

FYZIOLÓGIA PUBERTY

doc. MUDr. Ľudmila Košťálová, CSc.

II. detská klinika, LF UK a DFNSP, Bratislava

Puberta je obdobie od začiatku pohlavného dozrievania do dosiahnutia pohlavnej zrelosti. V súčasnosti začína puberta skôr ako v minulom storočí, čo sa dáva do súvislosti so zlepšenými socioekonomickými podmienkami, zmenou stravovacích návykov a celkovým zlepšením zdravotného stavu detskej populácie. Začiatok puberty spúšťajú hormonálne zmeny, podmienené genetickými a etnickými faktormi. Výsledkom sú zmeny vo vývoji pohlavných žliaz, u dievčat končiace pravidelným menštruačným cyklom a u chlapcov tvorbou spermií, rozvojom sekundárnych pohlavných znakov (rast mliečnych žliaz, ochlpenia, zmeny na vonkajších genitáliách), zmenami vyzrievania a rastu kosti, zmenou stavby tela a rozložením tuku a končiace zmenami v psychickej sfére.

Kľúčové slová: puberta, fyziológia puberty, nástup puberty, znaky puberty.

Kľúčové slová MeSH: puberta – fyziológia.

PHYSIOLOGY OF PUBERTY

Puberty is a period from the beginning of sexual maturation to reaching the sexual maturity. At the present the puberty starts earlier than in the last century, what can be associated with better social and economic conditions, change of eating habits and total improvement of health condition of the human population. The onset of puberty starts by hormonal changes, conditioned by genetic and ethnic factors. This results in the development of sexual glands, in girls ending by regular menstrual cycle and in boys by sperm production, development of secondary sexual signs (the growth of mammalian glands, pubic hair, changes in external genitalia), changes in maturing and growth of bones, change in the body structure and division of fat ending by the changes in psychic sphere.

Key words: puberty, physiology of puberty, onset of puberty, symptoms of puberty.

Key words MeSH: puberty – physiology.

Pediatr. prax, 2007; 3: 135–140

Puberta je obdobie od začiatku pohlavného dozrievania po dosiahnutie pohlavnej zrelosti. Dotýka sa nielen hormonálnych a somatických, ale aj psychických zmien. Puberta je rekapituláciou endokrínnej aktivity fetálneho a neonatálneho obdobia (3). V súčasnosti začína puberta u dievčat skôr ako v minulom storočí, čo sa prejavilo najmä na začiatku menštruačného cyklu. Dáva sa to do súvislosti so zlepšenými socioekonomickými podmienkami, zmenou stravovacích návykov a celkovým zlepšením zdravotného stavu.

Časový nástup puberty

U dievčat v našich podmienkach nastáva začiatok puberty priemerne medzi 10. a 11. rokom. Od začiatku prvých príznakov puberty až po menarché prebehne v priemere 2,3 roka. Nástup **menarché**, čiže **prvej menštruácie**, býva u nás priemerne vo veku 13,2 roka. **U chlapcov** začína puberta priemerne vo veku okolo 11 rokov a konečnú výšku väčšina chlapcov dosiahne v 17 rokoch (8). V USA začína puberta u dievčat asi o 6 mesiacov skôr ako u dievčat v Európe.

Ak nastane začiatok puberty pred 8. rokom u dievčat a pred 9. rokom u chlapcov, hovoríme o **predčasnej puberte (pubertas praecox)**. Mierna **obezita** sa spája so skorším nástupom menarché, zatiaľ čo ťažká forma obezity vedie k oneskorenému menarché. Za **oneskorenú pubertu (pubertas tarda)** považujeme nedostatok prvých somatických

známkov dospievania u dievčat do 13. roku a u chlapcov do 14. roku (16).

Genetické faktory hrajú dôležitú úlohu pri nástupe puberty. Začiatok puberty u dievčaťa nastáva približne v tom istom veku, ako začala puberta jej matky. Podobne to platí pre chlapcov. **Etnické faktory** ovplyvňujú taktiež začiatok puberty. Kompletne vyvinutie sekundárnych pohlavných znakov trvá u dievčat asi 3–3,5 roka, ale rozmedzie je od 2,0 do 4,0 rokov, kým u chlapcov priemerne 3,5 roka, s rozmedzím 2,5 do 5 rokov.

