Neuroendokrina kontrola roditeljskog ponašanja

Jurković, Mirna

Undergraduate thesis / Završni rad

2014

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:022506

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

PRIRODOSLOVNO MATEMATIČKI FAKULTET

BIOLOŠKI ODSJEK

NEUROENDOKRINA KONTROLA RODITELJSKOG PONAŠANJA

NEUROENDOCRINE CONTROL OF PARENTAL BEHAVIOR

SEMINARSKI RAD

Mirna Jurković

Preddiplomski studij biologije

(Undergraduate Study of Biology)

Mentor: prof. dr. sc. Dubravka Hranilović

Zagreb, 2014.

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. FIZIOLOŠKE PROMJENE TIJEKOM TRUDNOĆE 2
   2.1 Hormoni trudnoće i neuroendokrine promjene koji potiču majčinsko ponašanje 2
3. ODNOS MAJKE PREMA DJETETU 5
   3.1 Razvoj i zadržavanje osjećaja odgovornosti majke 5
   3.2 Unutarnji mehanizmi regulacije 6
   3.3 Intergeneracijski efekti - utjecaj posljedica odnosa s majkom na vlastito majčinstvo 7
4. OČINSKO PONAŠANJE 9
   4.1 Endokrine promjene koje prate razvoj očinskog ponašanja kod ljudi 9
5. PLASTIČNOST MOZGA I PROMJENE U NJEGOVOJ STRUKTURI KOD RODITELJA 10
   5.1 Roditeljstvo i hipokampus 10
   5.2 Prefrontalni korteks i roditeljstvo 12
6. ZAKLJUČAK 13
7. LITERATURA 14
8. SAŽETAK 15
9. SUMMARY 15

1. UVOD

Biološki gledano, zadatak svakog pojedinca svake vrste na Zemlji je razmnožiti se i ostaviti potomke. Naša tijela možda su samo napredni stroj čija je funkcija osigurati besmrtnost gena, pri čemu je glavna stavka prijenos tog, kroz vrijeme gotovo nepromijenjenog kodirajućeg zapisa, u nove strojeve kako sam gen ne bi nestao prestankom života čovjeka. Time možda i naši postupci nisu proizvod toliko nam obožavane slobodne volje, već obično izvršavanje zapovijedi sebičnog stanovnika naših tijela (Dawkins 1989).

Razvojem ljudske svijesti, naša vrsta postala je sklona vjerovanju u kojem su vrijednosti koje smo si sami izmislili nadjačale one biološke, vjerujemo da smo jači od bilo kakvog kemijskog spoja u našem mozgu. Koliko smo u zabludi? U ovom radu bit će (indirektno, kroz temu roditeljstva) pokazano kako se priroda sama pobrinula za nas, stvorila mehanizme koji će se paliti i gasiti bez obzira na našu volju, ovisno o situaciji u kojoj se nađemo u životu.

Majčinstvo je, ako pitate praktički bilo koju majku, najljepša stvar na svijetu. Vlastito dijete nešto je nezamijenjivo i spona koja veže majku i dijete je nepokidiva. Međutim, svaka buduća majka pita se je li spremna preuzeti takvu odgovornost na sebe, hoće li ona biti dobra majka, kako će znati reagirati u novim situacijama. Ono što bi trebala znati je da će njeno tijelo uvelike pomoći u njezinu snalaženju. Mozak će, naime, kroz trudnoću i roditeljstvo prolaziti fiziološke promjene. Te promjene nastale su kao prirodni mehanizam obrane i preživljavanja potomka. U ovom rada bit će opisane fiziološke promjene koje tijelo žene prolazi u trudnoći, kao i promjene koje se događaju budućem ocu (čija je uloga bila dugo zanemarivana u istraživanjima roditeljstva) kao priprema za roditeljstvo. Također, bit će obrađena tema fizioloških procesa koji nastupaju u mozgu roditelja nakon rođenja djeteta. U zadnjem dijelu biti će obrađena tema plastičnosti mozga pojedinca te promjena strukture mozga kod roditelja, kao i moguć utjecaj tih promjena na komponente ljudskog života nevezane direktno za roditeljstvo.

