

Dr. Zlatko STILINOVIC
Poljoprivredni fakultet, Zagreb.

Fiziologija rasta i razvitka domaćih životinja

Rast je opća pojava u prirodi, te predstavlja kod živih organizama dinamično stanje kod kojega prevladava sinteza nad razgradnjom. Rast se ne javlja samo kod živih organizama, već i kod mrtve materije, ali između te dvije vrste rasta postoje osnovne razlike. Delta rijeke povećava se — raste. Ako analiziramo rast delte, vidimo, da se tu talože riječni nanosi, dakle tu se taloži materijal onakav, kakvi je rijeka donijela u područje svojega ušća.

Kod živih organizama pod normalnim uslovima proces rastenja se odvija drugačije. Građevni materijal (nutritivne tvari) podvrgnute su u organizmu najprije probavi, zatim se resorbiraju i preko kompleksnih procesa intermedijarnog metabolizma sintetiziraju se specifični spojevi za životinjske vrste i pasmine. Tek sada ovako nastali spojevi ugrađuju se u životinjski organizam, pri čemu se mogu javiti i individualne specifičnosti, kao što je to slučaj s tjelesnim bjelančevinama čovjeka i životinja.

Rast općenito možemo definirati kao kvantitativno nakupljanje određenih materija u organizmu posredstvom encimatskih sustava stacioniranih bilo u stanici ili izvan nje. Schloss (vidi 4.) definira rast kao »korelaciono povećanje tjelesne mase u određenim vremenskim intervalima na način karakterističan za vrstu«. Brody (1.) rast definira kao »relativno ireverzibilnu promjenu mjerenih dimenzija u određenom vremenskom periodu«.

U toku rasta zapažamo na živom organizmu dvije vrste promjena, koje su međusobno zavisne i periodično dolaze pojedinačno manje ili više do izražaja:

- a) povećanje tjelesne težine
- b) skup promjena u tjelesnim oblicima i tjelesnim proporcijama, što nazivamo razvitak.

U živom organizmu rast se očituje pretežno umnažanjem stanica, a u manjoj mjeri povećanjem volumena stanice. Veći volumni porast stanice nije moguć zbog toga, što se izmjena tvari vrši na površini stanice, pa bi svako jače povećanje volumena stanice izazvalo smanjenje djelotvorne površine stanice. To bi dovelo do smanjenja izmjene tvari s posljedičnim regresionim promjenama unutar stanice.

Rast živog organizma nužno je spojen s razvitkom, jer umnažanje stanica kod viših organizama ne može ići u nedogled, bez ikakvog cilja. Poznato je, da je Carrel (vidi 5.) tridesetih godina našeg stoljeća, uspio uzgojiti kulturu srčanih mišićnih stanica pilećeg embriona. Ta kultura tkiva živi još i danas, stanice se umnažaju, ali unatoč proteklog vremena i nebrojenih staničnih dioba nije se formirao srčani organ. Prema tome, takav je rast u krajnjoj liniji bez svrhe. U živom organizmu stanice se umnažaju, te nakon izvjesnog vremena, pod fiziološkim uslovima, javlja se diferencijacija i sazrijevanje tkiva, tj. tkiva gube svoj embrionalni karakter.

Ako se desi, da već u zrelom organizmu stanice počnu ponovo rasti bez svrhe i umnažati se u nedogled, poprimajući ponovo embrionalni karakter, govorimo tada o raku (canceru), koji smatramo bolešću rasta.

Encimatski sistemi, koji sudjeluju u procesima rasta i razvitka izvršuju svoje zadatke pod kontrolom genetskih faktora, čiji je izvršni organ endokrini sistem organizma. Pod ovom kontrolom procesi raste i razvitka odvijaju se do određenih razmjera, pod uvjetom da postoje uz odgovarajuće encimatske sustave i fiziološka interhormonalna ravnoteža, te dovoljni dovod građevnog i energetskog materijala, kao i potrebnih koencima i kofaktora. Poznato je, da encimatski sustavi mogu vršiti svoju funkciju i bez određenih hormona, no tada se encimatski procesi odvijaju jako sporo. Određeni hormoni neki proces u organizmu ubrzavaju, te ih u tom slučaju nazivamo stimulatorima, dok drugi hormoni taj isti proces usporavaju, te ih u tom slučaju nazivamo inhibitorima. Normalni rast i razvitak odvija se kad uz materijalnu i energetsku bazu postoji fiziološka ravnoteža između stimulatornih i inhibitornih hormona.

