

LAKTACIJA KAO EVOLUCIJSKA STRATEGIJA USPOREDBA ORANGUTANA I LJUDI

Jožica Josipa Štefanić, mag. med. techn.¹

SAŽETAK

Trajanje i intenzitet laktacije razlikuju se od vrste do vrste, ovisno o okolišu u kojem žive i načinu na koji preživljavaju. Jedna od vrsta koja najdulje doji svoju mladunčad su orangutani, koji su se morali su se prilagoditi okolišu. Orangutani sišu mlijeko do njihovih 8,1 odnosno 8,8 godina. Ljudi su razvili kraću strategiju dojenja vezanu uz nagli skok kognitivnih funkcija. Mikrobiom čine svi mikroorganizmi (bakterije, virusi, gljivice) koji žive u određenom okruženju zajedno s njihovim genetskim materijalom. Mikrobiom majčina mlijeka postavlja temelje za djetetov imunitet i probavu. Laktacijsko programiranje je složen sustav signala putem kojeg majka svom djetetu šalje važne informacije o svijetu u kojem živi.

Ključne riječi: laktacija; laktacijsko programiranje; okoliš; mikrobiom

UVOD

„Laktacija nije samo biološka osobina sisavaca, nego i evolucijsko naslijeđe čiji intenzitet ovisi o okolišu“ (Biologija, 2000). Fiziologija se temelji na stvaranju mlijeka u mliječnim žlijezdama, pri čemu se pod utjecajem hormona oksitocina i mehaničkog podražaja sisanjem, mlijeko potiskuje u odvodne kanaliće. Njeno trajanje i intenzitet razlikuju se od vrste do vrste, ovisno o okolišu u kojem žive i načinu na koji preživljavaju. Kod primata, majčino

mlijeko osim hrane predstavlja i način na koji majka na svoje mlade prenosi ključne imunološke, hormonalne i društvene informacije. Jedna od vrsta koja najdulje doji svoju mladunčad su orangutani. S obzirom na to da žive u nepredvidivim kišnim šumama Bornea i Sumatre, gdje hrana često nije dostupna, morali su se prilagoditi okolišu. Upravo radi nedostatka hrane orangutani imaju najduže razmake između poroda i najdulji period laktacije koji može iznositi i osam godina (Smith i

¹ Škola za primalje, Zagreb

dr., 2017). To je način da osiguraju opstanak potomstva u nesigurnom okruženju.

Ljudski mozak razvija se naglo nakon rođenja, ali razdoblje laktacije traje kratko. Ljudi su razvili suradničko roditeljstvo (cijela obitelj ili skupina pomaže u brizi za dijete), što je smanjilo teret majčinog odgoja djece i omogućilo brže stvaranje novih generacija (Hrdy, 2009). Kroz usporedbu ljudi i orangutana ovaj rad analizira dojenje kao vezu između ekologije i razvoja mozga te društvene strukture, umjesto samo fiziološke funkcije.

UTJECAJ OKOLIŠA NA RODITELJSTVO

Način na koji se orangutani razmnožavaju izravno je povezan s prirodom koja ih okružuje. Ovu usku povezanost okoliša i biologije najbolje objašnjava Cheryl Knott, koja kroz svoje dugogodišnje istraživanje orangutana na Borneu dokazuje da je njihova reprodukcija izravno uvjetovana kalorijama. Njezino istraživanje pokazuje kako majka ne može začeti kada je u stanju 'negativne energetske bilance' (Knott, 2001). To znači da priroda štiti ženku: ovulacija se događa isključivo u razdobljima izobilja. Na ovaj način se osigurava da majka ima dovoljno zaliha za dugotrajnu i iscrpljujuću laktaciju koja slijedi. Zbog te nepredvidivosti, mladunče orangutana ostaje dulje vrijeme uz majku. Plodnost ženki orangutana prati ritam šume.

One čekaju tzv. masting: sinkronizirano sazrijevanje voća u cijeloj šumi osigurava energetske višak. Tek tada, kada unesu dovoljno kalorija, razina estrogena raste, što im omogućuje ovulaciju i začće (Knott, 1999; Grey 2013).

