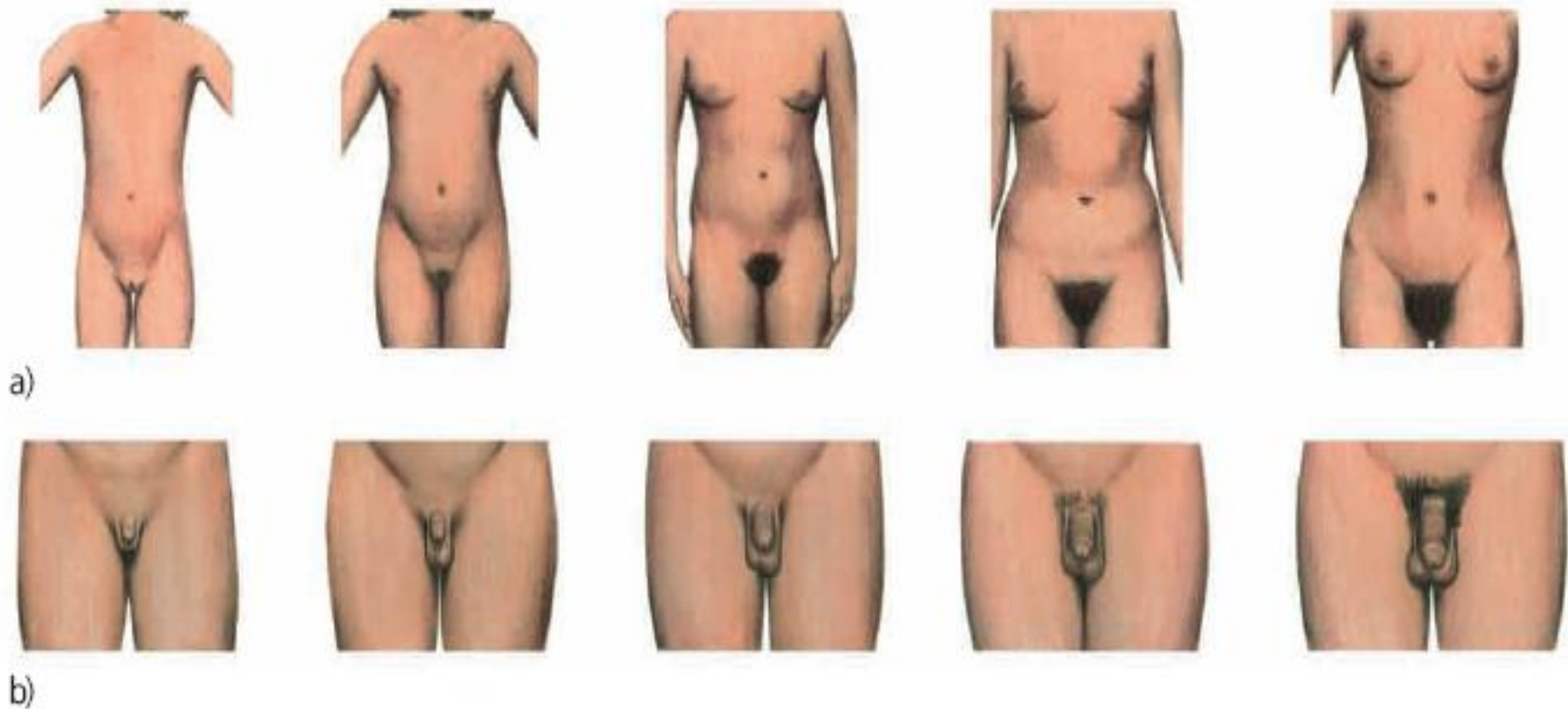
Figure 7.4 Radiograph of the hand-wrist, showing total width and width of the marrow cavity on the second metacarpal. From "Endosteal Deposition of Bone at the Midshaft of the Second Metacarpal of Adolescent Females" by F.E. Johnston and E.S. Watts, 1969, *Anatomical Record*, 163, p. 68. Reprinted by permission of F.E. Johnston and The Wistar Institute.

Razvoj sekundarnih spolnih znakov

- 5 stopenj pubertetnega obdobja (Tanner)

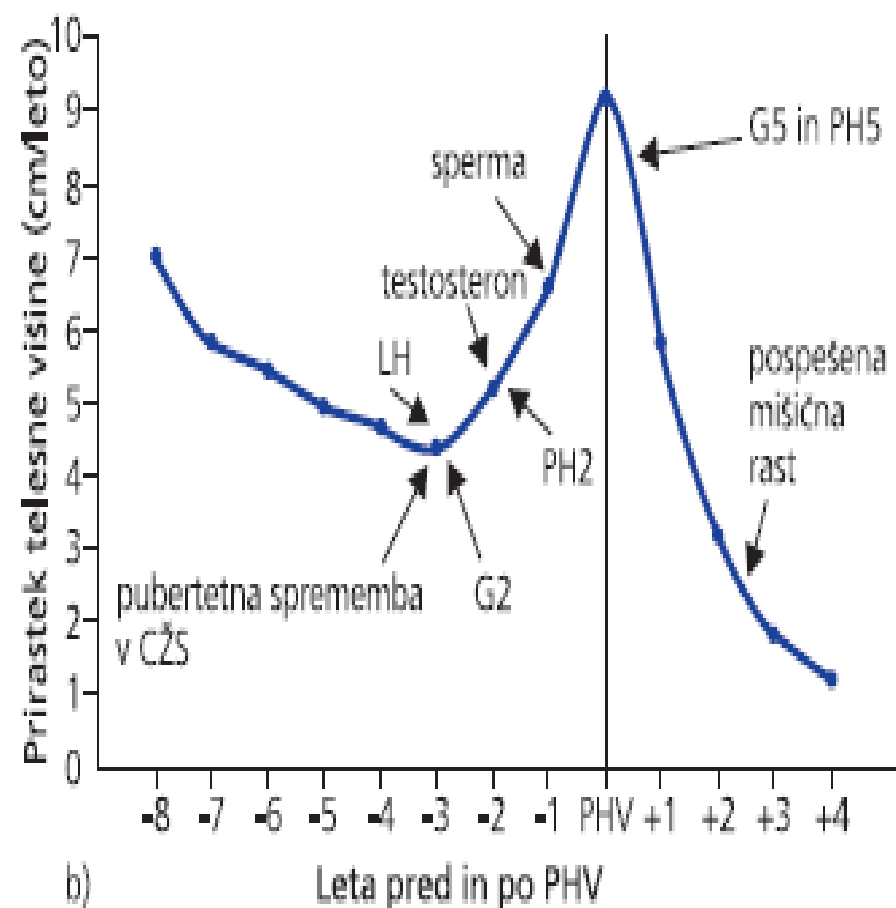
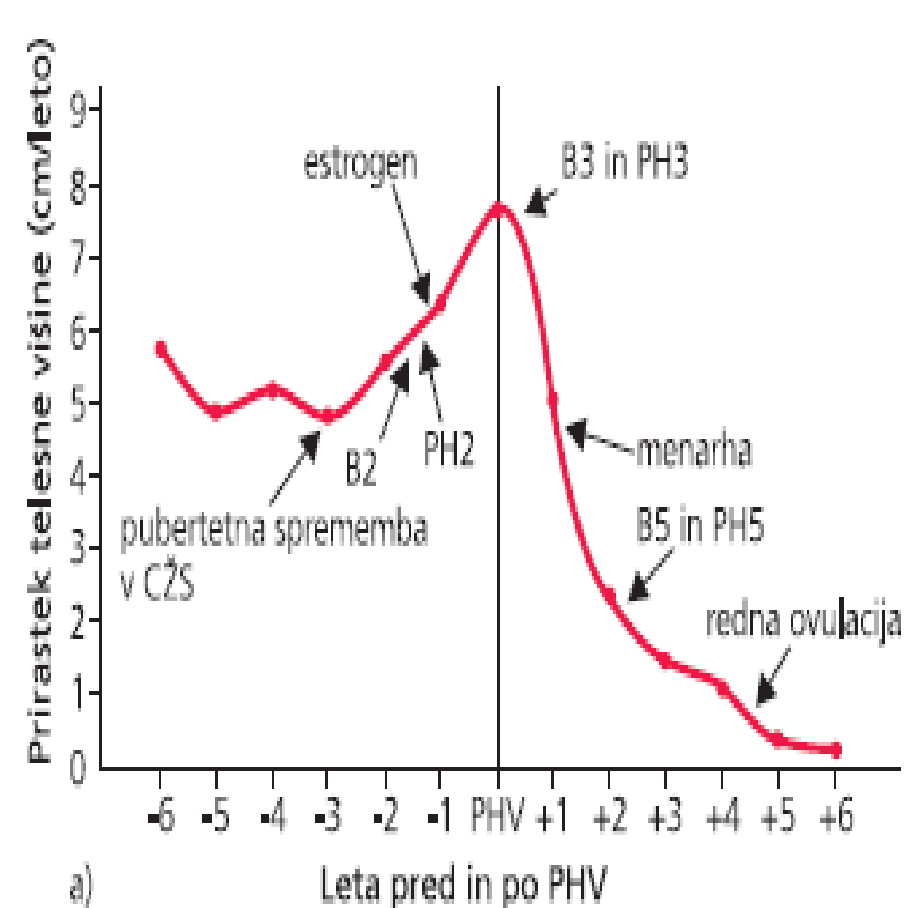