2. FIZIOLOŠKE PROMJENE TIJEKOM TRUDNOĆE

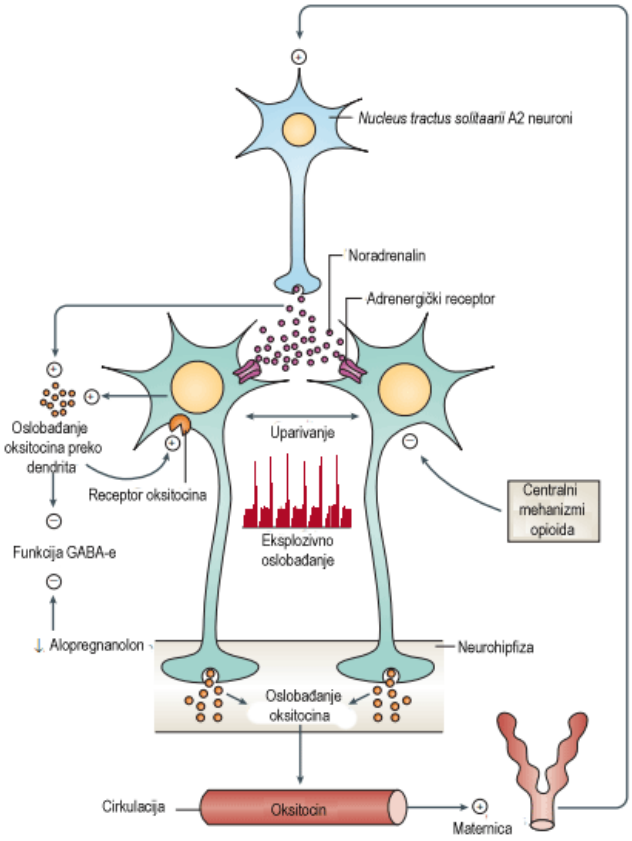
Razdoblje trudnoće izrazito je zahtjevno za tijelo žene. Ženin organizam koji je do nedavno ispunjavao potrebe jedne osobe, sada mora naći način da u tom istom tijelu uskladi dva života. Fiziološki mehanizmi majke u trudnoći djeluju tako da zaštite fetus od mogućih štetnih utjecaja (npr. stres), omoguće mu pravilan rast i razvoj te osiguraju pravovremeni porod (Brunton i Russel 2008). Razdoblje nakon poroda također je presudno za dijete. Ono je samo po sebi nesposobno i bez pažnje ne bi moglo preživjeti. Zbog toga se u trudnoći, osim mehanizama koji će osigurati uspješnu trudnoću i razvoj djeteta bez komplikacija, u ženi odvijaju procesi koji će od nje napraviti majku – razviti u njoj majčinsko ponašanje i osjećaje. Odmah po rođenju djeteta majka se izrazito brine, zainteresirana je za interakciju i zaštitnički je nastrojena prema svom potomku. Za većinu prilagodbi u trudnoći zaslužan je majčin mozak koji djeluje putem promjena u endokrinom sustavu koje su regulirane od strane hormona trudnoće uz aktivnost neuralnog sklopovlja. Nešto prije kraja trudnoće prestaje aktivnost tih hormona čime prestaje inhibicija nekih od nastalih promjena te je time omogućen porod i laktacija kao i majčinsko ponašanje, ali često i pad raspoloženja kod majke koji u nekim slučajevima može voditi u depresiju.

2.1 Hormoni trudnoće i neuroendokrine promjene koji potiču majčinsko ponašanje

Oksitocin je hormon neurohipofize koji djeluje kao neuromodulator – koristi više neurotransmitera kako bi regulirao raznovrsne populacije neurona. Važan je jer izaziva kontrakcija maternice pri porodu, potiče mliječne žlijezde da izluče mlijeko u subareolarne sinuse iz kojih ono može biti istisnuto kroz bradavicu, kod fetusa priprema neurone za porod smanjujući osjetljivost na hipoksiju (Burggren i sur. 1997). Također, bitan je u inicijaciji majčinskog ponašanja. Povezuje ga se sa stvaranjem povjerenja i ostvarivanjem veze između majke i djeteta.

Za proizvodnju oksitocina odgovorne su dvije regije hipotalamusa – paraventrikularna jezgra (eng. *paraventricular nucleus*, PVN) i supraoptičke jezgre (eng. *supraoptic* nucleii, SON). PVN) i supraoptičke jezgre (SON). Neuroni tih dviju regija pružaju se do neurohipofize te, u slučaju zaprimanja akcijskog potencijala, njihovi terminalni dijelovi luče oksitocin preko neurohipofize u glavni krvotok. Neuroni oksitocina PVN-a mogu se pružati centralno do limbičkog sustava ili kaudalnije u *nucleus tractus solitarii* (NTS) i leđnu moždinu. Oksitocin koji je izlučen centralno tijekom poroda omogućava brzi početak

majčinskog ponašanja i modulira emocionalnost majke (Brunton i Russel 2008). Oksitocin se izlučuje u eksplozivnim valovima, a to izlučivanje ovisi o mehanizmu pozitivne povratne sprege (Sl. 1) Stvaranje oksitocina počinje već u trudnoći, ali su njegovi neuroni inhibirani metabolitom progesterona – alopregnanolonom i endogenim opijatima. Ova inhibicija omogućuje akumulaciju oksitocina u neurohipofizi, tijelima stanica i dendritima neuroendokrinih stanica lociranih u hipotalamusu. Pri kraju trudnoće inhibicija κ opioidima prestaje, ali povećava se stopa inhibicije centralnim μ opiodima. Oni će kod poroda upravljati izlučivanjem oksitocina optimizirajući intervale između poroda svake jedinke u leglu kako bi se osigurala adekvatna majčinska skrb za sve.



Slika 1. Porod počinje kontrakcijama maternice što stimulira neurone A2 NTS (*nucleus tractus solitarii*) koji se projiciraju u neurone oksitocina. Njihovo djelovanje potiče eksplozivni mehanizam oksitocina koji se održava slabim povezivanjem neurona oksitocina. Noradrenalin stimulira oslobađanje oksitocina. Koordinirano eksplozivno oslobađanje oksitocina u konačnici omogućuje kontrakcije maternice. Aktivnost oksitocinskih neurona pod kontrolom je centralnih opioida. Povećano oslobađanje oksitocina i smanjenje razine alopregnanolona zajedno reduciraju $GABA_A$ receptore. To smanjuje inhibicijski učinak na neurone oksitocina.