Između razdoblja izobilja često nastupaju godine oskudice. Ženke tada troše više energije nego što je mogu unijeti. Taj izazov je najveći tijekom laktacije koja kod orangutana traje godinama. Kako bi prehranile mladunče, ženke moraju crpiti energiju iz vlastitog tkiva, prvo iz masnih zaliha, a potom iz mišićne mase (Knott i dr., 2009). Ovaj ekstremni fiziološki napor funkcionira kao prirodni osigurač. Tijelo daje prioritet preživljavanju potomstva, a nova ovulacija odgađa se godinama. Rezultat te prirodne energetske strategije je najduži razmak između poroda u životinjskom svijetu, koji u prosjeku iznosi između sedam i devet godina (Smith i dr., 2017).

Dugotrajno dojenje kod orangutana nije samo biološka potreba. Ono igra ključnu ulogu u tome kako se mladunče razvija i uči. Kako bi preživio, mladi orangutan mora naučiti prepoznati stotine biljnih vrsta. Nadalje treba naučiti kada koji plod sazrijeva te savladati određene vještine, poput otvaranja tvrdih plodova ili gradnje sigurnog gnijezda za spavanje (Hinde, 2013).

Ženka orangutana i njezino mladunče provode sate istražujući krošnje u potrazi za hranom, što je ključan dio procesa učenja mladunčeta o preživljavanju u divljini (Slika 1).

Slika 1: Ženka orangutana i mladunče u krošnji



Izvor: [Pixabay](#)

Orangutani se oslanjaju na solitarno roditeljstvo. U takvoj vrsti roditeljstva ženka potpuno sama, bez pomoći drugih članova zajednice, godinama odgaja i doji mladunče dok ono ne postane potpuno samostalno (Hrdy, 2016). Ovakav pristup, kako navode Strier i Setchell (2007), tipičan je za vrste koje ulažu u kvalitetu svog potomstva, a ne u brojnost. To je za orangutane jedini način da odgoje

potomstvo sposobno za samostalan život u džungli.

Metodom analize barija u zubima Smith i sur. (2017) otkrili su da divlji orangutani sisu mlijeko do 8,1 odnosno 8,8 godina starosti. To je najdulje zabilježeno razdoblje dojenja kod primata. Ova metoda potvrđuje da je dojenje kod orangutana usklađeno s dostupnošću hrane u okolišu. Njihovo istraživanje također ukazuje na povezanost između ekologije, metabolizma i laktacije.

LJUDSKA PRILAGODBA NA EKOLOŠKA OGRANIČENJA

Za razliku od orangutana, čija je sudbina izravno povezana s prirodnim ciklusima šume, ljudi su razvili sasvim drugačiji odgovor na ekološke izazove. Kako objašnjava Hrdy (2009), podrška šire zajednice omogućila je majkama da prebrode energetske krize i skrate razdoblje dojenja.

Uključivanje ostatka obitelji (otac, bake, rođaci) omogućilo je majkama da ranije uvedu dohranu djetetu i tako skrate dojenje. Takav način brige nazivamo alopentalna skrb. Ključna promjena bila je upravo u tome što majka više nije bila sama u brizi za potomstvo (Hrdy, 2009). Zahvaljujući toj pomoći, žene su ostajale brže plodne. To objašnjava zašto su razmaci između trudnoća, čak i u drevnim zajednicama lovaca sakupljača, iznosili svega tri do četiri godine (Hrdy, 2009).

RAZLIKE U TRAJANJU LAKTACIJE I SASTAVU MLIJEKA

Trudnoća u obje vrste traje podjednako (gorile 8-8,5, ljudi 9 mjeseci), ali razlika je u sastavu mlijeka. Ljudsko mlijeko bogatije je mastima DHA (višestruko nezasićene masne kiseline). One opskrbljuju mozak koji se kod ljudi razvija velikom brzinom. Mlijeko orangutana prilagođeno je sporom tjelesnom rastu. Ljudsko mlijeko sadrži

visoke razine tih kiselina jer one služe kao kritični „građevni materijal” za ljudski mozak. Prema istraživanjima Kuzave i suradnika (2014) ljudski mozak u ranom djetinjstvu troši veliki udio energije, a upravo LCPUFA (*Long-Chain Polyunsaturated Fatty Acids*) iz mlijeka omogućuju njegov ubrzani razvoj i visoke kognitivne sposobnosti.

Tablica 1. Reproductivni i laktacijski period kod orangutana (*Pongo spp.*) i modernih ljudi (*Homo sapiens*) Izvor: Knott (2001), Hrdy (2009) i Smith i dr. (2017).