Kontrola začiatku puberty

Plod a novorodenec majú koncentráciu gonadotropínov a sexuálnych hormónov tak vysokú, ako majú deti v puberte (5). V prvých rokoch života však dochádza k poklesu aktivity osi hypotalamus-hypofýza-gonády, čo sa nazýva **juvenilná pauza**. Pokles sekrécie gonadotropínov počas detstva pred začiatkom puberty, je, zdá sa, **sprostredkovaný CNS**, ktorý brzdí začiatok puberty až do obdobia jej geneticky naprogramovaného začiatku. Ako sa zistilo na opiciach, kyselina gama-aminomaslová (GABA) je pravdepodobne zodpovedná za supresiu GnRH (gonadotropíny uvoľňujúci hormón) produkcie u ženského pohlavia, zatiaľ čo u mužských jedincov brzdí vývoj puberty neuropeptid Y (NPY) (13). **Poškodenie CNS** pri zvýšenom intrakraniálnom tlaku, po ožiarení mozgu alebo tumore môže

potlačiť tento inhibičný vplyv, a tým spôsobí predčasný nástup puberty. Miestom kontroly sekrécie a najmä pulzového vyplavovania GnRH do hypotalamo-hypofýzového obehu je nucleus arcuatus. V čase nástupu puberty dochádza k poklesu inhibičného vplyvu CNS a začnú sa vylučovať excitáčnejšie neurotransmitery, ktoré stimulujú uvoľnenie GnRH. Paradoxne medzi tieto neurotransmitery opäť patrí NPY, ktorý má inhibičný efekt pred pubertou a stimulačný efekt v puberte.

Hormonálne zmeny počas puberty

Začiatok puberty je charakteristický vylučovaním hypotalamového gonadotropíny uvoľňujúceho hormónu (nazývaný tiež „releasing factor“ – GnRH). GnRH sa vylučuje v pulzoch do hypotalamo-hypofýzového portálneho systému. Kolísanie frekvencie sekrécie GnRH mení množstvo z hypofýzy uvoľneného LH (luteinizačný hormón) a FSH (folikuly stimulujúci hormón). Gonadotropíny sa taktiež uvoľňujú do krvi v pulzoch, napodobňujúc takto pulzovú sekréciu GnRH.

Hoci epizodická stimulácia GnRH zvyšuje sekréciu gonadotropínov, kontinuálna infúzia GnRH znižuje sekréciu LH aj FSH, lebo sa tým znižuje počet receptorov pre GnRH. Pokles počtu receptorov je prvým znakom kontinuálneho podávania GnRH, až potom poklesne sekrécia gonadotropínov. **Tento fenomén sa využíva pri liečbe centrálnej predčasnej puberty.**

Tabuľka 1. Sérové gonadotropíny, gonádové a steroidné hormóny počas jednotlivých štádií puberty u dievčat a u chlapcov (upravené podľa Styne 2001).

Chlapci				
Štádium podľa Tannera	LH (IU/l)	FSH (IU/l)	Testosterón (nmol/l)	DHEA-S (nmol/l)
1.	0,02 – 0,42	0,22 – 1,92	0,1 – 1,0	13 – 689
2.	0,26 – 4,84	0,72 – 4,60	0,1 – 2,0	33,8 – 988
3.	0,64 – 3,74	1,24 – 10,37	0,3 – 15,0	156 – 1 313
4.	0,55 – 7,15	1,70 – 10,35	5,0 – 25,0	169 – 1 456
5.	1,54 – 7,00	1,54 – 7,00	9,0 – 32,0	429 – 1300
Dievčatá				
Štádium podľa Tannera	LH (IU/l)	FSH (IU/l)	Estradiol (pmol/l)	DHEA-S (nmol/l)
1.	0,05 – 0,68	0,31 – 4,75	18 – 52	13 – 325
2.	0,05 – 4,31	0,61 – 6,84	18 – 290	39 – 390
3.	0,61 – 9,8	2,91 – 8,79	18 – 1 379	52 – 1 391
4.	0,05 – 20,2	0,14 – 8,78	18 – 1 094	91 – 1 261
5.	0,05 – 20,0	0,19 – 9,20	27 – 1 108	65 – 1 378

DHEA-S – dehydroepiandrosteron sulfát; FSH – folikuly stimulujúci hormón; LH – luteinizačný hormón
V tabuľke sú udané krajné hodnoty 2,5 – 97,5 percentil

Pretože máme epizodickú sekréciu gonadotropínov, jeden odber nepovie o sekrečnej dynamike týchto hormónov. Ani súčasné 3. generčné testy nie sú dostatočne senzitivné na to, aby indikovali začiatok puberty na základe jednej bazálnej vzorky, preto sa často používa **GnRH stimulačný test**. Vylučovanie gonadotropínov má počas puberty diurnálny rytmus, vyššie vylučovanie („píky“) sú počas noci. Hladiny sexuálnych steroidov sa zvyšujú a klesajú sledujúc tieto „píky“ s niekoľkohodinovým oneskorením. Pulzová nočná sekrécia sa zvyšuje na začiatku puberty najmä u LH, postupne s rozvojom puberty „píky“ narastajú aj počas dňa. Steroidné hormóny a gonádové peptidy môžu meniť sekréciu gonadotropínov, platí tu spätná väzba.