Osim oksitocina, na razvoj majčinskog ponašanja utjecaj ima i prolaktin čija je glavna funkcija priprema mliječnih alveola na proizvodnju mlijeka te stimulacija sekrecije mlijeka.

Na početku trudnoće ima luteotropnu funkciju, a njegova sekrecija je kasnije u trudnoći potisnuta jer ga zamjenjuje sekrecija placentalnog laktogena U noći prije poroda dolazi do oslobađanja većih količina prolaktina u valovima što u mozgu djeluje tako da izazove majčinsko ponašanje. Ti valovi prolaktina omogućavaju laktogenezu, ali i doprinose uspješnom prelasku s trudnoće na majčinstvo.

U trenutku kada se povlače hormoni koji su inhibirali djelovanje oksitocina i prolaktina može doći do ekspresije elemenata koji će oblikovati majčinsko ponašanje i istovremeno pomoći pri rođenju potomka. Pod majčinskim ponašanjem podrazumijeva se gniježđenje, skrb, čišćenje, zaštita i držanje mladih na okupu te neagresivno ponašanje prema njima. Iako se i kod jedinke koja nije majka, a izložena je određeno vrijeme mladima, počinju razvijati ti elementi ponašanja, za brzi postanak takvih nagona i to odmah pri rođenju potrebna je duža izloženost većim dozama estrogena, prolaktina/placentalnog laktogena i progesterona, kao i povlačenje posljednjeg. Upravo to je prilagodba organizma za vrijeme trudnoće na majčinstvo.

Kod majki je zabilježena i povećana agresivnost prema pojedincima koji bi na bilo koji način mogli ugroziti njezino leglo. Ova pojava povezana je sa smanjenjem osjećaja straha i anksioznosti, a za njenu pojavu odgovoran je veći broj područja u mozgu, kao i veći broj neurotransmitera i neuropeptida. Studije provedene na miševima pokazale su da agresivni fenotip uključuje povećanu aktivnost neuropeptida Y (NPY) i smanjeni efekt kortikotropin oslobađajućeg hormona (eng. *corticotropin-releasing hormone,* CRH). NPY je neuropeptid koji djeluje kao neurotransmiter u mozgu i autonomnom živčanom sustavu čovjeka (uz neke varijacije postoji i kod drugih životinja). Jedna od njegovih funkcija je smanjenje anksioznosti, stresa i percepcije boli. CRH je također peptidni hormon koji djeluje kao neurotransmiter. Nastaje u hipotalamusu, a prenosi se do neurohipofize gdje stimulira sekreciju adenokortikotropnog hormona (eng. *adenocorticotropic hormone,* ACTH) i ostalih aktivnih bioloških supstanci. Rezultat je njegovog djelovanja, između ostalog, pojačanje osjećaja straha. Na pojavu agresivnosti utječe i koncetracija serotonina na čije pak izlučivanje utječu estrogen i progesteron (. Smanjenjem količine serotonina povećava se agresija. Ona je također korelirana s otpuštanjem oksitocina kao i aktivnostima PVN-a i amigdale. To znači da aktivacijom centralnih mehanizama oksitocina istodobno počinju procesi smanjenja straha i anksioznosti te pojava agresije. Alopregnanolon bi također mogao imati ulogu u doprinosu ovoj pojavi jer njegovim povlačenjem iz sustava u vrijeme poroda nestaje inhibicijsko djelovanje na centralne oksitocinske neurone te se smanjuje aktivnost serotoninskih neurona.

3. ODNOS MAJKE PREMA DJETETU

Veza između majke i potomka koja se počinje razvijati odmah po porodu pod utjecajem je osjetilnih, endokrinih i neuralnih mehanizama. Ona uključuje različite uzorke ponašanja koji će dovesti do adekvatne brige za mlado, a time i do njegovog zdravog psihičkog, emocionalnog i socijalnog razvoja (Fleming i sur. 1999). Oba člana ove veze osjetljiva su i odgovaraju na znakove onog drugog. Majke su, npr., odmah po rođenju privučene mirisom svog potomka, odgovaraju na njegovo glasanje, dodire... Studije provedene uz pomoć fMRI (funkcionalna magnetska rezonanca) proučavale su sličnosti između neuralne aktivnosti kod romantične ljubavi i majčinske ljubavi. Rezultati su pokazali da se kod čovjeka i u slučaju romantične i majčinske ljubavi, aktivira *substania nigra* (regija mozga smještena u srednjem mozgu) i *globus pallidus* (dio prednjeg mozga). Potomak se orijentira prema majci, sisanjem razvija osjetljivost prema tjelesnom mirisu majke, njenom dodiru i temperaturi njenog tijela. To promovira psihološku i imunološku elastičnost, fizičko sazrijevanje, socijalni i emocionalni razvoj tipičan za vrstu. Time se povećava vjerojatnost da će potomak preživjeti te se sam dalje razmnožavati, što je, ako gledamo širu sliku, zapravo put kojim se vrsta održava na životu. Ovi uzorci ponašanja ovisni su o strukturi i funkciji mozga na koju znatno utječu doživljaji i iskustva stečena pri porodu kao i tijekom životnog vijeka. Za razvoj ove veze bitan je proces učenja kao i plastičnost organizama koji u njoj sudjeluju (njihova sposobnost da se mijenjanju s obzirom na situacije i varijacije situacija u kojima se nalaze). Rana iskustva potomka vezana za ovu pojavu mogu se odraziti na njegov način ophođenja sa svojom djecom čime ona postaje psihobiološki mehanizam za intergeneracijsko prenošenje roditeljskog stila i odgovornosti.

