

Pregledni rad
Rukopis primljen 30. 10. 2013.
Prihvaćen za tisak 30. 6. 2014.

Irena Pavela, Nataša Šimić

ipavela@unizd.hr

Odjel za psihologiju Sveučilišta u Zadru
Hrvatska

Proksimalni i distalni uzroci spolnog dimorfizma glasa

Sažetak

Posljednjih nekoliko godina porastao je interes za proučavanje spolnog dimorfizma glasa. Muškarci i žene imaju različite vokalne karakteristike, s tim da žene imaju višu frekvenciju osnovnog tona glasa i varijabilitet te frekvencije. U dosadašnjim istraživanjima uzroci spolnog dimorfizma glasa objašnjavaju se na dvjema razinama. Na proksimalnoj razini se spolni dimorfizam dovodi u vezu s utjecajem spolnih hormona na glasnice. Istraživanja potvrđuju najizraženije promjene glasa tijekom puberteta i menopauze, kao i u različitim fazama menstrualnog ciklusa tijekom reproduktivnog perioda. Budući da rezultati dosadašnjih istraživanja nisu u potpunosti konzistentni, u radu se raspravlja i o različitim metodološkim pristupima.

Za razliku od proksimalne, distalna razina uključuje objašnjenja spolnog dimorfizma u terminima teorije evolucije, pri čemu se glas promatra kao indikator reproduktivne vrijednosti i plodnosti žene. Istraživanja potvrđuju navedeno, ukazujući na povezanost privlačnosti glasa i drugih objektivnih mjera privlačnosti. Procjene privlačnosti glasa također se mijenjaju ovisno o fazama menstrualnog ciklusa. Međutim, na osnovi dosadašnjih istraživanja još uvijek nisu jasne relacije akustičkih karakteristika glasa i privlačnosti. U radu se također raspravlja o metodološkim pitanjima, kao što su pitanja ekološke valjanosti dosadašnjih laboratorijskih istraživanja te pitanja analiziranih uzoraka govora.

Ključne riječi: glas, spolni dimorfizam, spolni hormoni, adaptacijski mehanizmi

1. SPOLNI DIMORFIZAM GLASA

Tijekom posljednjih nekoliko godina unutar evolucijske psihologije provedena su brojna istraživanja različitih karakteristika glasa (Feinberg, 2008). Interes za proučavanje glasa vezan je uz činjenicu da je glas jedna od spolno dimorfnihih karakteristika (Puts i sur., 2012). Spolno dimorfne karakteristike predstavljaju osobine koje najviše razlikuju muški i ženski spol. Prema nekim autorima, ljudi spadaju u 90. percentil po spolnom dimorfizmu temeljenom na fizičkom izgledu (Dixson i sur., 2005). Različiti izgled muškaraca i žena većim je dijelom rezultat razlike u visini, težini te količini i raspodjeli mišićnog, koštanog i masnog tkiva (Lassek i Gaulin, 2009). Znatne razlike se mogu opaziti i u strukturi kostiju, s tim da su najizraženije razlike u strukturi zdjelice i lica. Muškarci imaju izraženije supraorbitalno područje, duži donji dio lica te veću i izraženiju čeljust. Osim vizualnih spolno dimorfnihih karakteristika, novija istraživanja usmjerila su pažnju i na auditivne karakteristike (Feinberg, 2008). Muškarci i žene imaju različite vokalne karakteristike koje se mogu opaziti proučavajući akustičke karakteristike glasa. Frekvencija osnovnog tona glasa (F_0) gotovo je dvostruko viša kod žena nego kod muškaraca, a ta razlika iznosi otprilike pet standardnih devijacija. Varijabilitet frekvencije osnovnog tona (F_{0SD}) također je veći kod žena (Puts i sur., 2012), što upućuje na manju govornu stabilnost i manje monoton glas žena. U usporedbi s muškarcima, žene imaju i više vrijednosti frekvencije formanta (F) i disperzije formanta (D_f) (Fitch, 1997). Ukratko, u usporedbi s muškarcima, žene imaju viši i manje monoton glas.

Uzroci spolnog dimorfizma glasa mogu se objasniti na dvjema razinama. Prva razina uključuje proksimalne ili razvojne uzroke, a druga distalne ili ultimativne. Na proksimalnoj ili razvojnoj razini istraživanja su usmjerena na proučavanje anatomske i fiziološke mehanizama spolnog dimorfizma. Na ovoj se razini spolni dimorfizam pokušava objasniti kroz ontogenetski razvoj, uzimajući u obzir biološke procese koji su u podlozi razlika. Na distalnoj ili ultimativnoj razini opisuje se i objašnjava nastanak i evolucija spolnog dimorfizma glasa (Thornhill i Gangestad, 2008). Iz evolucijske perspektive spolni se dimorfizam promatra kao adaptacija nastala tijekom evolucijske povijesti. Adaptacija se pak, definira kao mehanizam koji je omogućavao uspješno preživljavanje (nastao prirodnom selekcijom) ili reprodukciju (nastao seksualnom selekcijom) (Thornhill i Gangestad, 2008). Ukratko, proksimalna razina uključuje uzroke spolnog dimorfizma koji se javljaju

tijekom ontogeneze, dok se distalna razina odnosi na uzroke koji se javljaju tijekom filogeneze, odnosno evolucijske povijesti.