FSH u mužov sa viaže na špecifický receptor na povrchu Sertolihových buniek. FSH umožňuje vyzrievanie seminiformných tubulov a napomáha vývoju spermií. Ak má chlapec tumor, ktorý produkuje choriový gonadotropín (hCG), vedie to k stimulácii Leydigových buniek, ale bez FSH efektu: výsledným efektom je virilizácia bez zväčšenia testes. **LH** sa viaže na membránový receptor Leydigových buniek semenníkov. Následne spustí kaskádu dejov, ktorých výsledným produktom je **testosterón**. **V bunkách sa môže testosterón konvertovať 5 α -reduktázou na dihydrotestosterón alebo za pomoci aromatázy na estrogény**. Testosterón suprimuje sekréciu LH, u fétu inhibuje vznik Wolffových dutok a podieľa sa na vzniku mužského habitu.

Dihydrotestosterón je zodpovedný najmä za virilizáciu vonkajších genitálií a za väčšinu se-

kundárnych sexuálnych mužských charakteristík v puberte ako je rast falusu, zväčšenie prostaty, rast fúzov a za androgénne podmienenú stratu vlasov. Androgény sa podieľajú na ďalších zmenách: na rozvoji svalstva, stimulujú aktivitu enzýmov v pečeni a syntézu hemoglobínu. Androgény konvertované aromatázou na estrogény stimulujú vyzrievanie kosti s následným rastovým špurtom a uzáverom rastových platničiek, a tým ukončením rastu (14).

U žien sa LH viaže na membránový receptor ovária a opäť spustí kaskádu dejov, ktorých výsledným produktom folikulárnych buniek sú estrogény. **FSH** sa viaže na povrchový receptor v granulózových bunkách a stimuluje konverziu testosterónu na estrogény a zvyšuje sa produkcia progesterónu. Hladina LH a FSH sa mení počas menštruačného cyklu. Hlavným aktívnym estrogénom je **estradiol**. Estradiol spôsobuje proliferáciu folikulárnych buniek, ovplyvňuje rast mliečnych žliaz a maternice, distribúciu tuku a má vplyv na kosti. **Ovulácia** je výsledkom interakcie LH, FSH a estradiolu na vyvíjajúci sa primordiálny folikulus.

Sekrécia **rastového hormónu (GH)** sa zvyšuje počas puberty so zvyšujúcou sa sekréciou sexuálnych steroidov. Amplitúdy GH sa s pubertou zvyšujú, hoci frekvencia sekrečných „píkov“ sa nemení. U dievčat sa zvyšuje sekrécia GH od začiatku puberty, preto rastový špurť u nich nastáva skôr ako u chlapcov, ktorí rastú ku koncu puberty.

Inzulínu podobný rastový faktor (IGF). Koncentrácia IGF-I v sére je nízka pri narodení a po-

čas detstva sa zvyšuje až do obdobia puberty. V období rastového špurťu sa zvyšuje niekoľkonásobne. Zvýšenie koncentrácie IGF-I v puberte je spôsobené zvýšenou sekréciou GH a priamym efektom sexuálnych steroidov, ktoré spôsobujú zvýšenú produkciu IGF-I aj priamo na chrupavkách kostí, bez priameho zásahu GH.

Nástup puberty

Počas peripubertálneho obdobia, pred tým, ako sa objavia telesné zmeny nástupu puberty, začína sa zvyšovať sekrécia gonadotropínov počas noci. Zároveň sa zvyšuje koncentrácia sexuálnych steroidov počas noci a skoro ráno, nasledujúca po gonadotropínových „píkoch“. Skoro ráno je hladina testosterónu vyššia ešte pred začiatkom sekundárneho pohlavného vývoja. Tento fenomén určuje začiatok puberty u jednotlivých chlapcov. Hladina testosterónu v prepubertálnom období koreluje s dehydroepiandrosterónom sulfátom (DHEA-S), potvrdzujúc adrenálny pôvod testosterónu, zatiaľ čo počas puberty väčšina testosterónu u dievčat sa tvorí v ováriách (1). Ako puberta progreduje, zvyšuje sa sekrécia gonadotropínov a sexuálnych hormónov počas dňa, až do obdobia, keď cirkadiálny rytmus temer zanikne.

GnRH stimulačný test sa používa pri oddiferencovaní ochorenia puberty (najmä pri telarche praecox), ale zároveň arteficiálne podávaný GnRH môže pubertu indukovať.

Sexuálne steroidy sú menej variabilné ako koncentrácia gonadotropínov počas pubertálneho vývoja a zvyšujú sa v každom štádiu puberty. Sexuálne steroidy môžu slúžiť spolu s koncentraciou gonadotropínov na určenie štádia puberty.