Parametar	Orangutan (<i>Pongo spp.</i>)	Čovjek (<i>Homo sapiens</i>)	Evolucijski značaj
Gestacijski period	~8 do 8,5 mjeseci	~9 mjeseci	Slično trajanje unatoč razlikama u tjelesnoj masi.
Dojenje (trajanje)	6 – 9 godina (najduže kod sisavaca)	2 – 4 godine (tradicionalna društva)	Ljudi rano uvode dohranu; orangutani ovise o mlijeku do puberteta.
Interval između poroda	7 – 9,3 godine	~ 3 godine (prirodna plodnost)	Ljudi imaju više djece u kraćem vremenu zahvaljujući društvenoj potpori.
Sastav mlijeka (masti/proteini)	Niže razine masti i proteina	Visoke razine masti (DHA, LCPUFA)	Ljudsko mlijeko je energetski gušće zbog ekstremnih zahtjeva mozga.
Bioaktivne komponente (sIgA)	Niže koncentracije (sIgA)	20-30x veće koncentracije sIgA	Visoka imunološka zaštita kod ljudi zbog rane izloženosti patogenima.
Aloparentalna skrb	Gotovo isključivo majka	Ekstenzivna (očevi, bake, zajednica)	Ključna za ljudski "paradoks" kratkog dojenja i velikog mozga.
Dob pri prvom porodu	12 – 15 godina	18 – 20+ godina (tradicionalna društva)	Dugo razdoblje učenja prije reprodukcije kod obje vrste.

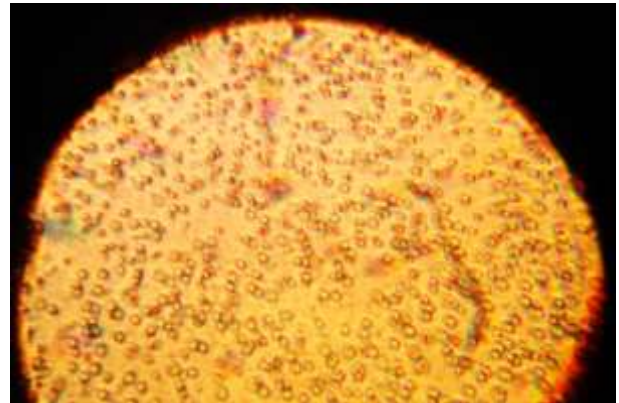
Sekretorni imunoglobulin A ključno je protutijelo koje pruža prvu liniju obrane od infekcija. **SIgA** (*sekretorni imunoglobulin A*) je specifično protutijelo koje oblaže sluznicu crijeva djeteta i sprječava ulazak virusa i bakterija ((Hinde i Milligan, 2011). Prema Blaffer Hrđy (2009) izrazito visoka koncentracija sIgA kod ljudi (20–30 puta veća nego u orangutana) biološki je potrebna. Dijete od rođenja boravi u društvenoj zajednici gdje je izloženost patogenima puno veća, za razliku od orangutana koji su izolirani u krošnjama.

MLIJEKO KAO BIOLOŠKI SUSTAV I RAZVOJ MIKROBIOMA

Majčino mlijeko je složen biološki sustav koji se prilagođava potrebama djeteta. Osim hranjivih tvari mlijeko sadrži i čitav niz bioaktivnih čuvara: od hormona i antitijela do živih mikroorganizama.

Prema istraživanjima koja su proveli Kuzawa i dr. (2014) ključnu ulogu igra mikrobiom. Mikrobiom su svi mikroorganizmi (bakterije, virusi, gljivice) koji žive u određenom okruženju, zajedno s njihovim genetskim materijalom. Kako navodi Bode (2012), mikrobiom majčina mlijeka postavlja temelje za djetetov imunitet i probavu. Posebnu ulogu imaju oligosaharidi koji hrane „dobre“ bakterije.

Slika 2. Kapljica majčinog mlijeka pod mikroskopom



Izvor: A microscopy image of a sample of human breast milk" by **SMTombs** is licensed under **CC BY-SA 4.0**.

Istraživanje koje su proveli Bornbusch i dr. (2022) otkrilo je da mlijeko svake vrste majmuna ima jedinstven „mikrobni potpis“ koji se mijenja kako mladunče raste. Njihov mikrobiom se postupno mijenja i na taj način priprema mladunče za vrijeme kada će prestati ovisiti isključivo o majci i početi jesti čvrstu hranu punu vlakana. Također, rezultati podupiru prethodna istraživanja da uvjeti okoliša, uključujući prehranu i izloženost mikrobima iz okoliša, mogu oblikovati mikrobiome mlijeka (Bornbusch i dr., 2022).

