

Stručni rad

EVALUACIJA BIOLOŠKE ZRELOSTI U SPORTU

UDK 796.012:612

Jovan Jovanović¹

Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Univerzitet u Beogradu, Srbija

Apstrakt: Cilj rada usmeren je na prikaz različitih metoda za procenu biološke zrelosti kojima se mogu definisati razlike između hronološkog uzrasta i biološke zrelosti kod mladih sportista. Biološko sazrevanje je nelinearan proces, odvija se na svim organskim nivoima različito od protoka vremena nakon rođenja. Sa tog stanovišta javlja se potreba utvrđivanja razlika u brzini biološkog sazrevanja u okviru hronološkog perioda. Definisanje biološke zrelosti sportista ima višedimenzionalni značaj, procena zrelosti mladih u poređenju sa hronološkim uzrastom ima implikativnu vrednost, selekcija i predikcija sportskog postignuća na individualnom nivou od presudnog je značaja za planiranje i programiranje trenaznog procesa. Povratne informacije procene zrelosti imaju funkciju u prevenciji i sprečavanju povređivanja sportista koji kasne u razvoju od svojih vršnjaka. Sportisti koji su napredni u odnosu na svoju hronološku generaciju, u mlađim selekcijama rano dosežu plato sportske performanse što se može negativno odraziti na uspeh u seniorskom periodu. U radu su prikazane osnovne metode procene biološke zrelosti koje se koriste u dijagnostici mladih sportista. Biološka zrelost može se odrediti metodom radiografije, antropometrijskih mera i polnih pokazatelja.

Ključne reči: *radiografija, polni pokazatelji zrelosti, maksimalna brzina rasta, mladi sportisti*

UVOD

Razvoj čoveka je složen i diskontinuiran proces koji se odvija pod uticajem spoljnjih i unutrašnjih faktora. Uticaj genetskog potencijala, geografskog područja, rase, pola, socijalnog statusa, ishrane, životnih navika i patoloških stanja može uticati na dinamiku i kvalitet razvoja čoveka (Ehrlich, 2000). Sa ontogenetskog aspekta čovek je pod jakim uticajima zakonitosti prirode koje determinišu redosled, pravac i smer razvoja uz tri fundamentalne komponente: diferenciranje tkiva, funkcionalnog sazrevanja i rasta (Ugarković, 2001). Tokom vremena čovek prolazi razvojne etape koje su antropološki jasno

¹ varoskopija@hotmail.rs

definisane. Trajanje svake etape određeno je vremenskim intervalom, mada postoje individualne razlike u brzini razvoja.

Zrelost mladih sportista se može posmatrati hronološki i biološki. Hronološka zrelost je posmatrani period od rođenja do zadate vremenske odrednice (Prieto, 2005). Životna dob posmatrana hronološki podrazumeva upotrebu astroloških parametara kako bi se odredila starost. Takav pristup jednostrano posmatra razvoj čoveka, ne uzimajući u obzir brojne uticaje koji mogu dovesti u zabludu kada se sagledava biološki potencijal organskih sistema. Napredak u razvoju je zasnovan na fiziološkim karakteristikama ljudskog organizma, nivo biološke i hronološke zrelosti često može da se ne poklapa, posebno u periodu pre adolescencije i adolescencije (Choen, 1979). Biološka zrelost je definisana po modelu funkcionalnog, morfološkog, anatomskog i biohemijškog statusa organizma koji je karakterističan za određeno hronološko razdoblje, disbalans biološke i hronološke zrelosti sagledan je u brzini promena koje karakterišu razvojne etape. Neke osobe brže sazrevaju i ranije dosežu biološke parametre koji su karakteristični za populaciju koja je na višem hronološkom razdoblju. U literaturi se navode tri grupe biološke zrelosti u odnosu na hronološku starost: mladi koji kasne u biološkom razvoju za svojim vršnjacima, oni koji sazrevaju u skladu sa hronološkom odrednicom i grupa u kojoj su osobe dosegle viši nivo biološke zrelosti (aksceleranti) u odnosu na hronološki uzrast (Avsiyevich, 2016). Razlike bioloških parametara mogu biti latentne, ali sa morfološkog i antropometrijskog aspekta jasno se uočavaju među grupama. U funkcionalnim obeležjima primetan je veći prirast snage kod aksceleranata kao posledica višeg stepena sazrevanja muskulature što se odražava na bolje performanse motoričkih sposobnosti i superiornost u sportskom izvođenju (Avsiyevich, 2016). U primarne somatske indikatore na osnovu kojih se vrši biološka procena zrelosti kategorišu se mere osifikacije hrskavice, primarno i sekundarno polno sazrevanje, zubna zrelost, morfološki status, biohemijski i hormonski markeri (Beunen et al., 2006).