3.1 Razvoj i zadržavanje osjećaja odgovornosti majke

Kao što je već napomenuto, okidači za majčinsko ponašanje su različiti hormoni koji se javljaju u trudnoći. No ti hormoni nakon trudnoće prestaju sa svojim izlučivanjem te je potreban mehanizam koji će održati majčinsko ponašanje i njen osjećaj odgovornosti prema mladima. Štakori su dobar primjer za proučavanje ovog fenomena jer, za razliku od mnogih drugih vrsta životinja, ne zahtijevaju prethodno iskustvo kako bi ostvarili adekvatnu skrb za svoje potomke. Neiskusna majka također gradi gnijezdo, okuplja, liže i brine o mladima. Takvo ponašanje je rezultat varijacija u cirkulaciji steroidnih i proteinskih hormona, a svoj doprinos daju i hormoni vezani uz laktaciju. No kasnija briga za mlade nije hormonski regulirana. Za održanje te veze vrlo je bitan kontakt majke i potomka; eksperimentalno je

utvrđeno da u slučaju kada se mladi oduzimaju od majke odmah poslije poroda (nikakav kontakt nije bio uspostavljen), osjećaj odgovornosti majke pada u prvom tjednu, a nakon desetog dana nije uopće prisutan. Međutim, ako je uspostavljen makar i kratak kontakt između majke i potomka prvog dana nakon poroda (dovoljno u trajanju od 2 sata), doć će do aktivnog odgovora majke na mlade koji će joj biti vraćeni nakon 10 dana. To inicijalno majčinsko učenje primarno ovisi o somatosenzoričkim i kemosenzoričkim modalitetima. Majčinska olfaktorna i somatska obrada nužna je za mlade koji pomoću nje stječu, i zatim potvrđuju, naučena ponašanja i vrijednosti. Nužna je i za majku koja na ovaj način zadržava osjećaj odgovornosti prema mladima i nakon dužeg perioda koje provedu odvojeno. Jako je bitno spriječiti mogućnost pada zainteresiranosti roditelja za dijete. Pretpostavlja se da je to spriječeno mehanizmom nagrađivanja u kojem briga za mlade kod roditelja potiče izlučivanje dopamina. Istraživanja na ovu temu nisu dovršena.

Kao i svi ostali procesi učenja, i ono majčinsko ovisi o sintezi proteina. Ukoliko se majci koja je određeno kratko vrijeme bila izložena svojim potomcima ubrizgaju inhibitori proteina, neće doći do zadržavanja majčiskog ponašanja. Inhibitori djeluju na izlučivanje adrenalina i dopamina čiji mehanizmi imaju glavnu ulogu u procesu učenja. Daljnja istraživanja imala su u cilju pokazati koliko je učenje majčinskog ponašanja, fiziološki gledano, slično ostalim učenjima, te koji mehanizmi ovdje sudjeluju. Pronađene su dvije vrste fizioloških promjena koje možemo povezati s krajem trudnoće i inicijacijom brige za mlade. Prva promjena je stvaranje novih, dvostrukih sinapsi na tijelima stanica i dendritima supraoptičke jezgre. Druga uključuje povećanje interakcije između supraoptičkih oksitocinskih neurona. Ove promjene vjerojatno imaju svoju funkciju u sinkronizaciji i pripremi stanica koje će sudjelovati u procesu ispuštanja mlijeka pri dojenju. One su pokrenute i pojačane procesom sisanja, ali zanimljiva je činjenica da proces sisanja nije nužan za njihovo postojanje. Naime, čak i jedinka koja provede dug period vremena s mladima koji nisu njeni, prolazi kroz slične promjene struktura mozga unatoč činjenici da nije bila izložena sisanju. Kod nje su te promjene inducirane kemosenzoričkom i olfaktornom stimulacijom proizašlom iz procesa lizanja i nošenja mladih.

3.2 Unutarnji mehanizmi regulacije

Protein fos proizvode onkogeni c-*fos* prisutni u neuronima mozga koji se aktiviraju na raznovrsne podražaje. Fos u slučaju vezanja s proto-onkogenim proteinom Jun postaje dio

transkripcijske aparature koja sudjeluje u upravljanju transkripcijom gena ili u genskoj regulaciji. Pomoću njega mogu se utvrditi regije mozga koje su aktivne u procesu stjecanja i održavanja majčinskog ponašanja (Sl. 2). Njegova važnost u ovom procesu uočena je eksperimentom u kojem je laboratorijskom mišu uskraćen gen c-*fos*, te on nije pokazivao adekvatno majčinsko ponašanje u uvjetima u kojima ga inače pokazuje. Unatoč tome, još nije utvrđeno je li on u svakom slučaju nužan za aktivaciju ove vrste ponašanja.