Adrenarché

U dievčat nadobličkové androgény, dehydroepiandrosteron a androstendion, produkované v zona reticularis sa zvyšujú na dvoj- a viacnásobne hladiny ešte pred zvýšením sekrécie gonadotropínov. Sú zodpovedné za vývoj ochlpenia (adrenarche). Nástup adrenarche začína v 6 – 8 rokoch u zdravých dievčat a pokračuje až do konca puberty. Adrenarche u dievčat sa môže objaviť o 1 – 2 roky skôr pred sekréciou gonadotropínov. Prítomnosť alebo nedostatok adrenarche však neovplyvňuje začiatok centrálnej puberty. Zdá sa ale, že adrenarche nie je nevyhnutné pre nástup zrenia gonád.

U chlapcov vznik adrenarche súvisí s produkciou androgénov najmä v semenníkoch. Preto jeho objavenie nastáva až po zväčšení testes v puberte.

U zdravého dieťaťa je adrenarche v časovej koordinácii s gonadarche.

Somatické zmeny v puberte

Počas puberty dochádza u detí k somatickým zmenám, s postupným vyzrievaním sekundárnych pohlavných znakov. Tieto zmeny možno rozdeliť podľa Tannera do 5. štádií a nazývame ich **štádiá sexuálneho zrenia** (obrázky 1, 2, 3). Zvyčajne porovnávame nález vývojového štádia dieťaťa so štandardným nálezom jednotlivých štádií puberty, ktoré sú charakterizované u dievčat rozvojom mliečnej žľazy, pubického a axilárneho ochlpenia. U chlapcov pri posudzovaní štádia puberty sa zohľadňuje veľkosť testes, skróta a penisu, rast pubického a axilárneho ochlpenia, rast fúzov a mutácia hlasu. V bežnej praxi sa používajú kreslené alebo fotografické vyobrazenia jednotlivých štádií puberty, pričom lekár porovnáva aktuálny stav u dieťaťa s vyobrazeným nálezom. Jednotlivé zmeny sekundárnych pohlavných znakov sa vyvíjajú rozdielne v závislosti od pohlavia dieťaťa (tabuľka 2).

Somatické zmeny u dievčat

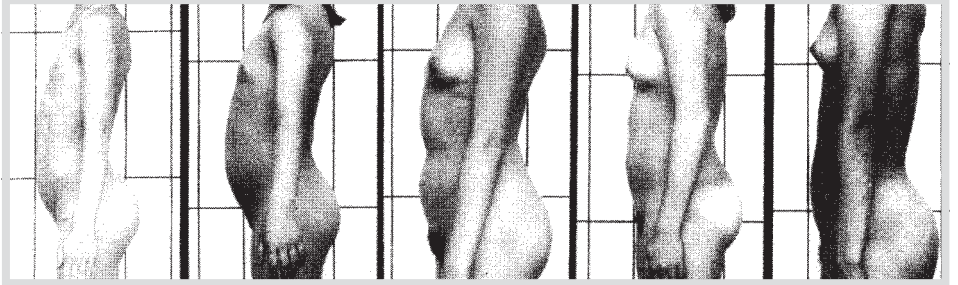
Mnohé faktory sa podieľajú na vytváraní prsníka včítane rastového hormónu (GH), inzulínu podobnému faktoru I (IGF-I) a inzulínu, ale v období puberty je vývoj prsníkov závislý najmä na sekrécii estrogénov ováriami. Vývoj prsníkov môže byť počas niekoľkých mesiacov jednostranný, čo neraz spôsobuje neopodstatnené obavy z malignity u detí a ich rodičov. Zmeny v priemere prsného dvorca a prsnej bradavky závisia od štádia puberty, ako aj veľkosti prsníka. Priemer bradavky sa veľmi nezväčšuje počas pubického štádia (P) 1 – 3, alebo štádia prsníka (B) 1 – 3, keď je priemer 3 – 4 mm, ale sa zvyšuje po štádiu B3, do konečného priemeru približne 9 mm. Počas rastu pubického a axilárneho ochlpenia hlavne pod vplyvom androgénov produkovaných nadobličkami, štádium vývoja prsníka zodpovedá štádiu vývoja pubického ochlpenia. Pretože vývoj týchto orgánov je pod kontrolou rozdielnych hormonálne aktívnych orgánov, hodnotia sa oddelene.

Vývoj vaječníkov a maternice počas puberty. Počas vývoja dieťaťa, no najmä v puberte dochádza k rastu vaječníkov a maternice. Vývoj vaječníkov a maternice možno sledovať pomocou ultrasonografického vyšetrenia. Pri tomto vyšetrení vidieť aj folikuly. Ak sú prítomné viac ako 6 folikulov priemeru viac ako 4 mm, hovorí to o pulzovej sekrécii gonadotropínov a tento nález býva u dievčat v puberte pred menarché a u dievčat po zlepšení sa stavu mentálnej anorexie. Mnohocycký vzhľad ovárií je v období nočného pulzného vylučovania gonadotropínov. Myometrium sa zväčšuje na začiatku puberty, postupne rastie telo maternice. Rast krčku maternice sa ukončí až tesne