Procena biološke zrelosti mladih sportista važan je segment dijagnostike, posmatrani fenomen individualnog razvoja čoveka predstavlja potrebu da se definišu i utvrde biološke osnove svakog pojedinca. Uspešnost u sportskoj aktivnosti u većini sportova dominantno je povezana sa morfološkom strukturom, antropometrijskim karakteristikama i motoričkim sposobnostima (Jakovljević et al., 2016). Razlike u biološkom potencijalu unutar iste generacije sportista se upravo u tim pojedinostima diferenciraju što može biti diskriminatorni faktor za postizanje sportskih rezultata. Kada se utvrde veća odstupanja biološke zrelosti od hronološkog standarda bioloških markera potrebno je primeniti adekvatan pristup u trenažnom radu. Akceleracija trenutno doprinosi boljim sportskim rezultatima u mlađim selekcijama, ali zbog doseganja maksimalnog razvojnog nivoa seniorski učinak je doveden u pitanje. Treneri često selektuju igrače koji su rođeni u prvoj polovini godine ili koji su biološki zreliji kako bi ostvarili uspeh na takmičenju (Müller, 2017). Neretko se dešava da sportisti koji se razvijaju u skladu sa svojim uzrastom ili oni koji kasne u razvoju, u seniorskom uzrastu ostvare bolji sportski rezultat u odnosu na

akscelerante koji su taj uspeh imali na takmičenjima mlađih kategorija. Nivo biološke zrelosti sportista prilikom selekcije, posebno tokom trenažnog procesa treba uzeti u obzir i uvažavati pri donošenju odluka. Takođe, određivanje pozicije u timu kod ekipnih sportova koje se zasnivaju na trenutnim telesnim karakteristikama i fizičkim sposobnostima, može da dovode do rane specijalizacije čime se jednostrano razvijaju veštine. Sportisti čija je biološka zrelost u skladu sa hronološkim uzrastom, posebno u periodu puberteta, mogu doživeti emocionalne krize, anksiozna stanja koja su izazvana neuspehom na takmičenjima sa drugim ekipama u kojima su vršnjaci, biološki zreliji, ostvarili bolji uspeh. Neophodna je edukacija mladih igrača kako bi oni razumeli biološke procese sazrevanja i značaj razvojne biologije čoveka u trenažnom procesu. U proceni biološke zrelosti izdvajaju se tri grupe metoda, zasnovane na proceni skeletne zrelosti, polne razvijenosti i proporcionalnog odnosa određenih dimenzija delova tela. Sazrevanje skeleta je pouzdan parametar kojim se može proceniti biološka zrelost i izvršiti predikcija konačne visine što je za selekciju u nekim sportovima od velike važnosti (Baxter-Jones, 2005). Skeletna zrelost se procenjuje na osnovu rendgenskog snimka zglobova, udaljenost proksimalnog okrajka kosti od medijalnog ili distalnog okrajka definiše razvojnu etapu okoštavanja skeleta na osnovu koje se utvrđuje biološka zrelost. Polni pokazatelji koji mogu odrediti stepen telesne zrelosti posmatraju se kroz primarne i sekundarne karakteristike muškaraca i žena. Polni parametri su, kod muškaraca, razvijenost genitalija dok se kod žena posmatra razvijenost grudi, takođe zrelost se procenjuje i na osnovu facijalne, pubične i akselarne maljavosti, perioda prve menarhe i frekvencije glasa (Malina et al., 2015). Procena biološke zrelosti koja se zasniva na brzini rasta i proporcionalnim dimenzijama delova tela (sedeća visina, dužina donjih ekstremiteta i dr.) ukazuju da brzina telesnog rasta, koja je nelinearna pruža informacije o zrelosti (Loyd et al., 2014).