Sekundarni spolni znaki v različnih obdobjih spolnega razvoja – 5 stopenj pubertetnega obdobja (Tanner)

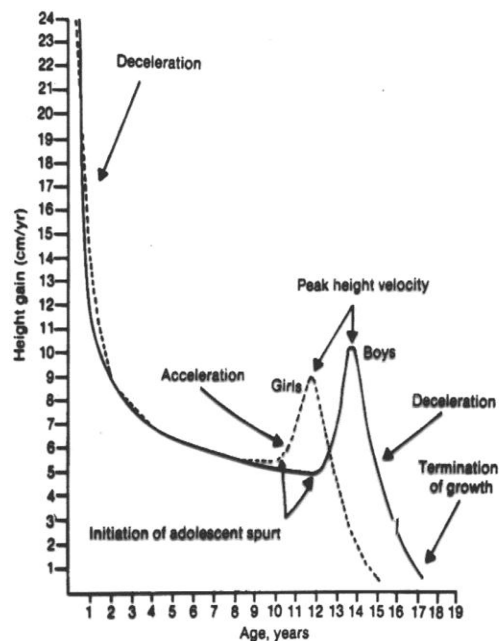


Slika 7.21 Zaporedje različnih dogodkov spolnega dozorevanja a) pri dekletih in b) fantih v času pubertetnega sunka rasti (prirejeno po Bogin, 1999; z dovoljenjem Cambridge University Press).

Zaporedje različnih dogodkov spolnega razvoja



Telesni - somatski razvoj

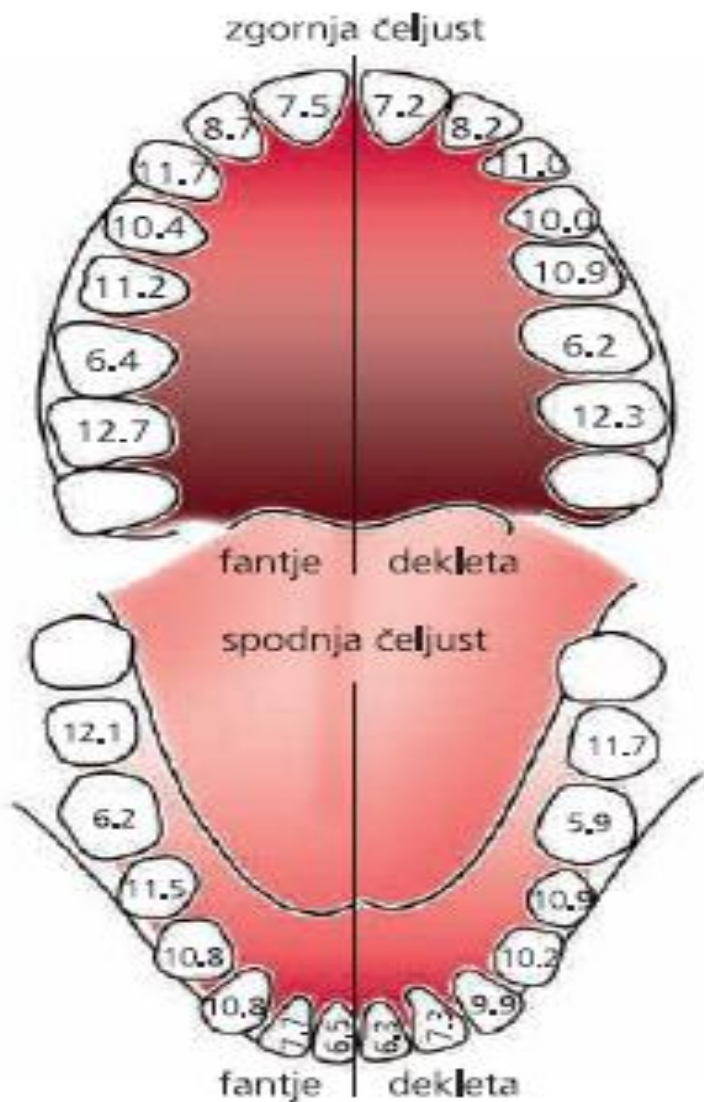


Typical individual velocity curves for length or stature in boys and girls. Curves reprinted from "Standards from Birth to Maturity for Height, Weight, Height Velocity, and Weight Velocity: British Children, 1965-I" by J.M. Tanner, R.H. Whitehouse, and M. Takashi, 1966, *Archives of Disease in Childhood*, 41, pp. 454-471. Reprinted by permission of J.M. Tanner and the British Medical Association. Labels added for clarity.

Correlations Between Ages at Reaching Several Maturity Indicators in North American and European Adolescents

Area	Girls						Boys		
	PHV		M	B2	PH2	PH2	PHV		G2
	B2	PH2					G2	PH2	
<i>North America</i>									
Massachusetts, Boston			.71	.86					
California, Berkeley	.80	.75	.71	.74	.74	.75	.67		
Colorado, Denver	.78		.93					.56	
Ohio, Yellow Springs				.86	.70	.66			
Quebec, Montreal			.81						
<i>Europe</i>									
England, Harpenden	.82		.91	.64					
England, Harpenden	.78	.77	.84				.47	.84	
England, Newcastle	.69		.80	.62					
Poland, Wroclaw	.76	.77	.76	.72	.73	.77	.87	.84	.85
Sweden, Stockholm	.80	.73	.84	.74	.58	.70	.78	.49	.54
Sweden, Umea	.63	.68	.63	.51	.52	.70			
Sweden, Urban			.69						
Switzerland, Zurich	.60	.34	.82	.47	.44	.34	.50	.59	.54

Note. PHV = peak height velocity, M = menarche, B2 = breast stage 2, PH2 = pubic hair stage 2, G2 = genital stage 2. Adapted from Malina (1978) with the addition of Billewicz et al. (1981), Bielicki et al. (1984), Demirjian et al. (1985), and Laro and Prader (1983a, 1983b).