Dokle će trajati proces raste i u kojim će se razmjerima razvijati određeni organizam, određeno je nasljednim faktorima, smještenim u genima. Endocimni stanice smješteni su u nukleusu i u citoplazmi. Citoplazmatski encimski sistemi smješteni su bilo u posebnim formacijama, kao što su mikrosemi i mitohondriji, ili se pak nalaze u tekućem dijelu citoplazme. Ove utvrđene lokacije postignute su metodom ultracentrifugiranja s 18.000 i više okretaja u jednoj minuti. Geni i encimatski sistemi izgrađeni su iz nukleoproteina. Njihov smještaj i reprodukcija daju podršku teoriji, prema kojoj je u biti svaki gen istodobno i jedan samostalni encimatski sustav. Nukleoproteini koji izgrađuju jezgru i tvorbe unutar nje, kao i mikrosome i mitohondrije, sastoje se iz bjelančevina i nukleinske kiseline. Sastav ove nukleinske kiseline karakterističan je za nukleoproteine jezgre, jer sadrži desoksi-pentoze, dok nukleinska kiselina, koja izgrađuje mitohondrije i mikrosome sadrži pentoze. Ovaj sastav uvjetuje i kemijsku aktivnost, jer je utvrđeno, da je nukleinska kiselina u jezgri 100 do 1000 puta kemijski aktivnija od one u citoplazmi.

Grafičkim prikazom rasta domaćih životinja dobivamo sigmoidnu krivulju. Analizom ove krivulje vidimo, da se pubertet (spolna zrelost) kod njih javlja već onda kada je organizam dostigao 30% tjelesne težine u stanju zrelosti. Od toga vremena vidimo da se rast usporava. Kod čovjeka se pubertet javlja mnogo kasnije — tek onda kada je organizam dostigao 60-70% tjelesne težine odraslog organizma.

Oblik krivulje rasta uvjetovan je nasljednim odnosom dvije skupine faktora. Faktora koji ubrzavaju i faktora koji usporavaju rast. Na taj se način u toku rasta formiraju dvije faze. U početku u **samoubrzavajućoj fazi** prevladava prva skupina faktora, dok poslije postepeno prevladavaju faktori druge skupine, koji formiraju **samousporavajuću fazu**. Rezultat djelovanja ovih faktora očituje se u formiranju sigmoidne krivulje.

Rast i razvoj organizma naših domaćih životinja možemo podijeliti u dva velika dijela, i to:

- A) Prenatalni život
- B) Postnatalni život

A) PRENATALNI RAST I RAZVITAK DIJELIMO U TRI STADIJA:

1. Stadij oplodnog jajeta odnosno blastociste. Ovaj stadij počinje oplodnjom i traje sve do završnog formiranja blastociste, kod koje tada razlikujemo embrionalni čvorić i trofoblast. U ovom stadiju životne potrebe podmiruje žumanjak, odnosno

pojačana sekrecija uterušnih žlijezda, koje luče sekret nazvan uterušno mlijeko. Najveći porast i razvitak u ovom stadiju pokazuje ovojnica blastule tzv. trofoblast, koji obuhvaća embrionalni čvorić s blastocelom.

2. Stadij nazivamo **embrionalni stadij**, koji obuhvaća rast i razvitak od formiranja blastociste do formiranja placente. U tom stadiju brže od embriona rastu embrionalne ovojnice chorion, amnion i alantois, s odgovarajućim nakupljanjem plodnih tekućina (2.)