2. PROKSIMALNI UZROCI SPOLNOG DIMORFIZMA GLASA

Na proksimalnoj razini, uzroci spolnog dimorfizma vezani su uz lučenje spolnih hormona. Spolni hormoni su steroidi koji se sintetiziraju iz kolesterola, a luče se iz spolnih i nadbubrežnih žlijezda. Utječu na razvoj primarnih i sekundarnih spolnih karakteristika, s tim da tu ulogu kod žena imaju uglavnom progesteron i estrogeni, a kod muškaraca testosteron. Proces izlučivanja spolnih hormona započinje u hipotalamusu koji izlučuje peptidni hormon oslobađanja gonadotropina. Gonadotropin stimulira adenohipofizu preko hipotalamičko-hipofiznog portalnog sustava. Uslijed te stimulacije adenohipofiza izlučuje gonadotropne hormone, tj. folikulostimulirajući hormon (FSH) i hormon luteinizacije (LH) (Pinel, 2002). Kod žena FSH pospješuje razvoj folikula u jajnicima, koji posljedično luče estrogen. LH izaziva otpuštanje jajašca iz folikula iz kojeg se razvija *corpus luteum* koji luči progesteron. Kod muškaraca FSH i LH stimuliraju lučenje testosterona u testisima (Guyton, 1995).

Pod utjecajem spolnih hormona u pubertetu dolazi do različitih tjelesnih promjena koje predstavljaju sekundarne spolne karakteristike. Promjene kod oba spola uključuju maturaciju genitalija, dlakavost i nagli tjelesni rast te kod žena menarhu, rast grudi i različitu raspodjelu masnog tkiva oko struka i bokova (Guyton, 1995). Estrogeni u ženskom organizmu utječu na apsorpciju kalcija, proliferaciju sluznica te sazrijevanje masnih stanica. S druge strane, progesteron ima antiproliferacijski efekt na sluznicu stanica te uzrokuje dehidraciju membrana, smanjenje permeabilnosti kapilara, što dovodi do kongestije tkiva. Progesteron također priprema endometrij maternice za implantaciju oplodene jajne stanice (Amir i sur., 2002). Estrogeni i progesteron zajedno reguliraju menstrualni ciklus. Kod muškaraca testosteron utječe na zadebljanje kože, povećanje koštanog tkiva i mišićne mase te sintezu bjelančevina u cijelom tijelu (Guyton, 1995).

Spolni hormoni utječu i na vokalni trakt, prvenstveno na ždrijelo i glasnice (Abitbol i sur., 1999). Njihov utjecaj na glasnice vezan je uz anatomiju i histologiju glasnica. Glasnice su bilateralna i simetrična struktura položena u horizontalnoj ravnini posteriorno od ispupčenja larinksa, poznatog kao Adamova jabučica. Tijekom udisaja i izdisaja glasnice su razdvojene i izgledom podsjećaju na slovo V.

Kada su spojene, podsjećaju na slovo I (Abitbol i sur., 1999). Građene su od poprečno-prugastih mišića obavijenih sluznicom, čija je funkcija hidratacija glasnica, transport hranjivih tvari i zaštita. Između sluznice i mišića nalazi se Reinkeov prostor ispunjen tekućinom. Takva građa omogućuje vlažnost i savitljivost, što je važno za nesmetan i fluentan izgovor. Kada je riječ o histologiji glasnica, važno je naglasiti da sluznica glasnica sadrži receptore za spomenute steroidne hormone. Kod žena su receptori za spolne hormone na glasnicama gotovo identični receptorima na sluznici cerviksa maternice (Abitbol i sur., 1999). Navedeno pokazuje da histološke promjene sluznice glasnica prate histološke promjene reproduktivnih organa pod utjecajem spolnih hormona. Zabilježeno je nekoliko morfoloških promjena vokalnog trakta uzrokovanih spolnim hormonima. Pod utjecajem progesterona povećava se viskoznost i razina kiselosti sluzi koju izlučuju stanice ždrijela. Volumen tih stanica se smanjuje, što uzrokuje dehidraciju okolnog tkiva (Abitbol i sur., 1999). Progesteron također utječe na proizvodnju zadebljane sluznice te smanjuje propusnost kapilara, što dovodi do nakupljanja ekstracelularne tekućine i kongestije tkiva glasnica. Zadebljana sluznica i kongestija tkiva također mogu utjecati na akustičke karakteristike glasa, prvenstveno na frekvenciju titranja glasnica koja se smanjuje zadebljanjem sluznice. Za razliku od progesterona, estrogeni uzrokuju hipertrofiju i proliferaciju sluznice ždrijela te povećavaju propusnost kapilara i proizvodnju stanjene sluznice (Abitbol i sur., 1999; Amir i Biron-Shental, 2004). Budući da tanja sluznica glasnica dovodi do vibriranja na višim frekvencijama, estrogeni se povezuju s višim glasom.