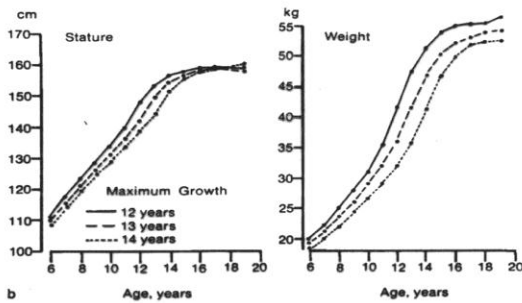
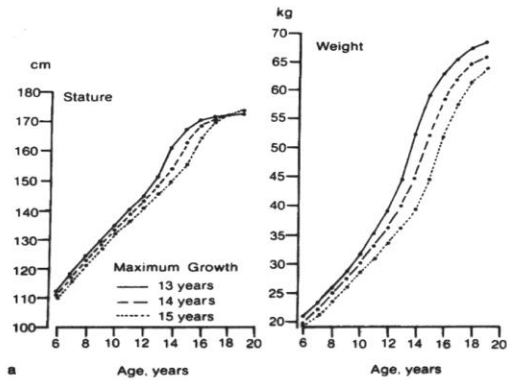


Slika 7.22 Čas prodora stalnih zob (prirejeno po Cameron, 2004; z dovoljenjem Cambridge University Press).

*Čas prodora
stalnih zob*

*Prehitevanje in
zaostajanje
v biološkem razvoju*

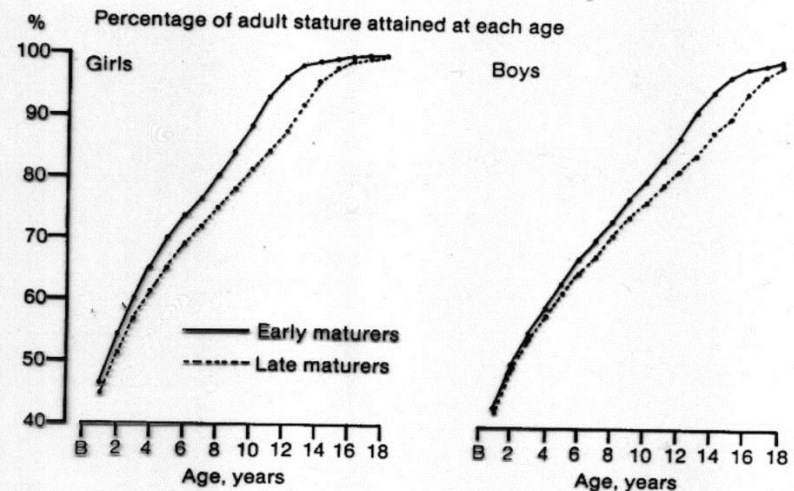
Telesna masa in telesna višina pri različni hitrosti odraščanja



Mean statures and weights of early-, average-, and late-maturing boys (a) and girls (b). The children are grouped according to age at maximum growth or PHV. Drawn from data reported by Shultzworth (1939).

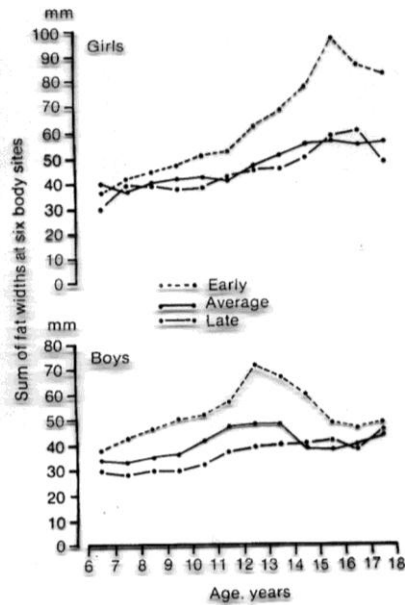
Zgodnje odraščajoči dosežejo višjo telesno maso (tudi glede na telesno višino) ([slika levo](#))

• Zapoznani v razvoju rastejo dlje in običajno dosežejo isto končno telesno višino kot zgodnji v razvoju ([slika desno](#))

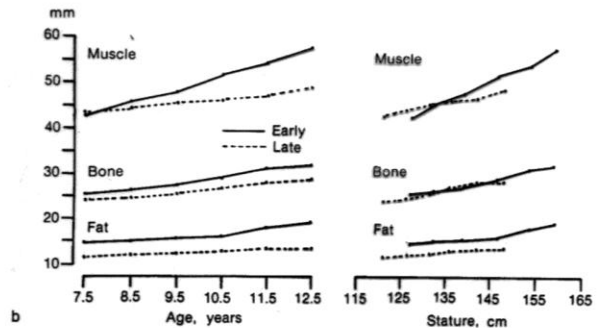
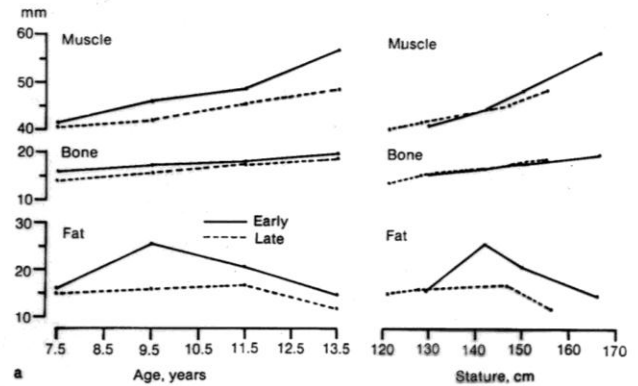


Percentage of adult stature attained at each age in early (advanced) and late (delayed) maturing boys and girls. Drawn from data reported by Bayley (1962).

Mišična in maščobna masa pri različno odraščajočih mladostnikih

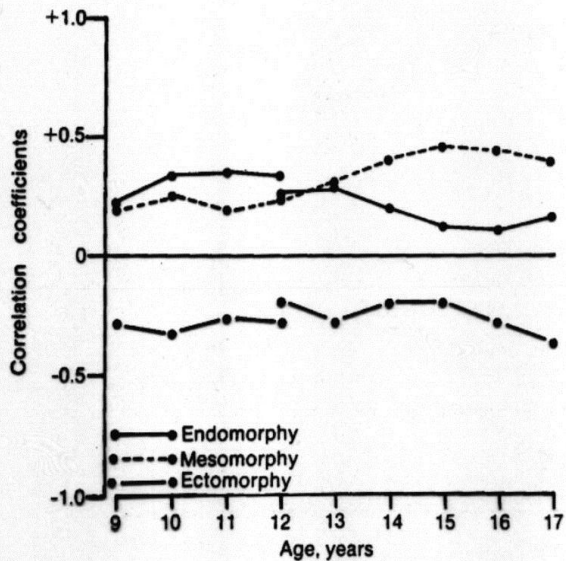


Sum of six subcutaneous fat widths measured on X-rays in early-, average-, and late-maturing boys and girls. Drawn from data reported by Reynolds (1950).



Tissue composition of the arm in early- and late-maturing boys (a) and of the leg in early- and late-maturing girls (b). Data are plotted by chronological age (left) and relative to stature (right). Values for boys are calculated from the data of Johnston and Malina (1966). Values for girls are drawn from data reported by Reynolds (1946).

Zgodnje odraščajoči imajo več mišičnega tkiva in izrazito več maščobnega tkiva kot otroci v poznem razvoju



Correlations between somatotype components and skeletal age in two longitudinal samples of boys from the Medford Boys' Growth Study. Drawn from data reported by Clarke (1971).