3. Stadij nazivamo **fetalni stadij**, koji započinje nakon formiranja placente, čime je omogućen dovoljan dovod hrane do fetusa. Posljedično tome fetus počinje naglo rasti i njegova je brzina rasta i razvitka veća od brzine nakupljanja plodnih tekućina, rasta plodnih ovojnica i uterusa. U tom stadiju se maksimalno umnažaju mišićne stanice fetusa (hiperplazija, 3). Poslije ovoga stadija mišićne stanice se povećavaju u dužini i u širini hipertrofija). U zadnjih 10 sedmica graviditeta količina bjelancevina u gravidnom uterusu povećava se sa 1,5 na 9. kg.

U prenatalnom životu na rast i razvitak pored genetskih faktora utječu i somatski faktori majke, broj embriona odnosno fetusa, starost majke, te ishrana držanje i njega majke. Ishrana majke ima vidan utjecaj osobito na porast fetusa u kasnijoj fetalnoj periodu.

B) Postnatalni rast i razvitak. Iza partusa (porodaja) i dalje se ubrzava rast mladunčeta. U to vrijeme majka progresivno povećava proizvodnju mlijeka, tako da u ovo vrijeme mladunče dobiva sve potrebne hranjive tvari u dovoljnim količinama u lako probavljivom obliku, tako da ih može lako ugraditi u svoj rastući organizam. U to vrijeme kolostrum nema samo prehranbenu već i zaštitnu funkciju (antitijela). No kod krave povećanje produkcije mlijeka ide samo do 6 sedmica poslije telenja, a kod ovce i krmače do 3 sedmice poslije jagnjenja odnosno prasenja. Kako u to vrijeme prevladavaju još uvijek samoubrzavajući faktori rasta i razvitka, potrebno je mladunče nadohranjivati, jer će doći do pothranjivanja zbog umanjenja sekrecije mlijeka. Ako nadohranjivanje u tom periodu izostane, nastupa usporavanje i zaostajanje u rastu i u razvitku. U vezi s prehranom mladunčadi pobrinula se i priroda da i partus padne u godišnje doba, kada će majka moći doći do dovoljno kvalitetne hrane, tako da u laktacionoj periodu neće biti nestašice hrane. U to doba će i temperaturni uslovi u okolini biti takvi, da ne će usporiti rast. Utjecaj temperature okoline na rast i razvitak najbolje je vidljiv kod prasadi, koja nemaju dlačni pokrivač, niti zaštitnog masnog sloja u potkožju. Iz tih razloga optimalna temperatura za prasad iznosi 24°C. Kod jagnjadi i teladi, koja su zaštićena vunenim odnosno dlačnim pokrivačem, temperatura preko 24°C već nepovoljno djeluje. Kod mladunčadi preživača u stočarskim uzgojima gdje se podmladak drži odvojeno, potrebno je sprovesti i pravovremeno »cijepljenje« mikropopulacije predželudaca, jer ako ono izostane, mladi preživač ne može koristiti voluminoznu hranu, koju instinktivno traži i jede, te u takvim slučajevima neprobavljena voluminozna hrana postaje uzrok probavnih smetnji i nastranog apetita.

U postnatalnom životu pravilna ishrana, njega i držanje nije samo potrebna zbog podmirivanja materijalnih i energetskih potreba organizma, već se u tom periodu treba pobrinuti i za profilaksu od organskih, infekcionih i parazitarnih bolesti, koje mogu ne samo jako usporiti rast i razvitak mladunčadi, već također mogu potpuno onemogućiti uzgoj podmlatka. Ne treba isticati da je gore spomenuta profilaksa u najužoj vezi s pravilnom ishranom, njegom i držanjem podmlatka.

REGULATORI RASTA I RAZVITKA

Pod kontrolom genetskih faktora hormoni utječu na stepen rasta i razvitka, bilo da djeluju na encimatske sisteme, bilo da u slučaju potrebe iz tjelesnih rezervi pribavljaju potrebni građevinski ili energetski materijal.