METODE ZA PROCENU BIOLOŠKE ZRELOSTI

Kompleksnost metoda za procenu biološke zrelosti ogleda se u tehnikama koje se koriste. Invazivnost tehnika može uticati na pristanak sportista da se podvrgnu testiranju. Zahtevnost određenih metoda podrazumeva rendgenska zračenja ili preglede intimnih delova tela. S druge strane nivo validnosti dobijenih podataka i značaj povratnih informacija utiče na odabir odgovarajuće metode za procenu biološke zrelosti. Kada se procenjuje zrelost kod dece, metodama koje imaju osetljiv karakter po ličnost ispitanika neophodno je dobiti saglasnost ispitanika, roditelja, dok se za istraživačke i naučne provere mora pribaviti i saglasnost etičke komisije (Puri, 2009).

Radiografija

Radiografija je metod koji se koristi u medicini za snimanje unutrašnjih organa. Rendgenski uređaj ima elektromagnetna svojstva, vrši diferencijaciju mekih i čvrstih tkiva, rendgenski zraci u procesu snimanja identifikuju koštane strukture koje se prikazuju na radiogramu (rendgenskom snimku). Radiografija

je invazivna tehnika u meri propuštanja X zraka kroz tkiva, uz nivo zračenja koji ne ostavlja posledice. Tretiranjem koštano-zglobnih lokacija rendgenskim zracima dobijaju se podaci o dimenzijama, strukturi i rastojanju kostiju na osnovu kojih se vrši analiza biološke zrelosti (Bešenski i Škegro, 2012). Procena biološke zrelosti radiografskom metodom zasnovana je na stepenu osifikacije hrskavice i približavanju proksimalnih i distalnih epifiza kostiju. Sazrevanje skeleta je pod dejstvom endokrinološkog sistema, brzina promena koje pogađaju koštani sistem određuju nivo zrelosti (Rai et al., 2012). Potpuno okoštavanje zglobnih sistema u ljudskom telu označava završetak telesnog rasta. Skeletno sazrevanje ima individualni karakter, skeletni status može se znatno razlikovati unutar istog hronološkog uzrasta (Beunen et al., 2006).

Savremena dijagnostika radiografskom metodom podrazumeva upotrebu specijalizovanih kompjuterskih programa koji detektuju i analiziraju parametre sa radiograma, takav pristup omogućava dobijanje preciznih rezultata koji ne zavise od subjektivne procene stručnjaka. U naučnoj praksi upotrebljava se različit pristup u izračunavanju biološkog uzrasta koji se određuje prema koštanoj zrelosti. Od 1896. godine vrši se procena na osnovu snimka leve šake ispitanika (Hojreh et al., 2018). Greulich–Pyle tehnika procenjuje koštano zrelost na osnovu Todovog atlasa koji čini zbirku od 100 radiografskih snimaka za svaki hronološki uzrast od rođenja do 19. godine života (Todd, 1937). Prosečna vrednost veličine i rasporeda kostiju leve šake koje su sadržane u Todovom atlasu predstavljaju vrednost koja se upoređuje sa parametrima radiograma ispitanika (Roche et al., 1975). Fels tehnika određuje zrelost skeleta na osnovu promera kostiju radijusa, ulne, karpalnih, metakarpalnih kostiju i kostiju prstiju (Nahhas et al., 2013). Tanner-Whitehouse tehnika je tokom vremena prošla kroz tri verzije dok nije ustanovljena najnovija Tanner-Whitehouse III tehnika (Tanner et al., 2001). Dijagnostika koštane zrelosti vrši se na osnovu pojedinačne procene 20 kostiju leve šake čija je skala formirana na velikom uzorku dece sa različitih kontinenata (Beunen et al., 2006). Kompjuterska dijagnostika skeleta, automatizovan pristup u određivanju rezultata omogućava pouzdan i jednostavan način da se proceni biološka zrelost u odnosu na hronološki uzrast. BoneXpert je alat koji omogućava multidimenzionalno modelovanje za procenu skeletne zrelosti zasnovanu na rekonstrukciji 15 kostiju leve šake. BoneXpert procenjuje zrelost kostiju na osnovu Greulich–Pyle i Tanner-Whitehouse III tehnike (Thodberg et al., 2009). Na Slici 1 prikazani su referentni podaci dva različita pristupa u proceni zrelosti skeleta, kao i standardna odstupanja uz Bone health index (BHI).