*Zgodnje - pozno
odraščanje je
povezano s
konstitucijskimi tipi*

• Endomorf

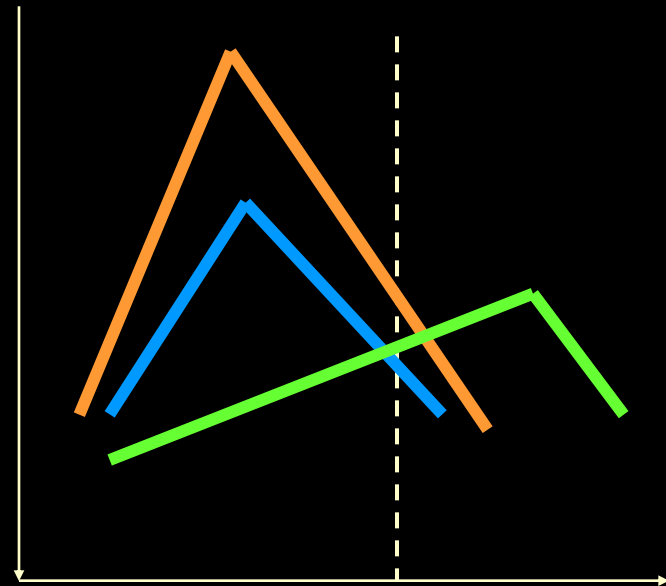
- zelo zgoden in kratkotrajen PHV, zmerna amplituda PHV

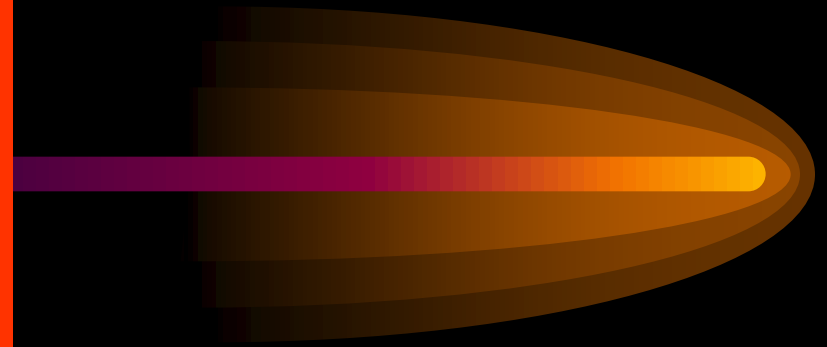
• Mezomorf

- zgoden in zelo močan PHV

• Ektomorf

- zapozneli in dolgo trajajoč PHV
- daljši čas odraščanja

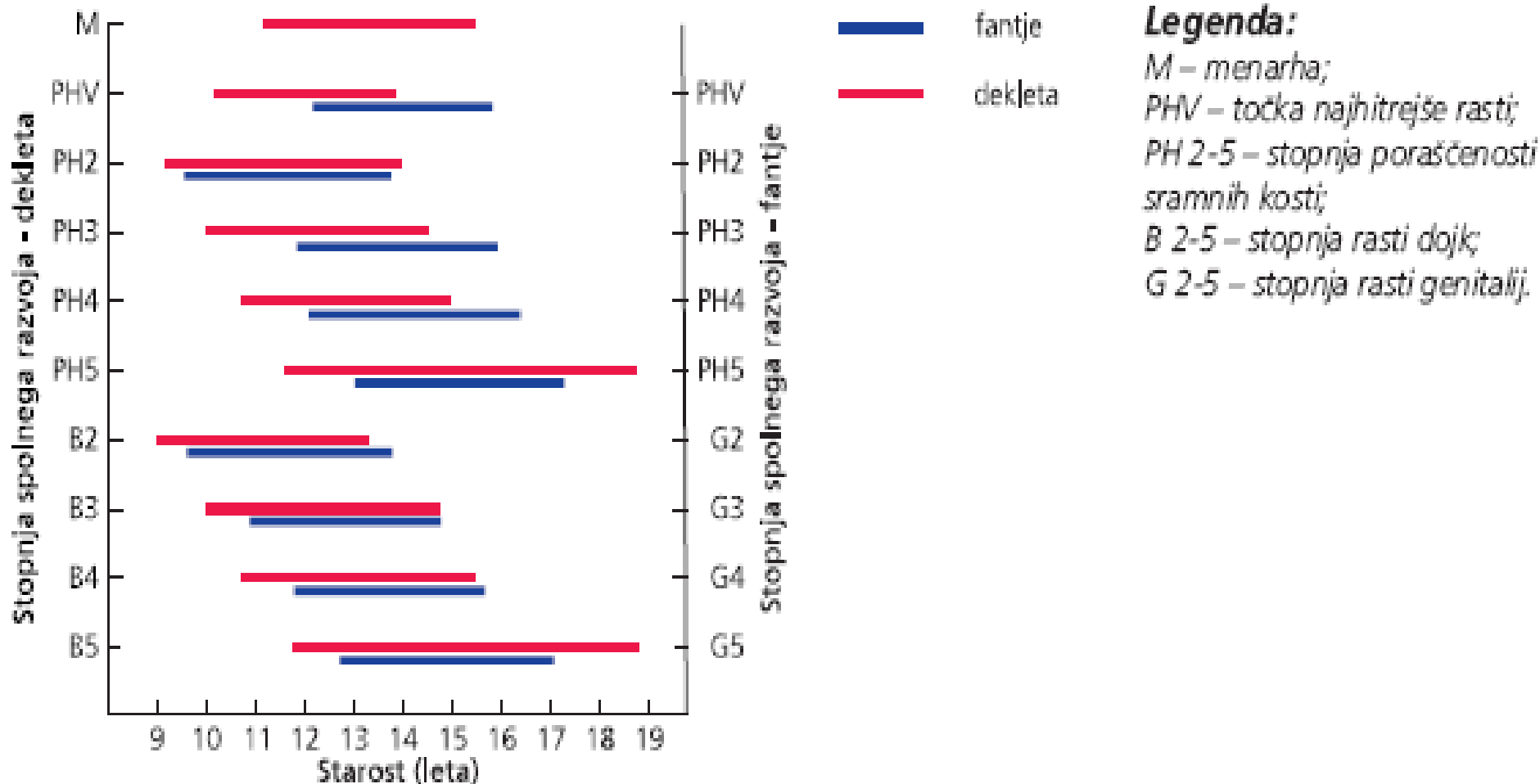




Vrednotenje in
ocenjevanje gibalne
učinkovitosti
otrok različne
stopnje
biološkega razvoja

Problem 1

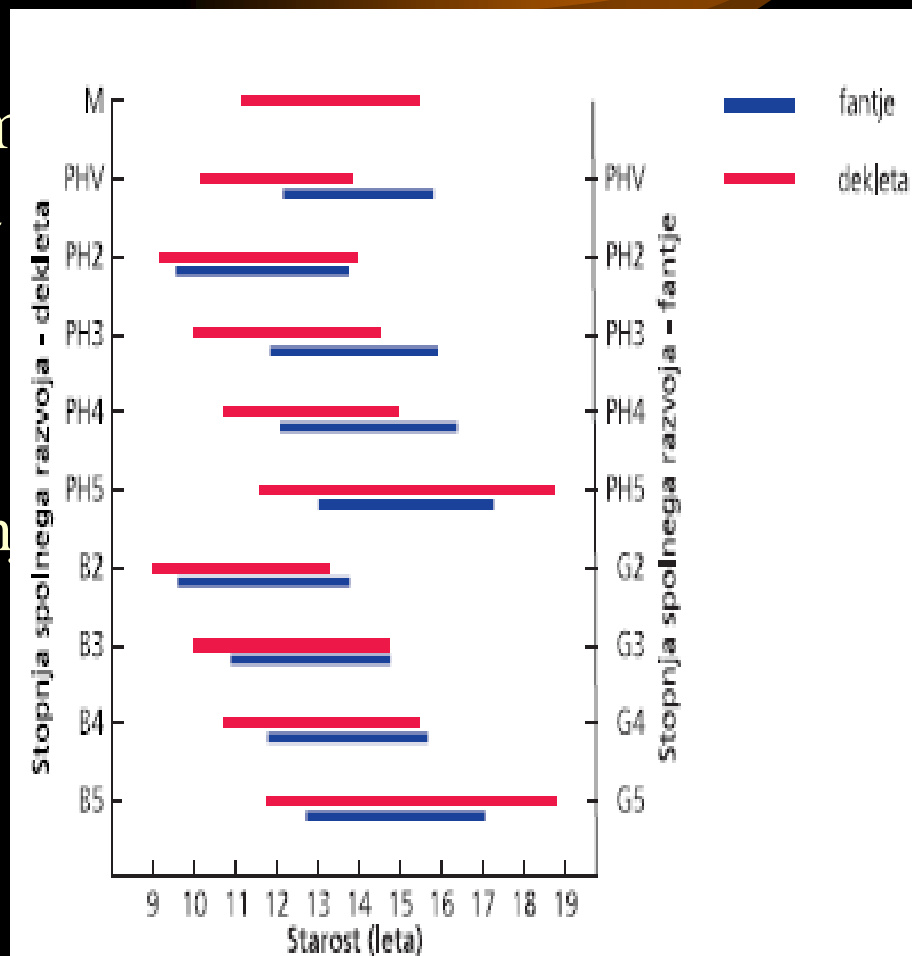
Velika individualna variabilnost biološkega razvoja