Druga skupina agensa, koja utječe na encimatske sisteme, jesu vitamini, koji u svojim biološki aktivnim spojevima, kao koencimi, aktiviraju apoencime. Dok su apoencimi strogo specifični, koencimi su nespecifični, tako da jedan koencim može aktivirati više apoencima. Ovamo spadaju i mineralne tvari i mikroelementi, koji u obliku kofaktora također aktiviraju apoencime.

1. HORMONI

Prednji režanj hipofize luči pored ostalih hormona i **somatotropni hormon — STH — ili hormon rasta**. Njegovo primarno djelovanje očituje se u zadržavanju dušika u tkivima, drugim riječima ovaj hormon stimulira sve procese u okviru sinteze aminokiselina i bjelančevina u organizmu, a inhibira sve procese razgradnje bjelančevina. Zato STH sprečava glukoneogenezu iz bjelančevina, a forsira mobilizaciju masti, te tako podmiruje energetske potrebe organizma na račun masnih rezervi.

STH djeluje anabolično samo onda, ako je organizam snabdjeven dovoljnim količinama aminokiselina i bjelančevina, te vitaminima, od kojih su posebno važni piridoksin, riboflavin i pantotenska kiselina. Osm toga, za optimalno djelovanje STH potrebno je da organizam luči normalne količine insulina i tireoidnog hormona. STH stimulira porast kostiju u dužinu na taj način, što izaziva stalan porast epifiznih hrskavica. Ovaj hormon podržava i rast vezivnog tkiva, kože i thymusa. Pokusi su pokazali, da STH djeluje kako u prenatalnom tako i u postnatalnom životu na rast individua. STH pojačava sintezu bjelančevina u jetri, a isto tako u tom najvećem laboratoriju organizma STH stimulira prevođenje labilnih bjelančevina u njihove manje labilne forme. Ovo gledište potvrđuju pokusi, koji su pokazali da STH nema djelovanja kod pokusnih životinja, kojima je izvađena jetra. U probavnom traktu hipofizektomiranih životinja (kojima je operativno izvađena hipofiza) luči se izrazito manje encima i sekreta. Zapaženo je također, da kod razvoja spolnih organa STH i androgeni djeluju sinergistički.

Pojačano lučenje STH za vrijeme postnatalnog rasta izaziva prekomjeren rast poznat pod imenom gigantizam. Suprotno tome, umanjeno lučenje STH ima za posljedicu nedovoljan rast — patuljasti rast (nanizam). Ako se kod već odraslih individua počne pojačano lučiti STH, kad je već završen rast i osifikacija epifiznih hrskavica, kosti ekstremnih dijelova tijela počinju ponovo rasti, pa tako dolazi do disproporcije s ostalim dijelovima tijela. Obično su zahvaćeni prsti, donja čeljust i nos, te općenito vezivno tkivo. Ovo poremećenje naziva se akromegalija.

Gonadotropni hormoni djeluju na rast indirektno preko seksualnih hormona, o čemu će se govoriti kasnije.

Štitna žlijezda (thyreoidea) sa svojim hormonom regulira metabolizam organizma, ali također djeluje i na hipofizu u pogledu sinteze i lučenja STH. Zbog toga je normalna produkcija STH uvjetovana fiziološkom funkcijom štitnjače. Hormon štitnjače tiroksin zajedno sa STH stimulira porast, ali u njihovom međusobnom djelovanju oni se razlikuju: tiroksin stimulira razvitak i diferencijaciju tkiva, a ne djeluje na rast, dok STH djeluje samo na rast i nema nikakvog efekta u pogledu razvitka i sazrijevanja. Oslabljena funkcija štitnjače (hypothyroidismus) uzro-