Savremene tendencije u dijagnostici biološke zrelosti koja je zasnovana na skeletnom sazrevanju usmerene su na validaciju procena magnetne rezonance i ultrazvučne procedure, imajući u vidu razvoj dijagnostičkih uređaja u medicini (Hojreh et al., 2017; Mughal et al., 2014). Radiografskom metodom se može dati pretpostavka o konačnoj visini ispitanika uz pomoć prediktivnih formula za oba pola (Gilsanz & Ratib, 2005).

Slika 1. Prikaz rezultata procene biološke zrelosti skeleta u BoneXpert programu (<https://www.bonexpert.com/products/bonexpert-server>)



Antropometrijska metoda

Antropometrijski parametri tela imaju prediktivnu funkciju u određivanju biološke zrelosti mladih. Metod je utemeljen na fenomenu maksimalne brzine rasta (eng. Peak height velocity) koji predstavlja somatsku odrednicu, tačku približavanja potpunoj zrelosti (Tanner et al., 1966). Topografski posmatrano brzina rasta delova tela se ne odvija linearno u svim regijama. Nauka je potvrdila da je moguće na osnovu određenih telesnih proporcija utvrditi tačku u kojoj se biološki razvoj trenutno odvija (Moore et al., 2015). Antropometrijska procena biološke zrelosti je neinvanzivna metoda, obuhvata nekoliko telesnih varijabli, visinu tela, sedeću visinu, dužinu nogu i masu tela, takođe je neophodno definisati pol i hronološki uzrast ispitanika (Gil et al., 2013). Protokol predviđa da se izvrše dva merenja, mere koje se koriste predstavljaju srednju vrednost, ako se razlika dobijenih rezultata između prvog i drugog merenja razlikuje 4 mm za visinu/dužinu i 0.4 kg u proceni mase neophodno je ponovo izvršiti merenje (Sherar et al., 2005). Preciznost dobijenih mera važna je u predikciji, minimalna odstupanja mogu znatno uticati na konačnu procenu biološke zrelosti.

Regresionim analizama nekoliko različitih longitudinalnih studija, koje su obuhvatale kontinuirana merenja mladih od 8 do 16 godina starosti, dobijeni su prediktivni parametri za dve različite formule, zasebno za ženski i muški pol (Mirwald et al., 2002.; Kozić & Malina, 2018.; Moore et al., 2015):

1. Muški pol:

Biološka zrelost (godine) = - 9.236 + ((0.0002708 x (dužina noge x sedeća visina)) + (- 0.001663 x (godine života x dužina donjeg ekstremiteta)) + (0.007216 x (godine života x sedeća visina)) + (0.02292 x ((masa tela/ visina tela) x 100)), ili

Biološka zrelost (godine) = -7.999994 + (0.0036124 x (godine života x visina tela))

2. Ženski pol:

Biološka zrelost (godine) = $- 9.376 + ((0.0001882 \times (\text{dužina noge} \times \text{sedeća visina})) + (0.0022 \times (\text{godine života} \times \text{dužina donjeg ekstremiteta})) + (0.005841 \times (\text{godine života} \times \text{sedeća visina})) + (- 0.02658 \times (\text{godine života} \times \text{masa tela})) + (0.07693 \times ((\text{masa tela} / \text{visina tela}) \times 100))$, ili

Biološka zrelost (godine) = $-7.709133 + (0.0042232 \times (\text{godine života} \times \text{visina tela}))$

Antropometrijska metoda široko je prihvaćena kao jednostavna dijagnostička procedura za procenu biološke zrelosti adolescenata oba pola. Takođe, pomoću ove metode može se izvršiti procena konačne visine ispitanika (Sherar et al., 2005).

Metod polnih karakteristika

Sazrevanje primarnih i sekundarnih polnih karakteristika odvija se mehanizmom biološkog razvoja do potpune reproduktivne funkcionalnosti. Polni pokazatelji predstavljaju metodu koja je korišćena u mnogim istraživanjima, kojom je vršena procena biološke zrelosti sportista, odnosno stepena diferencijacije od hronološke dobi (Brooks-Gunn et al., 1987; Susman et al., 2010; Malina et al., 2007; Baxter-Jones et al., 1995). Razvijenost grudi i pubičnih dlaka kod devojaka, kao i razvijenost genitalija i telesne maljavosti kod dečaka određuje stepen biološke zrelosti. Poređenjem dobijenih mera sa vrednostima koje su karakteristične za određeni hronološki uzrast mogu se doneti zaključci koji ukazuju na to da li ispitanik odstupa i koliko od svoje uzrasne kohorte. Takođe, kod devojaka se može respektivno uzeti u obzir ranije dobijanje menarhe što se tumači kao brže biološko sazrevanje, s tim da to može biti posledica i drugih faktora, pa se taj vid predikcije uzima kao dopunski parametar (Marshall & De Limongi, 1976).