Izhodiščna teza; Individualna variabilnost biološkega razvoja

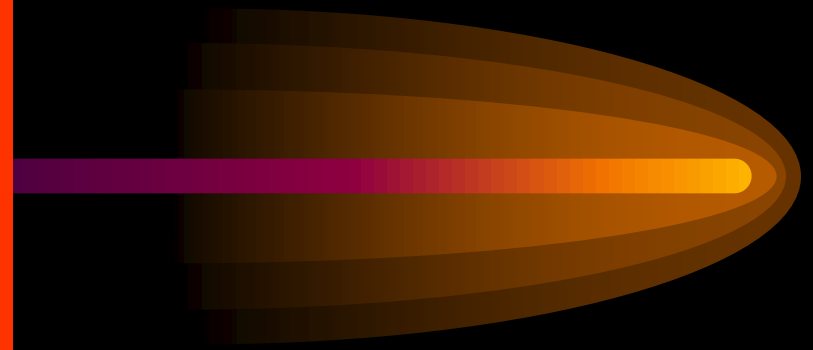
- Tudi znotraj iste kronološke starosti (v istem razredu) imamo učence, ki se glede biološkega razvoja močno razlikujejo
 - Koledarska in biološka starost
 - Zgodnji in zapozneli biološki razvoj (prehitevanje in zaostajanje v biološkem razvoju)

- **Kako vrednotiti njihove dosežke?**



ZAKLJUČEK

- Pomen ustreznega pedagoškega ravnanja
- Potrebna je velika pozornost v postopkih selekcioniranja
 - Telesna konstitucija (zaradi različne biološke starosti) pogosto zavaja: v številnih športnih aktivnostih (še zlasti dekleta) so pozno odraščajoči - ektomorfi primernejši
 - Zgodnje odraščajoči imajo v številnih športnih disciplinah prednost v mladostništvu, kasneje ne več -
MOTIVACIJSKI PROBLEM



Soodvisnost
telesnega razvoja
in gibalnih
sposobnosti

Problem 2

Velika soodvisnost telesnega in gibalnega razvoja v odraščanju

- Gibalne sposobnosti energijskega značaja (produkcija mišične sile: moč, vzdržljivost, hitrost) so pri mladostnikih v obdobju adolescence močno pod vplivom rasti in telesnega razvoja.
- PROBLEM VREDNOTENJA
- PROBLEM UČINKOVITEGA SELEKCIONIRANJA

Osnovni parametri telesnega razvoja

- Telesna višina/dolžinske mere telesne konstitucije
- Telesna teža in sestava telesa
- Mišično tkivo in dinamika spreminjanja
- Kostno tkivo in dinamika spreminjanja
- Mastno tkivo in dinamika spreminjanja
- Deleži posameznih tkiv v telesu/sestava telesa
- Dinamika razvoja posameznih masnih delov telesa

NAJPOMEMBNEJŠE DIMENZIJE TELESNE KONSTITUCIJE

- telesna višina in ostale longitudinalne mere
- telesna masa in komponente telesne mase
 - maščobna masa
 - mišična masa
 - body free fat mass
 - Indeks telesne mase
- površina telesa (surface body area)
- telesna gostota (body density)
- količina telesne tekočine / kalija

RAZVOJ SKELETNEGA SISTEMA

- Skeletna starost = biološka starost
- Skelet pri dojenčku predstavlja okrog 15% celotne telesne mase, pri odraslem človeku 16 - 17%, pri starem človeku le še 13%.
- Skelet je skladišče mineralov (Ca in P)
 - 65% skeleta sestavljajo minerali
 - polovica vseh telesnih mineralov (2,5% TT pri odraslih in 1% TT pri dojenčku) organizma je v skeletu
- Gibalni aparat

ŠPORTNA AKTIVNOST IN RAZVOJ KOSTNEGA SISTEMA

- Diafize so skladišča Ca
 - potreben v procesih osifikacije (trdnost kosti)
 - dolgi deli kosti so skladišče viška Ca (ob pomanjkanju se sprošča v kri)
- Športni trening blagodejno vpliva na rast kosti - na gostoto, širino, trdnost - ne na dolžino
- Proces osifikacije dolgih kosti (primarni in sekundarni osifikacijski center) se zaključi ob koncu adolescence ali šele v zgodnjem obdobju odraslosti
- Pretirane obremenitve lokomotorne aparata v pred in pubertetnem obdobju zaradi nedokončane osifikacije imajo lahko stalne in hude posledice

MIŠIČNO TKIVO V OBDOBJU RAZVOJA

- Delež mišične masa se spreminja
 - ob rojstvu 23 - 25% TT, odrasli 42 do 53% TT
 - rast mišične mase definira do 4-6 mesecev hiperplazija in hipertrofija, kasneje samo hipertrofija
- Kemična struktura mišičnega tkiva se spreminja
 - kon. ekstracelularnih ionov (Cl, Na) se znižuje intracelularnih (K, P) pa povečuje
 - količina vode pada (od 90% pri otroku na 80% pri odraslem)
 - povečuje se količina proteinov (kontraktilni, strukturalni in encimski)

- Tipi mišičnih vlaken

- diferenciacija mišičnih vlaken se prične v 7. mesecu nosečnosti
- ob rojstvu ima dojenček okrog 40% počasnih, 45% hitrih (35% HOG in 10% HG) in 15% nedefiniranih vlaken; pri 5 letih pa 60% počasnih in 40% hitrih (slika 21)

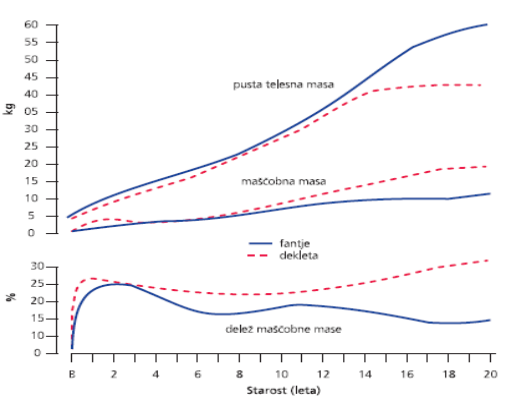
- Metode merjenja mišične mase

- količina izločenega kreatinina
 - 1 g kreatinina v 24 urah predstavlja 20kg mišične mase
 - količina kreatinina se od 10 do 18 let več kot podvoji
- koncentracija K
 - več kot 70% telesnega K je v mišicah