U slučaju prvog majčinstva jedinke, primjećuje se pojačana ekspresija c-*fos* u većem broju regija mozga. Neke od ovih regija su dio zajedničkog puta koji vodi ka ekspresiji majčinskog ponašanja, dok drugi utječu na procese učenja, pamćenja, na procesuiranje osjeta itd. Samo neke od ovih regija zaslužne su za zadržavanje majčinskog ponašanja kroz duže vrijeme, a njihova aktivnost je ovisna o iskustvu, tj. nužna je uspostava interakcije između majke i potomka. Regije mozga koje su aktivne kod iskusne majke, ali ne i kod neiskusne majke su parijetalna kora, bazolateralna amigdala i medijalno preoptičko područje (MPOA). U slučaju povrede MPOA-e nastaju manjkavosti i u hormonalnim i u iskustvenim komponentama majčinskog ponašanja, pa je ovo područje vjerojatno zaslužno za prijelaz s hormonske na nehormonsku regulaciju ovog fenomena.

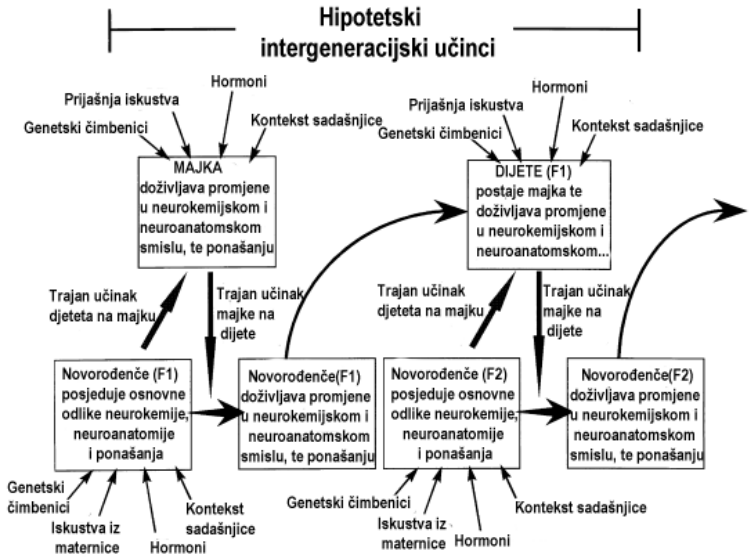


Slika 2. Funkcionalna neuroanatomija i neurokemija u regulaciji majčinskog ponašanja
(NMDA = N-metil-D-aspartat)

3.3 Intergeneracijski efekti - utjecaj posljedica odnosa s majkom na vlastito majčinstvo

Osim majčinskog učenja i prilagođavanja, potomak također stječe iskustvo kroz interakciju s majkom koje će ga prilagoditi u situaciji kada je on onaj o kojem se brine. Osim

toga, to iskustvo će imati dalekosežne posljedice za budućnost, tj. oblikovat će neke elemente njegovog odnosa prema svojim potomcima. Kroz ovu temu zapravo možemo doći do nove perspektive o pravom početku formiranja specifičnog roditeljskog ponašanja. Potomka se u ovom slučaju ne gleda više samo kao subjekt koji će pomoći majci u formiranju majčinskog ponašanja. Doživljava ga se kao budućeg roditelja na čije će roditeljstvo utjecati vlastito iskustvo potomka. Stoga, utjecaj majke na dijete možemo promatrati kao svojevrsnu podlogu na kojoj će se graditi novi roditeljski odnos (Sl. 3).



Slika 3. Intergeneracijski model
Utjecaji koji imaju ulogu u razvoju jedinke su određeni dijelom genetički, dijelom 'iskustvom' u maternici, dijelom hormonima te situacijom u kojoj živi i odnosom s majkom, ocem , braćom.. Iskustvo mijenja psihobiologiju potomka. Mijenja mu neuroanatomiju, utječe na endokrine procese, a time i na ponašanje.

Adekvatna majčinska skrb u ranoj dobi, između ostalog, djeluje tako da ublažava emocionalnu reakciju na stres i novine kod potomaka kad odrastu. Eksperimenti provedeni na štakorima pokazali su da je mehanizam kojim se to ostvaruje povećanje gustoće receptora glukokortikoida u hipokampusu koji umanjuju stopu cirkulacije adrenalnih glukokortikoida koja dovodi do aktivacije HPA osi (hipotalamus, hipofiza, nadbubrežna žlijezda) koja pak pospješuje reakciju na stresore. Stimulacija majke također pokreće i promjene u funkciji štitnjače i serotonina u mozgu, koji također utječu na procese u hipokampusu. Kod pojedinaca koji su bili zakinuti za adekvatnu majčinu skrb ne dolazi do ovih procesa u mozgu te su time puno osjetljiviji na stres. S obzirom da je podizanje mladih samo po sebi stresan proces, jasno je da ova pojava u velikom broju slučajeva u većoj mjeri negativno utječe na budući odnos

roditelj - potomak. S druge strane, roditelji koji su kao mali imali uvjete za normalan razvoj, tj. pravilnu majčinsku brigu vjerojatnije će i svojim mladima pružiti istu.