Metod polnih karakteristika zahteva angažovanje stručnjaka medicinske struke koji jedini mogu realizovati pregled i dati konačan sud o stepenu zrelosti (Malina et al., 2004). Pregled obuhvata palpatorno ispitivanje kao i fotografisanje ciljanih delova tela kako bi se formirala arhiva. Prema Tanerovoj klasifikaciji postoji pet faza (TS1-TS5) polnog sazrevanja, pregled podrazumeva određivanje polne faze razvoja penisa, testisa, pubičnih dlaka i dojki (Tanner, 1962). Tehnika po Taneru umanjene je dijagnostičke osetljivosti, raspon unutar faza nije preciznije određen, dva deteta mogu biti u istoj fazi, ali jedno bliže početku razvojne faze, dok drugo na samom završetku polnog razvoja u istoj fazi (Llojd, 2014). Glavni nedostatak ove metode leži u činjenici da se ona može primenjivati samo u periodu puberteta, kao i da se ne može utvrditi dinamika sazrevanja. Preporuke stručnjaka su usmerene na sagledavanje više polnih karakteristika istovremeno, kako bi procena bila potkrepljena sa više argumenata koji opisuju biološku zrelost. Ocenjivanje se vrši davanjem broja godina iznad ili ispod uzrasne klase u kojoj se nalazi ispitanik, obično do tri godine. Takođe ispitanik može dobiti nulu što označava da se razvija u skladu sa svojim

hronološkim uzrastom. Najčešći znak biološke zrelosti kod dečaka je volumen testisa dok kod devojaka obim grudi i pubična maljavost (Johnston et al., 1980).

ZAKLJUČAK

Utvrđivanje kvaliteta i brzine biološkog razvoja mladih sportista svakako treba uvrstiti u predmet trenažnog procesa, bez obzira da li se radi o selekciji igrača za vrhunске domete ili amaterski sport. Sa takmičarskog aspekta neophodno je sagledati sve efekte i nedostatke koji proizilaze od odstupanja biološke zrelosti u odnosu na hronološki uzrast. Nagli razvoj, heterogenost trenažne grupe po pitanju mnogih antropoloških dimenzija nameće dodatnu odgovornost trenera. Neminovno je prilagođavanje sadržaja, inteziteta i obima trenažnih celina. Poseban disbalans je primetan kod dece koja ranije sazrevaju i kod dece koja kasne u razvoju. Osetljivost muskulature može dovesti do povreda tokom treninga ako se zanemari mogućnost postojanja telesnih razlika u istoj uzrasnoj grupi. Dugoročno planiranje sportskog veka sportista uslovljeno je potencijalom biološkog razvoja.

Kada se procenjuje biološka zrelost poželjno je koristiti metode koje su neinvazivne i koje ne mogu kod ispitanika izazvati nelagodu. S tim u vezi najpoželjnije je primenjivati Antropometrijsku metodu koja je zasnovana na merama longitudinalne dimenzionalnosti skeleta, jednostavna je za primenu i zastupa sve etičke principe. Za potrebe preciznijeg utvrđivanja poželjnije je procenu biološke zrelosti izvršiti radiografijom koja je invazivna u manjem stepenu, ali zauzvrat pruža visok nivo prediktivne procene. Polne karakteristike se mogu upotrebljavati u naučnim studijama i u situacijama kada nije moguće postupiti drugačije.

Pored metoda procene biološke zrelosti koje su pomenute u ovom radu mogu se koristiti i metode usmerene na brzinu i kvalitet razvoja zuba (izrادم ortopana), kao i glasovnih karakteristika (specifičnosti glasovnih mutacija). Važni kriterijumi prilikom odabira metode su uzrasna grupa (predpubertet ili pubertet), kategorija ispitanika (deca selektovana za vrhunski sport ili rekreativno-razvojni sport), oprema i ljudski resursi, materijalni status kluba i sl. Svakako, metode se mogu kombinovati, posebno ako se vrše istraživanja u naučne svrhe, deskriptivne ili epidemiološke studije.