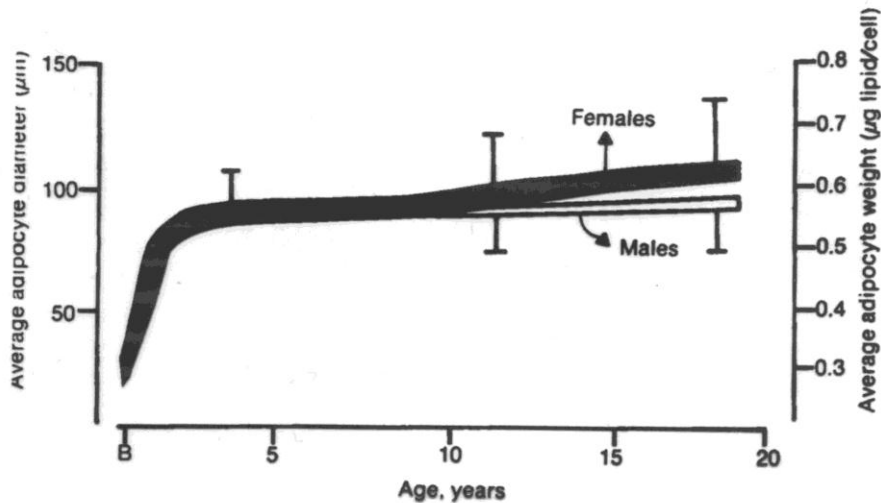
MAŠČOBNO TKIVO V OBDOBJU RAZVOJA

- Tip maščobnega tkiva:
 - belo maščobno tkivo
 - pomembna metabolična funkcija (shranjevanje energije in sodelovanje v metabolizmu glukoze in maščobnih kislin)
 - mehanska zaščita vitalnih delov in izolacijska naloga
 - nalaga se ob notranjih organih in ob pasu pri moških in stegnih pri ženskah (moška in ženska debelost)
 - rjavo maščobno tkivo
 - le 1% celotnega adipoznega tkiva
 - pomemben v produkciji toplote - termoregulacija
 - nalaga se ob ledvicah in na vratu

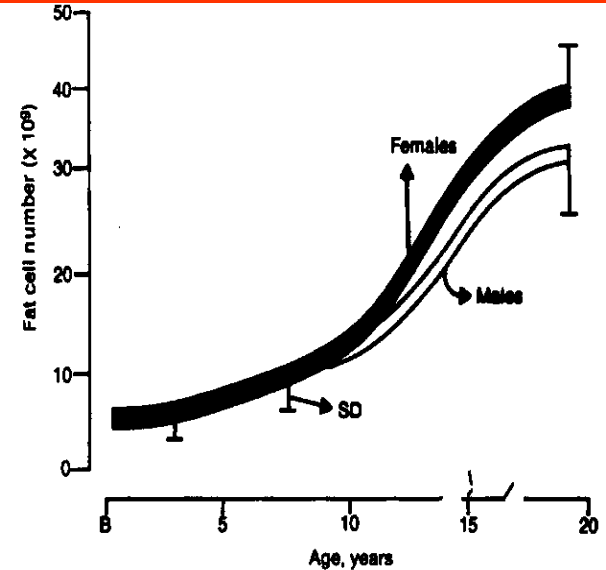
Razvoj maščobnega tkiva skozi obdobje razvoja



Število maščobnih celic se od rojstva do odraslosti poveča za 10X



Schematic representation of growth changes in average adipocyte size of a typical fat depot in boys. Individual differences tend to increase with age. Differences among various fat depots are not shown. from the data of Bonnet and Rocour-Brumioul (1981), Knittle et al. (1979), Hager et al. (1977), al. (1981), and Boulton et al. (1978).



Schematic representation of average changes in fat cell number during growth in boys and girls. Individual differences increase considerably with age. Curves are derived from several sources.

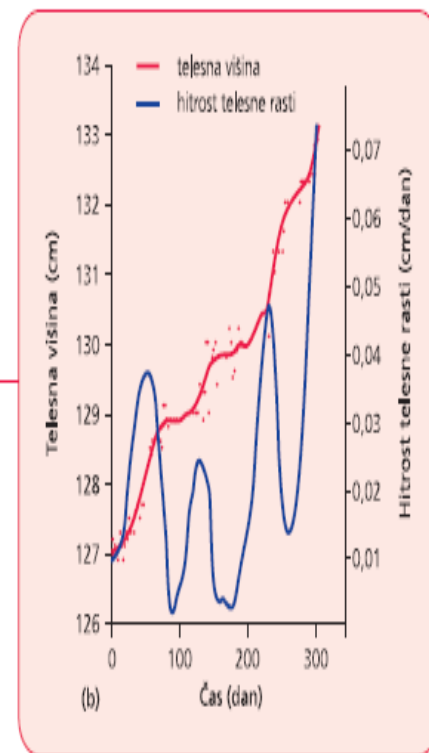
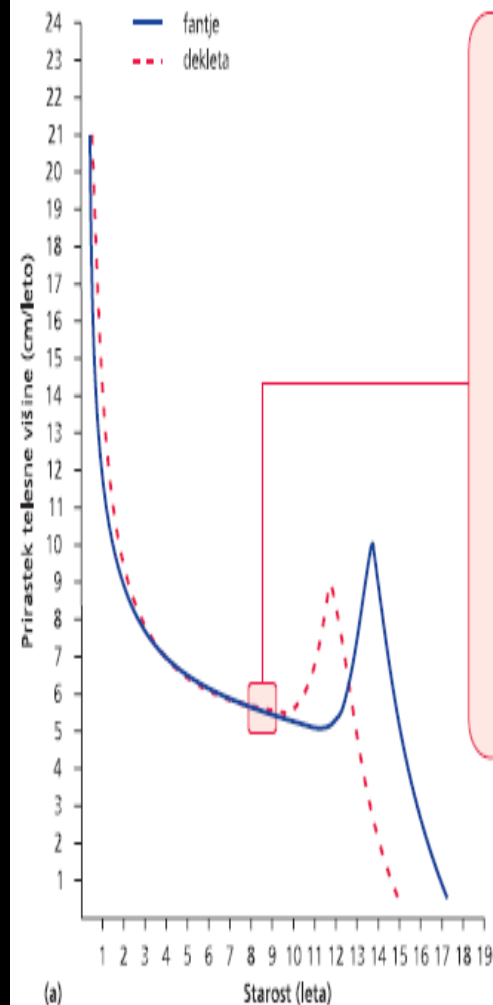
Obseg maščobnih celic se v tem obdobju poveča za 2X

Masa maščobnega tkiva se poveča od 0,5 kg pri novorojenčku na 10 kg pri fantih in 14kg pri dekletih ob koncu adolescence