4. OČINSKO PONAŠANJE

Dugo zanemarivani aspekt u temi roditeljstva bio je otac i njegova uloga u roditeljstvu. Svi prijašnji doticaji ovog fenomena uzimali su očinsko ponašanje čisto kao refleksiju majčinskog ponašanja. Sada se zna da, iako postoji puno zajedničkih točaka, razvoj očinskog ponašanja obuhvaća i komponente vezane striktno za muške neurobiološke mehanizme. Ova otkrića novijeg su datuma te ova tema zahtijeva daljnja istraživanja. Potrebno je sagledati mehanizme i djelovanja majke i oca odvojeno, ali isto tako i istražiti isprepletanja tih dviju komponenata roditeljstva u komplementarnom sustavu zajedničke brige i utjecaja na razvoj djeteta.

4.1 Endokrine promjene koje prate razvoj očinskog ponašanja u ljudi

Iako je teško raditi studije o hormonalnim promjenama na modelu čovjeka zbog utjecaja kulture i okoline na cijelu sliku, ova istraživanja dovela su do značajnih saznanja u vezi promjena očinskog mozga.

Pretpostavlja se da je komponenta koja inicira razvoj ovih promjena zajednički život muškarca s trudnom partnericom. U monogamnim zajednicama uočene su usporedive varijacije hormona kod žene i muškarca. Kod oboje se povećava razina prolaktina i kortizola neposredno prije rođenja, a ovu pojavu prati smanjenje razine estradiola i testosterona (Abizaid i sur. 2010). Estradiol je potreban kao jedna od komponenti koje inducira roditeljsko ponašanje, a pretpostavlja se da smanjenje testosterona osigurava neagresivno ponašanje prema djetetu. Naravno, postoji mogućnost se su ove sličnosti rezultat utjecaja istih okolišnih faktora koji djeluju na ženu i muškarca.

Osim promjena koje nastaju za vrijeme trudnoće partnerice, zabilježene su i hormonalne varijacije koje nastaju kao rezultat djelovanja podražaja djeteta na oca. Ove varijacije ovise uvelike o prijašnjom iskustvu muškarca. Kada se dječjem plaču izlože i iskusni i neiskusni otac kod obojice će se moći uočiti povišenje razine testosterona. Međutim, ta razina će biti niža kod iskusnijih očeva, a pratit će je i povišena razina progesterona i prolaktina. Kod njih će biti pojačana potreba za odgovorom na dječje potrebe. Daljnja

istraživanja pokazala su da je razina prolaktina najviše vezana za iskustvo, bilo ono stečeno interakcijom s vlastitom djecom ili s mlađim rođacima tijekom života.

Proučeno je i djelovanje stresa na oksitocin koji je sastavni dio razvoja zdravog roditeljskog odnosa s djetetom. Prevelika izloženost stresu remeti normalno djelovanje oksitocina na razvoj povezanosti na način da konstantno aktivira katekolamine. Ovo bi mogao biti način na koji socijalne komponente indirektno (preko stresora) utječu na roditeljsko ponašanje i agresivnost. Kronični stres, do kojeg dovodi loše socioekonomsko stanje osobe, na negativan način mijenja ekspresiju roditeljskog ponašanja te može voditi do razvoja postporođajne depresije, ne samo kod majke, već i kod oca.

5. PLASTIČNOST MOZGA I PROMJENE U NJEGOVOJ STRUKTURI KOD RODITELJA

Briga za mlade povezana je s hormonalnim promjenama jedinke, kao i promjenama koje ona stječe iskustvom. Ove promjene zajedno utječu na strukturu mozga i to ne samo na regije direktno povezane s roditeljskim osobinama. Veliki je utjecaj izvršen na hipokampus i prefrontalni korteks, dvije regije povezane s kognitivnim procesima i regulacijom raspoloženja (Gould i sur. 2010).

5.1 Roditeljstvo i hipokampus

Hipokampus ima bitnu ulogu u procesima učenja i pamćenja, regulaciji anksioznosti, i odgovaranju na stres. Roditeljstvo na ovu regiju utječe na nekoliko različitih načina.

Neurogeneza

Gyrus dentatus dio je hipokampusa zaslužan za stvaranje epizodičkog pamćenja. U ovoj regiji odvija se neurogeneza i kod odraslih jedinki (ovu sposobnost ima još i subventrikularna zona mozga). Regulacija ove pojave objekt je mnogih istraživanja. Dokazano je da steroidi jajnika (progesteron, estrogen) povećavaju stopu neurogeneze, dok je adrenalni steroidi smanjuju. Ženske su jedinke nakon poroda izložene padu razine estrogena i povećanju razine glukokortikoida što pretpostavlja da je produkcija novih neurona kod njih oslabljena. No uz hormonalne promjene koje prate postporođajno razdoblje, prisutne su i promjene stečene iskustvom s potomkom koje mogu utjecati na stopu neurogeneze; stres inhibira, dok procesi učenja i stimulacije mozga fizičkim i socijalnim komponentama okoliša u kojem se organizam nalazi potiču proliferaciju stanica, odnosno stvaranje novih neurona.

Neurogeneza je time na početku postporođajnog razdoblja umanjena, a kroz kasnije razdoblje se ponovno uspostavlja.