Utvrđivanje prevalence bioloških razlika u odnosu na hronološke parametre predstavlja početak istraživanja za naučne potrebe. Istraživačke linije je neophodno usmeriti na traženje uzroka dinamike pokretanja mehanizama biološkog razvoja, uticaja spoljnih i unutrašnjih faktora. Takođe, saznanja o karakteristikama i sposobnostima dece koja su biološki naprednija ili zaostaju od svojih vršnjaka doprinela bi formiranju adekvatnih trenažnih tretmana koji bi podsticajno delovali sa umanjenim rizikom od nastanka povreda. Dobijeni rezultati adekvatnim dijagnostičkim metodama za procenu biološke zrelosti, mogu doprineti kreiranju takmičarskog okruženja koje je zasnovano na biološkim kvalitetima u odnosu na hronološku kategorizaciju sportista.

LITERATURA

1. Avsiyevich, V., Plakhuta, G., & Fyodorov, A. (2016). The Importance of Biological Age in the Control System of Training Process of Young Men in Powerlifting. *Research journal of pharmaceutical, biological and chemical sciences*, 7(5), 945–954.
2. Baxter-Jones, A. D. G., Eisenmann, J. C., & Sherar, L. B. (2005). Controlling for Maturation in Pediatric Exercise Science. *Human Kinetics Journals*, 17(1), 18–30.
3. Baxter-Jones, A. D. G., Helms, P., Maffulli, N., Baines-Preece, J. C., & Preece, M. (1995). Growth and development of male gymnasts, swimmers, soccer and tennis players: a longitudinal study. *Annals of human biology*, 22(5), 381–394.
4. Beunen, G. P., Rogol, A. D., & Malina R. M. (2006). Indicators of biological maturation and secular changes in biological maturation, *Food and Nutrition Bulletin*, 27(4), 244–256.
5. Bešenski, N. i Škegro, N. (2012). *Radiografska tehnika skeleta*. Beograd: Data Status.
6. Brooks-Gunn, J., Warren, M. P., Rosso, J., & Gargiulo, J. (1987). Validity of Self- Report Measures of Girls' Pubertal Status. *Child development*, 58(3), 829–841.
7. Bonexpert: BoneXpert Server, <https://www.bonexpert.com/products/bonexpert-server> (Pristupljeno: 31.12.2018. godine.)
8. Frank, R. A., & Cohen, D. J. (1979). Psychosocial concomitants of biological maturation in preadolescence. *The American Journal of Psychiatry*, 136(12), 1518–1524.
9. Erlich, P. R. (2000). *Human Natures – Genes, Cultures, and the Human Prospect*. Waschitong: Island Press.
10. Gilsanz, V., & Ratib, O. (2005). *Hand bone age – A digital atlas of skeletal maturity*. New York: Springer-Verlag.
11. Gil, S. M., Badiola, A., Bidaurreazaga-Letona, I., Zabala-Lili, J., & Gravina, L. (2013). Relationship between the relative age effect and anthropometry, maturity and performance in young soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 32(5), 479–486.
12. Hojreh, A., Gamper, J., Schmook, M. T., Weber, M., Prayer, D., Herold, C. J., & Noebauer-Huhmann, I. M. (2018). Hand MRI and the Greulich-Pyle atlas in skeletal age estimation in adolescents. *Skeletal Radiology*, 47(7), 963–971.
13. Jakovljević, S., Macura, M., Mandić, R., Janković, N., Pajić, Z., & Erculj, F. (2016). Biological Maturity Status and Motor Performance in Fourteen-Year-old Basketball Players. *International journal morphology*, 34(2), 637–643.
14. Johnston, F. E., Roche, A. F., & Susanne, C. (1980). *Human Physical*