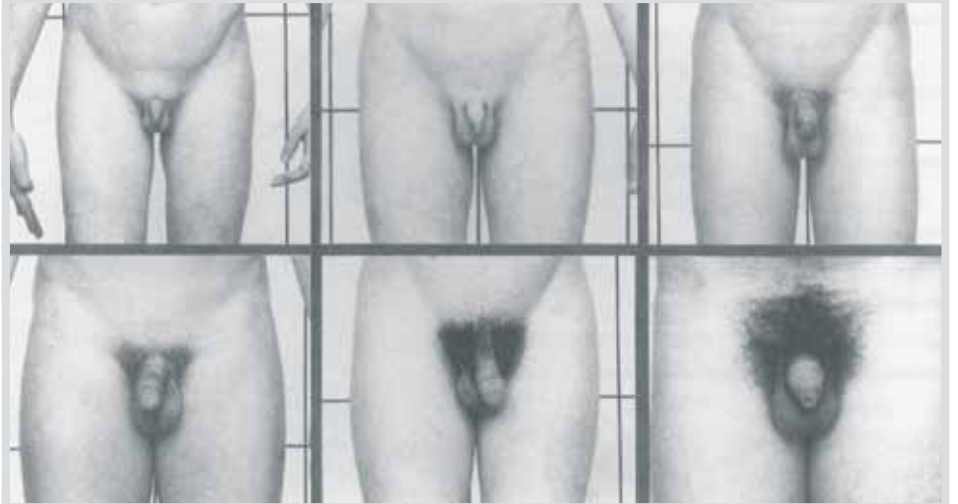
Obrázok 1.



Obrázok 2.



Obrázok 3.



pred menarché.

Dôležité je pripomenúť, že menarché s ovuláciou môže mať aj dievča, ktoré nemá kompletne vyvinuté sekundárne pohlavné znaky a napriek tomu, že vyzerá byť nezrelé, môže byť fertilné.

Ostatné zmeny u dievčat počas puberty

Rast vagíny nastáva od počiatočných štádií puberty a predlžuje sa až do začiatku menarché. Mukóza vulvy a vagíny sa stáva jemnejšou a tenšou, stenčuje sa hymen so zväčšovaním sa hymenálneho orificia. Pred menarché je asi 10 % superfiálnych buniek z buniek vaginálnej mukózy s estrogénovou stimuláciou, v bunkách sa zvyšuje obsah glykogénu. Tesne pred menštruáciou bunky sú adultného typu, zrohovatené. Estrogénna stimulácia epitelových žliaz vedie k produkcii čierneho hlienu. Vaginálna tekutina sa stáva kyslou s progredujúcou pubertou, zatiaľ čo prepubertálna sekrécia je alkalická alebo neutrálna. Počas

puberty sa na mons pubis ukladá viac tuku a dochádza k jeho zväčšeniu. Zároveň sa zväčšujú labiá a na povrchu sa objavujú jemné záhyby. Mení sa redistribúcia tuku, dievča sa zaokrúhľuje.

Somatické zmeny u chlapcov

Rast penisu a testes u chlapcov zvyčajne koreluje s vývojom pubického ochlpenia, pričom sú pod kontrolou androgénov. Vývoj genitálií a pubického ochlpenia sa hodnotí samostatne, lebo na vývoji ochlpenia bez zväčšenia testes sa môžu podieľať androgény z nadobličiek.

Zväčšovanie testes je zvyčajne prvých znakov puberty u chlapcov. Veľkosť semenníkov sa určuje pomocou Práderovho orchidometra porovnávacou metódou. Za začiatok puberty sa považuje, ak je pozdĺžna veľkosť semenníka viac ako 2,5 cm alebo, ak objem semenníka meraný orchidometrom, dosiahne 4 ml. Prepubertálne semen-

Tabuľka 2. Priemerný a hraničný vek (roky) začiatku vývoja jednotlivých znakov puberty.