Redukcija proliferacije stanica pod utjecajem je razine glukokortikoida u organizmu, koja je pak povezana s laktacijom. Prestankom dojenja smanjuje se razina kortikosterona te se sprečava daljnja inhibicija neurogeneze. Time se može zaključiti da je inhibicija proizvodnje stanica u hipokampusu u postporođajnom razdoblju vođena interakcijom s potomkom preko promjena razine adrenalnih steroida, iako treba naglasiti da povišene razine ovih steroida ne moraju biti jedini čimbenik u ovom procesu. Snižena razina estradiola također pomaže smanjenju stope neurogeneze. Iako muške jedinke nemaju mogućnost laktacije pa bi, zbog gore navedenog, bilo logično zaključiti da će se kod njih stopa neurogeneze povećati, i kod očeva je također zabilježena smanjena stopa proliferacije stanica u postporođajnom razdoblju. Razlog tome su hormonalne promjene kroz koje oni prolaze, a koje podižu razinu glukokortikoida, iako one nisu povezane s laktacijom.

Daljnja istraživanja vezana uz *gyrus dentatus* dovela su do pretpostavke da majčinsko iskustvo ima trajan učinak na progenitorske stanice i onda time djeluje na proces starenja. Za razliku od ženskih jedinki koje nisu majke i koje ne doživljavaju proliferaciju stanica u srednjoj životnoj dobi, ova pojava prisutna je kod majki te je povezana sa usporavanjem starenja jedinke.

Potrebno je spomenuti da je utjecaj majčinskog iskustva vidljiv i na subventrikalnoj zoni mozga (SVZ), također zaduženoj za neurogenezu kod odraslih. Pojačano djelovanje ove regije zabilježeno je u trudnoći i ranom postoporođajnom razdoblju kod miševa i štakora. Za razliku od neurogeneze *gyrus dentatusa* koja je kontrolirana razinom glukokortikoida, stopu neurogeneze SVZ-a povećava razina prolaktina. Zaključno s tim, majčinsko iskustvo može imati suprotan efekt na isti oblik strukturne plastičnosti u dvije različite regije mozga putem različitih mehanizama.

Preinačavanje dendrita i sinapsi

Utjecaj roditeljstva vidljiv je i na gustoći dendritičkih trnova (membranska izbočenja dendrita koja primaju informacije sinapse aksona), kao i građi samog dendrita. Veća gustoća trnova vidljiva je u kasnoj trudnoći i postporođajnom razdoblju. Ova pojava pod utjecajem je hormona jajnika, pa promjene u gustoći u kasnoj trudnoći mogu biti povezane s porastom razine estrogena karakterističnog za to razdoblje. U postporođajnom razdoblju pada razina estrogena, pa su za održavanje veće gustoće u to vrijeme vjerojatno odgovorni estradiol i progesteron. Nije ustanovljeno koliki je vremenski period zadržavanja povećane gustoće

dendritičkih trnova. Jedna od mogućnosti je da je ta pojava regulirana prisustvom potomka, a druga mogućnost pretpostavlja da je za to odgovoran fenomen reproduktivnog iskustva (veći kod majki koje imaju više potomaka).

Kod jedinki koje prvi puta postaju majke zabilježena je smanjena duljina dendrita, kao i njihova grananja. Razlog tome još se mora dokučiti.

Sinaptička plastičnost i ekspresija gena

U postporođajnom razdoblju pojačana je dugoročna potencijacija (eng. *long-term potentiation*, LTP). Ona omogućuje pojačanje signala u transmisiji između dva neurona. Zaslužna je za sinaptičku plastičnost (sposobnost kemijskih sinapsi da mijenjaju svoju efikasnost). Smatra se da su sjećanja posredovana upravo modifikacijom sinaptičke snage pa se LTP smatra glavnim staničnim mehanizmom koji je zaslužan za učenje i memoriju. Mogući faktor koji utječe na snagu LTP-a mogao bi biti oksitocin.

Majčinsko iskustvo povezano je i s promjenama u ekspresiji gena, npr. gena koji kodiraju $GABA_A$ receptorske podjedinice i neuropeptide. Ova pojava zahtijeva daljnja istraživanja.

5.2 Prefrontalni korteks i roditeljstvo

Osim promjena u regijama hipokampusa, roditeljsko iskustvo utječe i na prefrontalni korteks. Također se povećava gustoća dendritičkih trnova i građa samih dendrita. Ova pojava vjerojatno je pod utjecajem estrogena i glukokortikoida, kao i stresa te stimulacijskih učinaka socijalnih i okolišnih faktora na mozak. U pročavanju mozga očeva u majmuna roda *Callithrix* uočena je i povećana koncentracija vazopresina kojii bi mogao utjecati na gustoću dendritičkih trnova.

Direktni put kojim ove strukturne promjene utječu na kognitivne funkcije ostaje nepoznat, no eksperimenti na štakorima su pokazali da su štakorice koje su majke bolje izvršavala zadatke za čije je rješavanje potrebna aktivnost prefronatlnog korteksa.