- Growth and Maturation - Methodologies and Factors. New York: Plenum Press.
15. Koziat, S. M., & Malina, R. M. (2018). Modified maturity offset prediction equations: validation in independent longitudinal samples of boys and girls. *Sports medicine*, 48(1), 221–236.
 16. Lloyd, R. S, Oliver, J. L, Faigenbaum, A. D., Myer, G. D., & De Ste Croix, M. B. (2014). Chronological age vs. biological maturation: Implications for exercise programming in youth. *Journal Strength Cond Res*28(5), 1454–1464.
 17. Malina, R. M., Ribeiro, B., Aroso, J., & Cumming, S. P. (2007). Characteristics of youth soccer players aged 13–15 years classified by skill level. *British Journal of Sports Medicine*, 41(5), 290–295.
 18. Malina, R. M, Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). Growth, Maturation, and Physical Activity. Champaign, IL: Human Kinetics.
 19. Malina, R. M., Rogol, A. D., Cumming, S. P., Coelho e Silva, M. J., & Figueiredo, A. J. (2015). Biological maturation of youth athletes: assessment and implications. *British Journal of Sports Medicine*, 49(13), 852–859.
 20. Marshall, W. A., & De Limongi, Y. (1976). Skeletal maturity and the prediction of age at menarche. *Annals of Human Biology*, 3(3), 235–243.
 21. Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D., Bailey, D. A., & Beunen, G. P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine & science in sports & exercise*, 34(4), 689–694.
 22. Moore, S. A., Mckay, H. A., Macdonald, H., Nettlefold, L., Baxter-Jones, A. D., Cameron, N., & Brasher, P. M. (2015). Enhancing a Somatic Maturity Prediction Model. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 47(8), 1755–1764.
 23. Mughal, A. M., Hassan, N., & Ahmed, A. (2014). Bone Age Assessment Methods: A Critical Review. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, 30(1), 211–215.
 24. Müller, L., Hildebrandt, C., & Raschner, C. (2017). The Role of a Relative Age Effect in the 7th International Children's Winter Games 2016 and the Influence of Biological Maturity Status on Selection. *Journal of Sports Science and Medicine*, 16(2), 195–202.
 25. Nahhas, R. W., Sherwood, R. J., Chumlea, W. C., & Duren, D. L. (2013). An update of the statistical methods underlying the FELS method of skeletal maturity assessment. *Annals of Human Biology*, 40(6), 505–514.
 26. Prieto, J. L., Barbería, E., Ortega, R., & Magaña, C. (2005). Evaluation of chronological age based on third molar development in the Spanish population. *International Journal of Legal Medicine*, 119(6), 349–354.
 27. Puri, K. S., Suresh, K. R., Gogtay, N. J., & Thatte, U. M. (2009). Declaration of Helsinki, 2008: Implications for stakeholders in research.

- Journal of postgraduate medicine, 55(2), 131–134.
28. Rai, V., Saha, S., Yadav, G., Tripathi, A. M., & Grover, K. (2014). Dental and Skeletal Maturity- A Biological Indicator of Chronologic Age. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 8(9), 60–64.
 29. Roche, A. F., Wainer, H., & Thissen, D. (1975). *Skeletal maturity: the knee joint as a biological indicator*. New York: Plenum Press.
 30. Sherar, L. B., Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D., & Thomis, M. (2005). Prediction of adult height using maturity-based cumulative height velocity curves. *The Journal of Pediatrics*, 147(4), 508–514.
 31. Susman, E. J., Houts, R. M., Steinberg, L., Belsky, J., Cauffman, E., DeHart, G., et al. (2010). Longitudinal Development of Secondary Sexual Characteristics in Girls and Boys Between Ages 9½ and 15½ Years. *Archives Pediatric Adolescent Medicine*, 164(2), 166–173.
 32. Tanner, J. M. (1962). *Growth at Adolescence* (2nd ed.). Oxford: Blackwell.
 33. Tanner, J. M., Whitehouse, R. H., & Takishi, M. (1966). Standards from birth to maturity for height, weight, height velocity, and weight velocity: British children, 1965. I. *Archives of Disease in Childhood*, 41(219), 454–471.
 34. Tanner, J. M., Healy, M. J. R., Goldstein, H., & Cameron, N. (2001). *Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW3 method)*, 3rd ed. London: Saunders.
 35. Thodberg, H. H., Kreiborg, S., Juul, A., & Pedersen, K.D. (2009). The BoneXpert Method for Automated Determination of Skeletal Maturity, *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 28(1), 52–66.
 36. Todd, T. W. (1937). *Atlas of skeletal maturation*. St Louis: Mosby.
 37. Ugarković, D. (2001). *Osnovi sportske medicine*. Beograd: Viša košarkaška škola.