Dievčatá	Vek (roky)
Zrenie prsníkov (thelarche, M2)	10,3 (8 – 14)
Pubické ochlpenie (pubarche, P2)	11,2 (8,5 – 14)
Menštruácia (menarche, objaví sa v štádiu M3 – M4)	13,0 (10,2 – 15,5)
Axilárne ochlpenie	13,0 (11,0 – 15)
Rastové zrýchlenie – špurt (objaví sa spolu s M2, najrýchlejší rast pri M2 - M3)	10,3 (8,0 – 14,0)
Akné	13 (12 – 15)
Dĺžka trvania puberty	3 – 3,5 (2 – 4) roky
Predčasná puberta (pubertas praecox, prvé známky puberty)	pred 8. rokom
Oneskorená puberta (puberta tarda, bez známkov puberty)	po 13. roku
Max. rast za rok počas puberty	8 (6 – 12) cm
Max. rast po začiatku menštruácie	2 – 10 cm
Chlapci	Vek (roky)
Zväčšenie semenníkov (objem testes ≥ 4ml, pozdĺžna dĺžka ≥ 2,5cm)	11,2 (9 – 14)
Pubické ochlpenie (pubarche, P2)	12,5 (10,5 – 15)
Zväčšenie prsných žliaz (gynekomastia)	12,5 (11,5 – 15)
Zmeny hlasu (mutovanie)	14 (12,5 – 16)
Axilárne ochlpenie	14,5 (12,0 – 16,5)
Ochlpenie tváre (v 4. – 5. štádiu puberty podľa Tannera)	15 (12,8 – 17,2)
Rastové zrýchlenie – špurt (v 3. a 4. štádiu podľa Tannera)	14 (12 – 16) cm
Akné	14,5 (13 – 18)
Dĺžka trvania puberty	3,5 (2,5 – 5)
Predčasná puberta (pubertas praecox, prvé známky puberty)	pred 9. rokom
Oneskorená puberta (pubertas tarda, bez známkov puberty)	po 14. roku
Max. rast za rok počas puberty	10 (8 – 18) cm
Tvorba spermíí (objem testes ≥ 13 ml)	14 (13,5 – 16,5) roky

níky obsahujú najmä Sertolihov bunky, zatiaľ čo semenníky dospelého sa skladajú najmä zo zárodočných (germinálnych) buniek v seminiformných tubuloch, podobne v puberte nas-táva rozvoj aj Leydigových buniek. Spermatogézu možno histologicky zistiť medzi 11. až 15. rokom, prítomnosť spermíí možno zistiť vo vzorke raňajšieho moču priemerne vo veku 14 rokov – **spermarché** (12). Prvá ejakulácia sa vyskytuje priemerne vo veku 13,5 roka. Morfológia, motilita a koncentrácia spermíí ako u dospelého muža je pozorovaná až pri kostnej zrelosti 17 rokov, dôležité je uvedomiť si, že aj nezrelo vyzerajúci chlapec môže byť fertilný.

Zmeny hlasu počas puberty sú spôsobené predĺžením hlasiviek a zväčšením laryngu, tyreoidných chrupaviek a laryngeálnych svalov. Mífnik v týchto zmenách nastáva priemerne asi vo veku 14 rokov a dospelý hlas má väčšina chlap-

cov vo veku 15 rokov, čiže v období pubertálneho štádia 3 a 4 (6).

Ochlpenie tváre nad hornou perou a na brade sa začína vyvíjať približne vo veku 15 rokov, kompletne ochlpenie je v období, keď má chlapec pubické ochlpenie a genitálie v 5. štádiu podľa Tannera. Počas puberty sa zvyrazňujú líčne kosti a nos.

Gynekomastia. Zväčšenie prsníkov rôzneho stupňa sa vyskytuje u 39 – 75 % chlapcov, zvyčajne počas prvých štádií puberty. Objavenie sa gynekomastie je v dôsledku zvýšenej koncentrácie estrogénov v období, pokiaľ koncentrácia testosterónu dosiahne hladinu, ktorá tvorbu estrogénov zablokuje. U väčšiny chlapcov regresia nastáva do 2 rokov od objavenia. U niektorých zdravých chlapcov, obéznych a za patologických podmienok, ako sú chlapci s Klinefelterovým syndrómom, alebo parciálnou re-

zistenciou na androgény, keď je množstvo testosterónu redukované, gynekomastia sa môže stať trvalou.

Iné zmeny v puberte u chlapcov a dievčat

Počas puberty u chlapcov dochádza k rozšírovaniu ramien a u dievčat panvy. Rastom chrbtice sa predlžuje horný oproti dolnému segmentu tela. Axilárne ochlpenie sa do veku 12 rokov nájde u 63 % dievčat, priemerný vek vývoja axilárneho ochlpenia u chlapcov je 14,5 rokov (7). Acne vulgaris sa pozoruje u chlapcov priemerne vo veku 14,5 roka, u dievčat to môže byť jedným z prvých znakov puberty, často v spojitosti so zvyšujúcou sa hladinou DHEA (10).

Zrenie kostí. Kostný vek lepšie informuje o fyziologickom štádiu vývoja dieťaťa ako chronologický (kalendárny) vek. Normálne odchýlky v tempe vývoja môžu byť patologické ku chronologickému veku, ale sú v norme ku kostnej zrelosti.