SASTAV MLIJEKA I NEUROLOŠKI RAZVOJ

Majčino mlijeko prilagođeno je specifičnim potrebama razvoja djeteta. Za razliku od ostalih primata ljudsko je mlijeko bogato posebnim masnim kiselinama, poput DHA (između 0,20 % i 0,40 %, ovisno o majčinoj prehrani). Te su masnoće „građevni

materijal“ za mozak i središnji živčani sustav. Njihova je prisutnost neophodna za izgradnju neuronskih mreža i brzu komunikaciju među stanicama (Hinde i Milligan, 2011). Iako je u trenutnoj medicinskoj literaturi dostupan ograničen broj studija, zabilježen je bolji neurološki razvoj i vidna funkcija dojenčadi s višim razinama DHA u majčinom mlijeku (Jensen i Lapillonne, 2001; Basak i sur. 2020). Analizirajući sastav mlijeka, Milligan i dr. (2008) otkrili su značajne razlike u razinama masnih kiselina. Tako planinske gorile imaju svega 0,05 % DHA u ukupnim masnim kiselinama, što je izravna posljedica njihove prehrane temeljene uglavnom na prehrani biljkama.

LAKTACIJSKO PROGRAMIRANJE I ULOGA HORMONA

Majčino mlijeko je više od obroka. Ono je složen sustav signala putem kojeg majka svom djetetu šalje važne informacije o svijetu u kojem živi. Taj proces nazivamo laktacijsko programiranje. Kako objašnjava Hinde (2013), laktacijsko programiranje nije specifičnost samo jedne vrste, već predstavlja opću biološku pojavu kod svih primata. Sastojci u mlijeku (naročito hormoni) dugoročno oblikuju djetetov karakter i fiziologiju. To omogućuje mladunčetu da se već od prvih dana života počne prilagođavati specifičnim uvjetima koji ga čekaju u okolišu.

KORTIZOL

Kortizol je hormon koji povezujemo sa stresom. Razina kortizola u mlijeku varira od majke do majke i odraz je njezine svakodnevice (bilo da je riječ o nedostatku hrane ili opasnosti od grabežljivaca). Hinde (2013) ističe da te razlike imaju vrlo konkretan utjecaj na to kako će se mladunče ponašati. Mladunčad koja kroz mlijeko dobiva više razine kortizola često postaje opreznija, budnija i rjeđe se izlaže riziku. U nestabilnom okruženju „majka putem mlijeka doslovno „obavještava“ svoje potomstvo o opasnostima u okolišu, pomažući im da se prilagode bez ikakve promjene u genima (Aparicio, 2020).

OKSITOCIN

Možemo reći da kortizol priprema na opasnost, a oksitocin povezuje. Oksitocin je ključan hormon za stvaranje bliskosti, a tijekom dojenja ima glavnu ulogu prilikom učvršćivanja veze između majke i djeteta (Uvnäs Moberg i dr., 2020). Zahvaljujući načinu života u zajednici, oksitocin se aktivira ne samo u kontaktu s majkom nego i u interakciji s okolinom (obitelj). Kako navodi Sarah Hrdy (2009), upravo to pomaže djetetu da od prvih dana razvija društvenu osjetljivost i uči kako upravljati svojim emocijama. Ovdje se vidi razlika u odnosu na orangutane. Orangutani žive prilično samotnjački te je njihova

oksitocinska povezanost svedena na krug ženka – mladunče. S druge strane, ljudska vrsta je biološki „programirana“ da stvara veze s okolinom.

ZAKLJUČAK

Usporedba procesa laktacije orangutana i čovjeka pokazuje različite načine preživljavanja. Majčino mlijeko složeni je komunikacijski sustav koji uključuje i okoliš. Evolucijske promjene kod orangutana uzrokovale su produljeno razdoblje dojenja i spor razvoj mladunaca. Dojenje kod orangutana usklađeno je s dostupnošću hrane u okolišu. Ljudska vrsta je evoluirala drukčijim putem. Visoki zahtjevi ljudskog mozga nisu se razvijali zajedno s produljenjem laktacije jer je laktacija postala kraća. Zajednica je omogućila ovu promjenu uvođenjem kooperativnog roditeljstva i aloprenalne skrbi koja uključuje podršku drugih članova zajednice.