DINAMIKA SPREMINJANJA DOLŽINSKIH MER KONSTITUCIJE

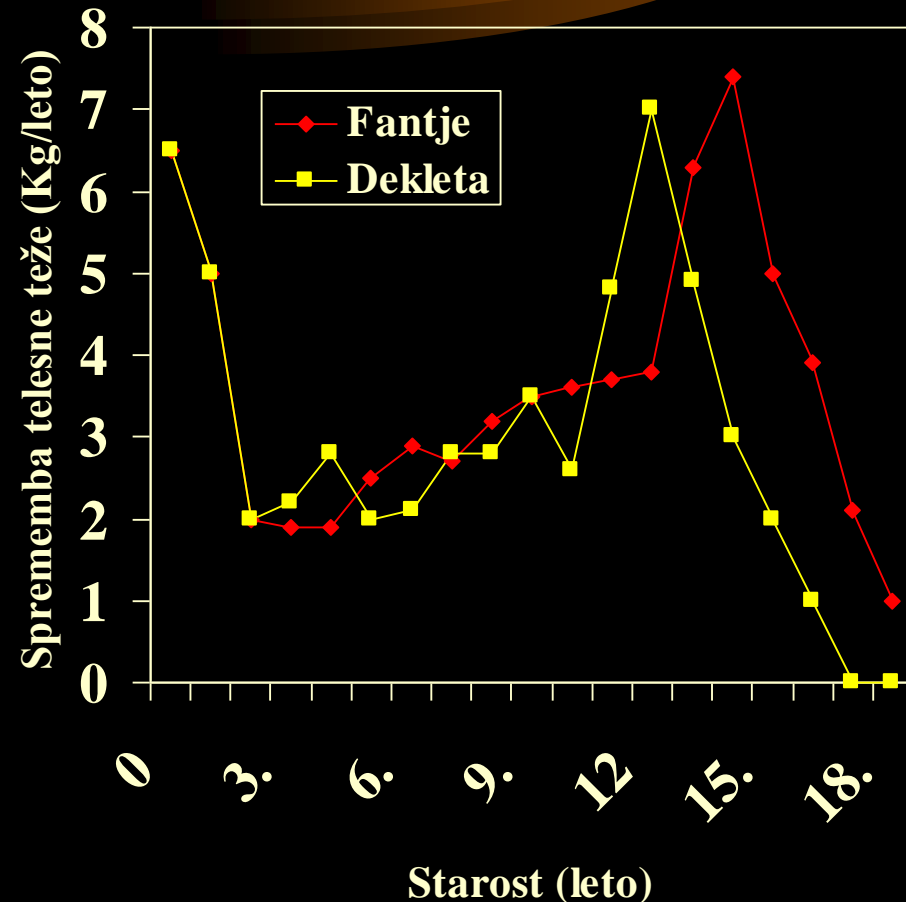
- **Pospešena rast telesne višine (PHV):**

- pomemben indikator somatskega zorenja
- nastopi: 10-12 let ♀ ; 12-14 let ♂
- traja 1 - 1,5 let
- prirastek višine se podvoji: 8,1cm ♀ in 9,4 cm ♂
- hormonski vpliv in vpliv razvoja kostnega sistema:
- asimetričnosti v rasti posameznih delov telesa

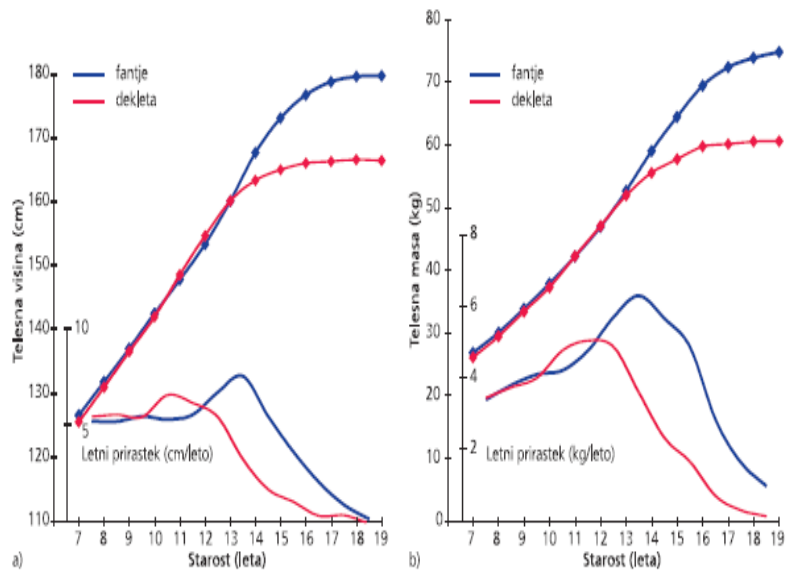
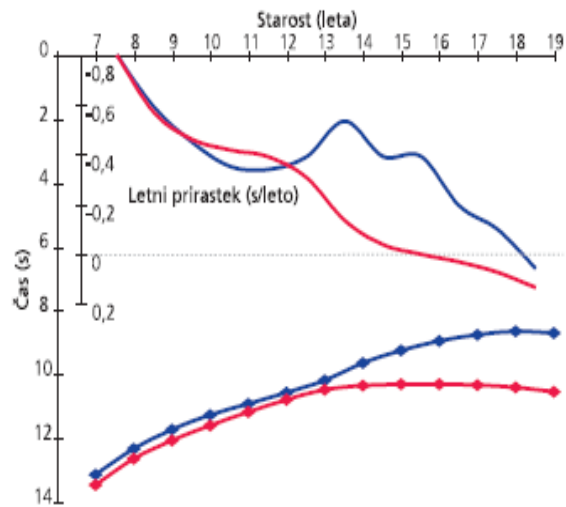


DINAMIKA SREMINJANJA TELESNE MASE

- **Dinamika naraščanja telesne mase NI hkratna z PHV (razvojem višine)**
- **PWV je 0,5 do 1 leta za PHV**
 - Največji prirastek FFM: 7kg/leto ♂ in 3,5kg/leto ♀
 - Največji prirastek FM: 1,5kg/leto (1% TT/leto) ♀ in 0,7 kg/leto (0,5% TT/leto) ♂
- **Delež mišične mase z odraščanjem narašča:**
 - ob rojstvu 25%; pri 5 letih 35%, odrasel človek 45%-53%