Denzita kostí v puberte. U dievčat nastáva vrchol mineralizácie kostí medzi 14. až 16. rokom, zatiaľ čo chlapci dosahujú tento pík priemerne vo veku 17,5 roka (11). Vrcholy nastávajú po období najrýchlejšieho rastového prírastku a závisia od genetických daností. Fyzická záťaž v prepuberálnej fáze vývoja je dôležitá pre vytvorenie dostatočnej kostnej hmoty (2). U detí s oneskoreným nástupom puberty, nachádzame zníženie kostnej hmoty. U detí so zníženou koncentráciou sexuálnych steroidov, ako je napr. u Turnerovho syndrómu, nachádzame zníženú densitu kostí a kostná hmota sa zvyšuje pri substitúcii estrogénmi (9).

Zmeny zloženia tela. Pred pubertou zloženie tela chlapcov – svalstvo, tuk, kostrová hmota – je také isté ako dievčat. Počas puberty sa tieto pomery menia. U chlapcov sa zvyšuje celková hmota kostí a voľný tuk, u dievčat sa zvyšuje len tuk. Počas puberty sa rozširujú u dievčat boky, čo má za následok pokles pomeru pás/boky.

Rast v puberte. Rastový špurt v puberte sa u chlapcov oneskoruje za dievčatami asi o 2 roky. Najväčší ročný prírastok u dievčat je asi priemerne vo veku 11,5 roka, u chlapcov v 13,5 roka. Tento vek korešponduje s 2. – 3. štádiom vývoja prsníkov u dievčat a u chlapcov s 3. až 4. štádiom vývoja genitálií.

Rozdiel vo výške medzi mužmi a ženami je asi 12,5 cm, čo je spôsobené tým, že už na začiatku rastového špurtu sú chlapci vyšší a viac počas puberty narastú. Dievčatá po objavení sa menštruácie ešte vyrastú asi 5 – 7,5 cm, pričom vyššie dievčatá rastú viac.

Rast v puberte je sprostredkovaný viacerými hormónmi. Sexuálne steroidy majú priamy efekt na rastové platničky a nepriamo zvyšujú sekréciu

rastového hormónu tým, že sa zvyšuje amplitúda spontánne vylučovaného GH. Zvýšená hladina GH stimuluje zvýšenú produkciu IGF-I. Podobne sa na raste podieľajú aj **hormóny štítnej žľazy**. Pacienti, ktorí nemajú dostatočnú produkciu sexuálnych steroidov, pri poruche hypotalamo-hypofýzovej osi alebo gonád, nemajú rastový špurt. **Estrogény** v malom množstve rast stimujú, vo veľkom množstve rast predčasne ukončujú, lebo hrajú hlavnú úlohu pri

uzatvorení epifyzárných štrbín dlhých kostí. Pacienti, ktorí majú defekt estrogénového receptora alebo defekt aktivity aromatázy, rastú až do 30. roku života, lebo sa im neuzavrujú rastové štrbiny, pričom im chýba rastový špurt a trpia osteoporózou (3).

Záver

Pri každom vyšetrení by si mal detský lekár všimnúť vývoja sekundárnych pohlavných znakov

dieťaťa, a tým vývoj jeho puberty. Nerozpoznané poruchy nástupu puberty môžu byť prejavom vážneho, nerozpoznaného somatického ochorenia s následným celoživotným poškodením dieťaťa.

doc. MUDr. Ludmila Košťálová, CSc.