Sastojci u mlijeku (naročito hormoni) dugoročno oblikuju djetetov karakter i fiziologiju. To omogućuje mladunčetu da se već od prvih dana života počne prilagođavati specifičnim uvjetima koji ga okružuju. Mladunčad koja kroz mlijeko dobiva više razine kortizola često postaje opreznija, budnija i rjeđe se izlaže riziku. Ljudsko mlijeko je bogato DHA masnim kiselinama koje su osnovni materijal za rast i razvoj mozga i središnjeg živčanog sustava, za razliku od orangutana, čije je mlijeko sadrži značajno niže razine tih kiselina.

Istraživanja pokazuju da su biološki čimbenici, okoliš i društvene strukture snažno međusobno povezane tijekom procesa evolucije i opstanka vrste. Majčino mlijeko je biološka poveznica između gena i okoliša i funkcionira kao sustav bioloških signala koji priprema potomstvo na uvjete u kojima živi.

LITERATURA

1. Aparicio, M. i dr. 2020. Human Milk Cortisol and Immune Factors Over the First Three Postnatal Months: Relations to Maternal Psychosocial Distress. *PLoS One* 15/5.
2. Basak, S., Mallick, R., Duttaroy, A. K. 2020. Maternal Docosaheaxaenoic Acid Status During Pregnancy and Its Impact on Infant Neurodevelopment. *Nutrients* 12/12. 3615.
3. Biologija. 2000. *Hrvatska enciklopedija*. Leksikografski zavod Miroslav Krleža. Zagreb. www.enciklopedija.hr (postupljeno 5. veljače 2026.)
4. Bode, L. 2012. Human milk oligosaccharides: Every baby needs a sugar mama. *Glycobiology* 22/9: 1147-1162.
5. Bornbusch, S. L. i dr. 2022. Milk microbiomes of three great ape species vary among host species and over time. *Scientific Reports* 12/1: 11017.

6. Grey, K. R. i dr. 2013. Human Milk Cortisol Is Associated With Infant Temperament. *Psychoneuroendocrinology* 38/7: 1178-1185.
7. Hinde, K. 2013. Lactational programming of infant behavioral phenotype. Ur. Clancy, K. B. H., Hinde, K. i Rutherford, J. N. *Building Babies: Primate Development in Proximate and Ultimate Perspective*. Springer. New York.
8. Hinde, K., Milligan, L. A. 2011. Primate milk: Proximate mechanisms and ultimate perspectives. *Evolutionary Anthropology* 20/1: 9-23.
9. Hrdy, S. B. 2009. Mothers and Others. *Natural History Magazine*. www.naturalhistorymag.com
10. Hrdy, S. B. 2016. Variable Postpartum Responsiveness Among Humans and Other Primates With "Cooperative Breeding": A Comparative and Evolutionary Perspective. *Hormones and Behavior* 77: 272-283.
11. Jensen, C. L., Lapillonne, A. 2001. Docosahexaenoic acid and lactation. *Advances in Experimental Medicine and Biology* 501: 153-62.
12. Knott, C. D. 2001. Female reproductive ecology of the apes. Ur. Ellison, P. T. *Reproductive Ecology and Human Evolution*. Aldine de Gruyter. New York. 429-463.
13. Milligan, L. A. i dr. 2008. Fatty acid composition of wild anthropoid primate milks. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B* 149/1: 74-82.
14. Smith, T. M. i dr. 2017. Cyclical nursing patterns in wild orangutans. *Science Advances* 3/5. e1601517.
15. Sullivan, E. C. i dr. 2011. Infant temperament and milk cortisol concentrations in rhesus macaques. *Developmental Psychobiology* 53/3. 287-295.
16. Uvnäs Moberg, K. i dr. 2020. Maternal Plasma Levels of Oxytocin During Breastfeeding-a Systematic Review. *PLoS One* 15/8:

SUMMARY

LACTATION AS AN EVOLUTIONARY STRATEGY

A COMPARISON OF ORANGUTANS AND HUMANS

The duration and intensity of lactation vary from species to species, depending on the environment in which they live and their way of survival. One of the species that breastfeeds its young the longest is the orangutan, which had to adapt to the environment. Orangutans suckle milk until 8.1 or 8.8 years of age. Humans have developed a shorter breastfeeding strategy related to a sudden leap in cognitive functions. The microbiome consists of all microorganisms (bacteria, viruses, fungi) living in a specific environment, along with their genetic material. The breast milk microbiome sets the foundation for the child's immunity and digestion. Lactational programming is a complex system of signals through which a mother sends important information to her child about the world in which they live.

Key words: lactation; lactation programming; environment; microbiome