kuje sniženje bazalnog metabolizma, zaostajanje u razvitku, snizuje se sinteza bjelančevina i nakuplja se pojačano mašt u organizmu. Ova pojava pokušava se koristiti u stočarstvu kod tova, pa se vrše eksperimentalni tovovi davanjem preparata koji inhibiraju funkciju štitnjače (thiourea, thiuracil). Ovdje treba istaći, da Maynard (vidi 5) razlikuje »pravi rast« od deponiranja masti u masnom tkivu (tovljenje). On smatra pravim rastom povećanje mišića i kostiju, a s tim u vezi i nakupljanje bjelančevina mineralnih tvari i vode u organizmu. Kod prosuđivanja količine masti u organizmu ipak treba uzeti u obzir, da određeni dio masti ima funkcionalni značaj, pored one masti, koja predstavlja nutritivnu rezervu. Ukoliko se u prenatalnom životu javi oslabljena funkcija štitnjače, dolazi do pojave kretenizma. Pojačana funkcija štitne žlijezde (hyperthyreoidismus) očituje se u naglom mršavljenju, s neznatnim porastom. Zapaženo je da kod već blagog hipertireoidizma može doći do teških poremećaja ukoliko je obrok deficitaran na vitaminima. To govori, da se pojačano troše vitamini kod povišenog metabolizma hipertireoidnog porijekla.

Pankreas luči hormon insulin, koji je neophodno potreban za održavanje pozitivnog prometa dušika u organizmu, kao i za djelovanje STH. Ovaj faktor omogućuje organizmu da racionalno koristi raspoložive ugljikohidrate, te na taj način uvjetuje i štedeće djelovanje ugljikohidrata obzirom na potrošak bjelančevina u organizmu. Drugim riječima umanjuje stupanj glukoneogeneze. Poslije aplikacije insulina zajedno s glukozom umanjuje se u krvnoj plazmi koncentracija amino-N kod životinja kojima je izvađena utroba.

Seksualni hormoni. Promatrajući krivulju rasta na dekadnoj i semilogaritamskoj raspodjeli, zapažamo da u postnatalnom životu dolazi do naglog prelamanja krivulje i usporavanja rasta u doba nastupanja spolne zrelosti (puberteta). Ovu pojavu treba pripisati pojačanom lučenju gonadotropnih hormona prednjeg režnja hipofize i posljedičnom pojačanom lučenju spolnih hormona. Utvrđeno je, da seksualni hormoni forsiraju osifikaciju epifiznih hrskavica, čime se zaustavlja rast tijela u dužinu. Ovi hormoni izazivaju i retenciju dušika u tkivima. Poznato je, da postoje razlike u rastu i razvoju između mužjaka i ženke. Mužjak je jači i veći, što bi pored uloge genetskih faktora trebalo pripisati djelovanju androgena. Kod mužjaka je pored kostiju, osobito razvijeno mišićno tkivo. Dorfman i Shipley (vidi 6.) prikazali su detaljno djelovanje androgena kod životinja, pa su utvrdili, da androgeni pored djelovanja u seksualnoj sferi (androgena aktivnost) pokazuju i anabolički efekt u pogledu sinteze bjelančevina (retencija N), što se osobito očituje u području mišićnog tkiva (miotropni efekt). Izgleda da je ovo posljednje djelovanje opća pojava, koja bi se mogla iskoristiti za postizavanje što veće mase mesa kod životinja za klanje. Sada su istraživanja usmjerena u pravcu otkrivanja steroida kod kojih bi bila primarno naglašena miotropna komponenta.

Estrogeni djeluju antagonistički prema STH jer također forsiraju okoštavanje epifiznih hrskavica, te tako završavaju rast. Posebno treba istaći djelovanje estrogena na razvoj vimena, gdje se pod njihovim utjecajem razvija sistem mliječnih kanala.

Progesteron ponovo aktivira rast i razvoj organizma ženke za vrijeme graviditeta. Pretpostavlja se, da on anulira inhibitorno djelovanje estrogena za vrijeme graviditeta, jer se kontinuirano luči. Ovaj hormon djeluje stimulatивно na razvoj alveolarnog sistema mliječne žlijezde.