II. detská klinika, LF UK a DFNSP
Limbova 1, 833 40 Bratislava
e-mail: kostalova@dfnsp.sk

Literatúra

1. Ankarberg C, Norjavaara E. Diurnal rhythm of testosterone secretion before and throughout puberty in healthy girls: correlation with 17beta-estradiol and dehydroepiandrosterone sulfate. *J Clin Endocrinol Metab*, 1999; 84: 975-984.
2. Barr SI, McKay HA. Nutrition, exercise, and bone status in youth. *Int J Sport Nutr* 1998; 8: 124-142.
3. Grumbach MM, Styne DM. Puberty - ontogeny, neuroendocrinology, physiology, and disorders. In: William, s Textbook of Endocrinology Wilson JD, Foster DW, Kronenberg MD, Larsen PR (eds), 9th ed., Philadelphia: WB Saunders 1998. s. 1625.
4. Grumbach MM, Auchus RJ. Estrogen: consequences and implication of human mutations in synthesis and action. *J Clin Endocrinol Metab* 1999; 84: 438-443.
5. Grumbach MM, Styne DM. Puberty, ontogeny, neuroendocrinology, physiology, and disorders. In: William, s Textbook of Endocrinology (Larsen PR, Kronenberg HM, Melmed S, Pinsky KS(eds), ed. 10, Philadelphia: WB Saunders 2002, s. 1286.
6. Harries M, Hawkins S, Hacking J a spol. Changes in male voice at puberty: vocal fold length and its relationship to the fundamental frequency of the voice. *J Laryngol Otol* 1991; 12: 451-454.
7. Herman-Giddens ME, Slora EJ, Wasserman RC a spol. Secondary sexual characteristics and menses in young girls seen in office practice: a study from the Pediatric Research in Office Settings network. *Pediatrics*, 1997; 99: 505-512.
8. Krásničanová H, Kovaříková I. Sexuální a skeletální maturace: auxologické aspekty. In: Lebl, J., Zapletalová, J., Koloušková, S.(eds): Dětská endokrinologie, Praha: Galén 2004. s. 177.
9. Lebl J, Zapletalová J. Kostní denzita při léčbě růstovým hormonem. In: Zapletalová, J., Lebl, J., Šnajderová, M. (eds), Turnerův syndrom, Praha: Galén 2003. s. 143.
10. Lucky AW, Biro FM, Huster GA a spol. Acne vulgaris in premenarchal girls. An early sign of puberty associated with rising levels of dehydroepiandrosterone. *Arch Dermatol*, 1994; 130: 308-314.
11. Magarey AM, Boulton TJ, Chatterton BE a spol. Bone growth from 11 to 17 years: relationship to growth, gender and changes with pubertal status including timing of menarche. *Acta Paediatrica*, 1999; 88: 139-146.
12. Nielsen CT, Skakkebaek NE, Richardson DW a spol. Onset of the release of spermatozoa (spermarche) in boys in relation to age, testicular growth, pubic hair, and height. *J Clin Endocrinol Metab*, 1986; 62: 532-535.
13. Plant TM. Neurobiological bases underlying the control of the onset of puberty in the rhesus monkey: a representative higher primate. *Front Neuroendocrinol*, 2001; 22: 107-139.
14. Smith EP, Boyd J, Frank GR a spol. Estrogen resistance caused by a mutation by the estrogen-receptor in a man. *N Engl J Med*, 1994; 331: 1056-1061.
15. Styne DM. The physiology of puberty. In: Clinical pediatric endocrinology (Brook ChGD, Hindmarsh PC (eds), London: Blackwell Science 2001. s. 165.
16. Zapletalová J. Opožděná puberta. *Pediatr. prax.* 2006; 6: 304-308.



CHARAKTERISTIKY HOLTER EKG CARDIOSCAN PREMIER

REGISTRÁCIA ZÁZNAMU

- kontinuálna registrácia 3 resp. 12 kanálov ekg s vysokým rozlíšením (vzorkovacia frekvencia v každom kanáli 512 - 1024 vzoriek/sek.) bez kompresie
- digitálna registrácia na pamäťovú kompaktnú kartu 128 - 256 MB
- 24 - 48 - 72 hodinová registrácia ekg krivky
- MINI rekordér DMS-300-3 s hmotnosťou iba 50 gramov (vrátane AAA batérie)

HODNOTENIE A EDITÁCIA ZÁZNAMU

- plne automatické ale aj kompletne užívateľom asistované hodnotenie
- menlivé menu s nastavením analýzy, hodnotenia a tlače reportov
- plná verifikovateľnosť každého úderu, všetkých dysrytmii, ST epizód a HRV
- editor vzorov QRS (templates) pre normálne QRS komplexy, SVES a KES kategórie, artefakty a zmeny ST segmentu

ANALÝZA

- simultánne 3 kanály ekg s 2-kanálovou analýzou dysrytmie
- delta ST analýza v 3 kanáloch, adjustovateľné ST hodnotenie s reanalýzou
- analýza stimulovaných pacientov (pacemaker)
- analýza tachy/bradykardií, 24-hod. trendy a histogramy PF, SVES, KES a ST
- stránkové a riadkové skenovanie s farebným kódovaním komplexov a príhod
- HRV analýza metódami Time Domain a Frequency Domain
- analýza QT intervalu, TWA - alternans T vlny, HRT - VE - turbulencia
- SAECG - pozdné komorové potenciály - LP, vektorkardiografické slúčky
- HRT - hodnotenie turbulencie - chaosu po KES
- TWA - alternans T vlny adjustovateľné
- rekonštruované a reálne 12 zvodové Holter ekg monitorovanie

DATA MANAŽMENT

- ukladanie kompletných digitalizovaných záznamov
- export holter údajov na CD-ROM alebo cestou e-mail (internet)

REPORTY

- voliteľné konfigurovateľné formáty automatických a asistovaných reportov
- editovanie stripov a protokolov pred výtlačou
- voliteľná 24-hodinová „ full disclosure ”
- farebné kódovanie udalostí pri tlači a hodnotení

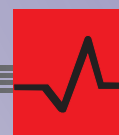
MINI HOLTER RECORDER



DMS - 300 - 3 (4)

ŠPECIFIKÁCIA

Zvody: 3, 12
Pamäť: 256 MB
Trvanie: 48 hodín
Vzorkovacia frekvencia: 1024Hz, 512Hz
Veľkosť: 74mm x 55mm x 19mm
Hmotnosť: 52g vrátane batérie
Zdroj: 1x AAA



DMS

Diagnostické Monitorovacie Systémy s.r.o.