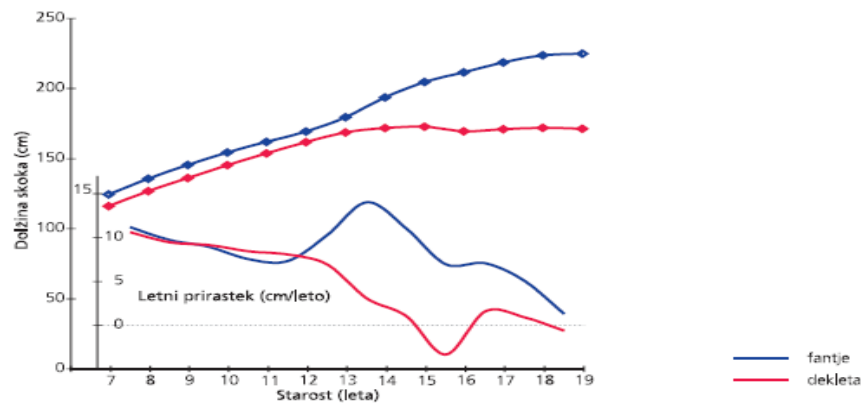


Dinamika razvoja hitrosti - tek 60m

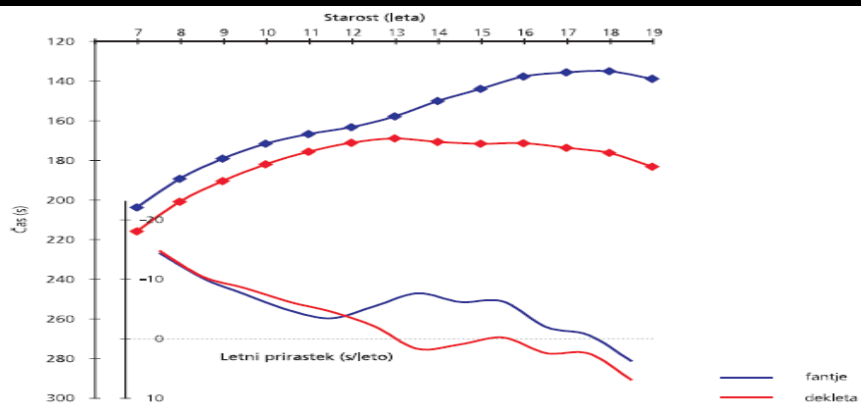


Dinamika spreminjanja telesne mase in telesne

Dinamika in soodvisnost razvoja gibalnih sposobnosti in telesnih mer 7 - 19 let



Dinamika razvoja eksplozivne moči - SDM



Vzdržljivost - tek 600m

Gibalna učinkovitost otrok in mladostnikov v različni stopnji odraslosti

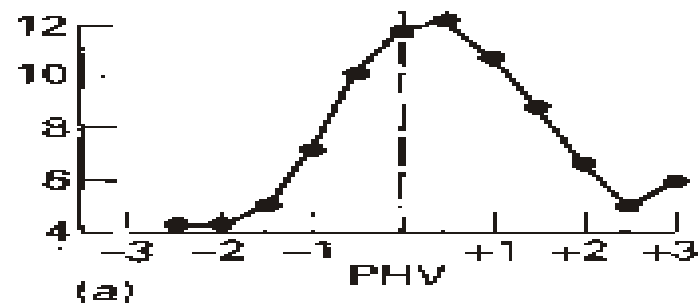
- V obdobju adolescence imajo v številnih športnih disciplinah prednost fantje s hitrejšim biološkim razvojem (korelacija med SS in mot. učinkovitostjo ali mišično silo je 0,35 do 0,74 Malina, 1992) ([Slika 17](#))
- Gibalna učinkovitost pri dekletih v tem obdobju ni (ali pa je v negativni) povezavi z biološkim razvojem. Zakasnele v razvoju dosegajo boljše rezultate v motoriki ([slika 18](#)).
- Fantje v zgodnjem razvoju kažejo večjo sposobnost razvoja mišične sile (tako absolutne kot tudi relativne) kot tisti v poznem razvoju ([slika 19](#))

Povezanost dinamike razvoja gibalnih sposobnosti z dinamiko razvoja telesne višine

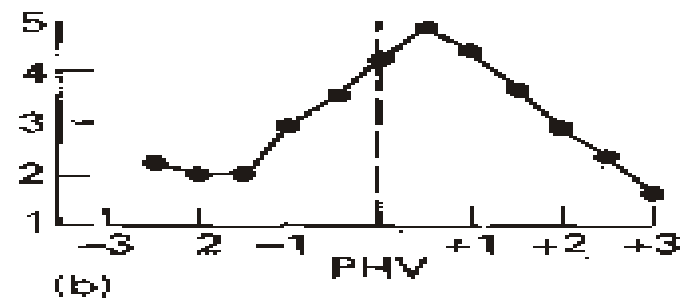
- Razvoj oz. hitrost razvoja gibalnih sposobnosti bolj ali manj soupada s pospekom rasti (PHV in PWV)
 - Mišična sila razvije (doseže svojo največjo hitrost razvoja 1,2 leti PO PHV in 0.8 let po PWV. Pri dekletih je največji prirastek mišične sile ob PHV (40%).
 - Hitrost razvoja statične moči in eksplozivne sile je največja po PHV.
 - Izbruh pridobivanja moči se začne 1,5 leta pred PHV in doseže vrh 0,5 do 1leto za PHV.
 - Hitrost posameznih gibov (delov telesa), gibljivost in koordinacija dosežejo največjo hitrost razvoja PRED PHV (zaradi kasnejših nenadnih disproporcev)

Povezanost dinamike razvoja gibalnih sposobnosti z dinamiko razvoja telesne višine

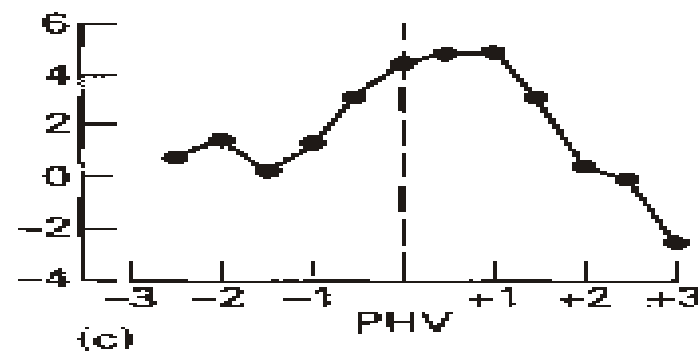
Funkcija v koeficijentu



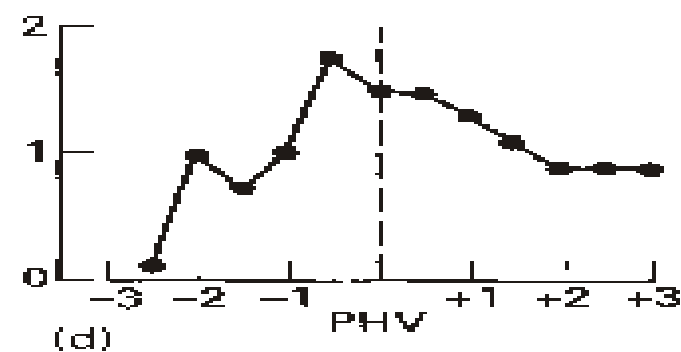
Vertikalni skok



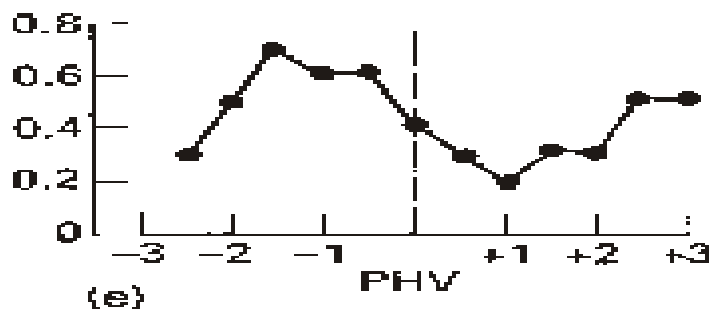
Eksterizija v koeficijentu



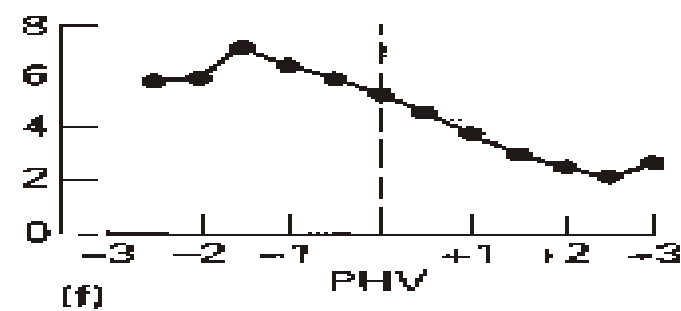
Gibljivost



Cik-cak tek



Taping



Relativna starost pri PHV (leta)

Relativna starost pri PHV (leta)

- Neenakomerna telesna rast – asimetrija med telesnimi deli in športna vadba

Problem 3

Asimetričnost telesne rasti

- Rast v višino (longitudinalne dimenzije) NI skladna s pridobivanjem telesne mase
- Dinamika spreminjanja longitudinalnih mer NI hkratna
 - rast nog prehiteva PHV, trup in roke zaostajajo (tabela)
 - relativna dolžina nog s starostjo narašča (razmerje DN:TT ob rojstvu 52%, pri 13 letih 68%).
- Dinamika rasti: rast spodnjih okončin | trup in roke |
jačanje kostnega sistema | pridobivanje mišične mase

Asimetričnosti v rasti posameznih delov telesa

Največja hitrost rasti posameznih telesnih segmentov (Tanner, 1991)

	♀	♂
• Dolžina noge	11,3	13,4
• Telesna višina	11,8	14,1
• Sedeča višina	12,4	14,6
• Premer stegnenice	11,9	14,1
• Premer tibie	11,1	13,6
• Obseg nadlakti	12,8	14,5
• Obseg stegna	13,2	14,8

- Pomen ustreznega pedagoškega ravnanja
- Potrebna je velika pozornost v postopkih selekcioniranja
 - Telesna konstitucija (zaradi različne biološke starosti) pogosto zavaja: v številnih športnih aktivnostih (še zlasti dekleta) so pozno odraščajoči - ektomorfi primernejši
 - Zgodnje odraščajoči imajo v številnih športnih disciplinah prednost v mladostništvu, kasneje ne več -
MOTIVACIJSKI PROBLEM



Hvala za pozornost !