Kora nadbubrežne žlijezde proizvodi niz hormona, koji održavaju hemodinamičko stanje i normalnu reakcionu sposobnost organizma prema vanjskim utjecajima.

ma-stresorima. Na taj način indirektno sudjeluje i u rastu i razvitku organizma. Kad organizam postigne zrelost pojačava se aktivnost kođe nuzbubrega, te bi prema Turneru to bio uzrok prestanka rasta kod zrelog organizma. Glukokortikoidni hormoni stimuliraju glukoneogenezu, mobilizirajući bjelančevine i masti, te se pod njihovim djelovanjem pojačano izlučuje i dušik iz organizma.

2. VITAMINI

Pored već spomenutih vitamina, koji uslovljuju aktivnost i djelotvornost pojedinih hormona u procesima rasta i razvitka, treba istaći djelovanje **vitamina B-12** u sintezi nukleinske kiseline. Prilikom diobe stanice mora se povećati i količina nukleinske kiseline. Bez vitamina B-12 nema sinteze nukleinske kiseline, a prema tome ni diobe stanice. Kao što smo vidjeli dioba stanice je osnovni oblik rasta organizma.

Vitamin A je faktor koji uvjetuje normalan rast i razvitak epitelnog tkiva, kostiju i očiju. Rast i razvitak kosti bazira se na anaboličkom djelovanju osteoblasta ispod periosta, te razgrađujućem djelovanju osteoklasta s unutrašnje strane kosti. Na taj način kost raste a da se pritom ne povećava prekomjerno njezina težina. Kod nestašice vitamina A prestaje rast osteoklasta, kosti postaju teške i zdepaste i vrše pritisak na organe koje okružuju. Tada u prvom redu strada centralni živčani sistem, koji se nalazi u koštanom omotaču. Kod prasadi i teladi u takvim slučajevima javljaju se grčevi. Kod nestašice vitamina A gravidne ženke pobacuju, a dolazi i do abnormalnog razvitka očiju.

Vitamin D upravlja resorpcijom mineralnih tvari iz probavnog trakta, u prvom redu resorpcijom Ca, P i Mg. Ove iste elemente on deponira u kost, aktivirajući alkalnu fosfatazu. Nestašica vitamina D, ili pak ovih elemenata, onemogućuje osifikaciju kosti. Ako se to javlja u toku rasta govorimo o rahitisu, a ako se javlja kod odraslog organizma tada govorimo o osteomalaciji.

Vitamin E je važan faktor u kompleksu rasta i razvitka. Kod mužjaka nestašica vitamina E izaziva prestanak sazrijevanja spermija, dok kod žene nema odlučnog utjecaja na oogenezu. Kod gravidne ženke nestašica vitamina E izaziva pobačaj zbog toga, što prestaje razvoj vaskularizacije embrionalnih ovojnica, te su embryo odnosno fetus lišeni mogućnosti prehrane preko placentarnog sistema. Osim toga, vitamin E ima važnu ulogu u razvitku i funkciji mišićnog tkiva. Nestašica vitamina E izaziva kod jagnjadi i teladi poznatu distrofiju mišića. Na kraju treba spomenuti da vitamini E i K sudjeluju u biološkoj oksidaciji, pa su oni i zbog toga potrebni za normalni rast i razvitak.

LITERATURA

1. Brody S.: Bioenergetics and Growth, New York, 1945.
2. Dukes H. H.: The Physiology of domestic Animals, VII Ed. London, 1955.
3. Hammond J.: Zuwachs und Fleischproduktion, u Hammond J., I. Jonansson, i F. Haring: Handbuch der Tierzucht, Band I., Hamburg—Berlin, 1958.
4. Maynard A. L. i J. K. Loosli: Animal Nutrition, New York—Toronto—London, 1956.
5. Pomeroy W. R.: Live-Weight Growth, u Hammond J.: Progress in the Physiology of Farm Animals, Vol. 2. London, 1955.
6. Russell A. J. i A. E. Wilhelmi: Growth, u Ann. Review of Physiology, Vol. 20., Palo Alto, 1958.