Imajući na umu vezu između hipokamusa i prefronatlnog korteksa, kao i njihov utjecaj na regulaciju ponašanja, vrlo je vjerojatno da promjena strukture ovih područja može modulirati raspoloženja i kognitivne sposobnosti roditelja. Potrebna su daljnja istraživanja kako bi se ova hipoteza dokazala.

6. ZAKLJUČAK

Postati roditelj može se u biološkom smislu okarkterizirati kao izvršenje poante života - doprinos održanju vrste i osiguranje prijenosa svojih gena. Isto tako, svom potomku (a time i svojim genima i vlastitoj svojevrsnoj vječnosti) treba osigurati uvjete za razvoj do samostalne jedinke. Roditeljstvo je kompleksna tema i za njeno proučavanje potrebna su saznanja koja uključuju područja, ne samo fiziologije, već i genetike i psihologije. Potrebno je uzeti u obzir i vanjske utjecaje na pojedinca i općenito vrstu. Ova tema zahtijeva podrobnija istraživanja kako bi se dobio što bolji uvid u sve njene aspekte pojedinačno, te njihovo djelovanje u cjelini. Preostaju istraživanja o ljudskoj programiranosti za roditeljstvo. Neovisno o našim subjektivnim željama i planovima, postoje li mehanizmi koji se aktiviraju u našem organizmu kada biološki dođe vrijeme da se počnemo boriti za besmrtnost svojih gena? U svijetu koji smo stvorili, u kojem podcjenjujemo snagu prirodnih mehanizama i udaljujemo se od činjenice da smo i sami životinje, posljedice neispunjenja naše biološke zadaće direktno ne možemo spoznati. Unatoč tome, kompenziramo li ipak taj nedostatak na neke druge načine koje nam pruža naše društvo? Na kraju krajeva, ostaviti potomke i osigurati im opstanak glavni je zadatak jedinke kroz sveukupnu povijest živih bića.

7. LITERATURA

Dawkins R. The selfish gene, 2. izdanje (1989), Oxford university press

Brunton P.J. and Russel J.A. The expectant brain: Adapting for motherhood; Nature Reviews Volume 9 (2008); Nature publishing group, str 11-25

Burggren W., French K., Randall D. Animal physiology – mechanisms and adaptations (1997), W.H. Freeman and Company, New York, str 273-342

Fleming A.S., Kraemer G.W., O'Day D.H. Neurobiologyof mother-infant interactions: experience and central nervous system plasticity across development and generations; Neuroscience and Biobehavioral Reviews 23 (1999), Elsevier, str 673-685

Abizaid A., Bielajew C., Kentner A.C. Animals models of paternal behavior; Neuroscience and Biobehevioral Reviews 34 (2010), Elsevier, str 438-451

Glasper E.R., Gould E., Leuner B. Parenting and plasticity; Trend in neurosciences Vol.33 Num.10 (2010), Cell press, str 465-473

8. SAŽETAK

Postoje različiti mehanizmi koji kontroliraju stanje i ponašanje roditelja. Možemo ih podijeliti na one koji kontroliraju ponašanje hormonalnim promjenama koje nastaju još prije rođenja djeteta, i na one promjene koje nastaju pod utjecajem iskustva koje se stječe u interakciji s potomkom. Promjene razine različitih hormona pripremit će jedinku na novu životnu situaciju, a iskustvo će potaknuti promjene koje će oblikovati roditeljsko ponašanje, a ono će imati veliki utjecaj na potomka tijekom razvoja. Taj utjecaj je dalekosežan jer među ostalim čimbenicima (genetička pozadina, okolišni faktori, psihofizičko stanje) diktira način na koji će se sam potomak jednog dana ponašati u ulozi roditelja. Između ostalog jako je bitno spriječiti mogućnost pada zainteresiranosti roditelja za dijete.

Iako je dugo bio zanemaren, utjecaj oca na dijete je velik, ne samo u psihološkom, već i u fiziološkom smislu. Interakcija oca i djeteta stvara specifične promjene kod jedne i druge jedinke i to je tema kojoj se treba više posvetiti u daljnjim istraživanjima.

Promjene koje se dešavaju roditeljima vezane uz prinovu, ne moraju nužno utjecati samo na osobine vezane direktno za roditeljstvo. Promjena određenih struktura mozga pod utjecajem hormona mijenja kognitivne sposobnosti roditelja, i to, po nekim istraživanjima, u pozivnom smislu.

9. SUMMARY

There are different mechanisms present in controling parenal state and behavior. They can be divided into mechanisms mediated through hormonal changes during pregnancy, and those that develop through experience obtained in interaction with infant. Variations in levels of distinct hormones will prepare an individual for a new life situation, while experience with the infant will induce changes that will shape parental behavior which will, in turn, have a great impact on developing infant. This influence is very far-reaching because it, among other factors (genetic background, enviromental impact, psychophysical state), shapes a future parental behavior of the descendent. a way in which the descendant will one day find himself in a role of a parent. In this context, it's very important to prevent the decline of parental interest in child.

Although neglected for a long time,the influence of a father on a child is of major significance, not only in psihological, but also in physiological sense. This interaction produces specific changes in both individuals, and merrits more thorough further research.

Changes that occur in parenthood are not restricted to parental behavior. Hormonally induced alternations of certain brain structures change cognitive abilities of a parent , according to some researches, in a positive way.