Spomenute promjene sluznice glasnica najistaknutije su u periodima naglih i velikih promjena razina spolnih hormona. Takve promjene događaju se u pubertetu kod muškaraca i žena, te u menopauzi i različitim fazama menstrualnog ciklusa žena. Upravo zbog cikličkih fluktuacija spolnih hormona kod žena, praćenje menstrualnog ciklusa jedna je od najzastupljenijih istraživačkih paradigmi ovog područja. Budući da kod muškaraca ne postoji tako izražena fluktuacija spolnih hormona, u istraživanjima ovog područja uzorak većinom čine žene reproduktivne dobi.

2.1. Pubertet

Prije puberteta nema značajnih razlika u morfologiji glasnica i ždrijela između spolova. U pubertetu kod oba spola dolazi do histoloških i morfoloških promjena ždrijela (Abitbol i sur., 1999) koje se odnose na veličinu i napetost glasnica (Fitch i

sur., 2002). Ždrijelo i glasnice se povećavaju i zbog toga F0 žena i muškaraca postaje niži. Međutim, povećanje vokalnog trakta izraženije je kod muškaraca (Jenkins, 1998) i povezuje se s većim razinama testosterona koji uzrokuje veći rast i zadebljanje glasnica. Dok povećanje glasnica i ždrijela kod žena iznosi oko 34%, kod muškaraca je gotovo dvostruko i iznosi oko 63%. Budući da veće glasnice vibriraju na manjoj frekvenciji, F0 kod muškaraca je niži. Neka novija istraživanja (Puts i sur., 2012) pokazuju da razlike u veličini glasnica i ždrijela između muškaraca i žena nisu povezane s njihovom tjelesnom visinom i težinom. Razlike u F0 u očekivanom smjeru, tj. viši kod žena i niži kod muškaraca, potvrđene su i nakon statističke kontrole njihove tjelesne visine i težine.

2.2. Menopauza

Važnost estrogena i progesterona u produkciji glasa vidljiva je u periodima nedostatka spolnih hormona. U menopauzi proizvodnja progesterona prestaje, dok se proizvodnja estrogena znatno smanjuje, što dovodi do atrofije sluznice glasnica. Uz to, smanjena aktivnost glandularnih stanica oko glasnica uzrokuje dehidraciju (Amir i sur., 2002) koja rezultira različitim simptomima kao što su vokalni umor, odnosno izraženija komponenta šuma u usporedbi s harmoničnim zvukom, zatim smanjen raspon tonova koje je moguće reproducirati te nemogućnost reprodukcije visokih tonova. Intenzitet glasa se također smanjuje, a pojavljuje se i suhoća grla (Raj i sur., 2008).

Na osnovi navedenog može se zaključiti da morfološke i histološke promjene glasnica i okolnog tkiva prate promjene spolnog sazrijevanja žene. Promjene veličine vokalnog trakta i karakteristika glasa dovode se u vezu s naglim porastom spolnih hormona na početku reproduktivne zrelosti te sa smanjenjem njihovih razina na kraju reproduktivne dobi. Mogu se očekivati i morfološke te histološke promjene glasnica i ždrijela u različitim fazama menstrualnog ciklusa tijekom kojeg razina spolnih hormona također fluktuiraju.

2.3. Menstrualni ciklus

Tijekom menstrualnog ciklusa ciklički variraju razine spolnih hormona. Razine estrogena dosežu vrhunac u kasnoj folikularnoj fazi neposredno prije ovulacije te su nešto niže u lutealnoj nego u folikularnoj fazi. Za razliku od estrogena, progesteron doseže vrhunac u lutealnoj fazi, dok je u ostalim fazama ciklusa njegova razina znatno smanjena (Guyton, 1995). Sukladno cikličkoj fluktuaciji spolnih hormona,

moгу se opaziti i promjene na sluznici glasnica. Najizraženije promjene, koje uključuju proliferaciju i stanjenu sluznicu glasnica, dobivene su u kasnoj folikularnoj fazi kada su razine estrogena povišene. Dehidracija i zadebljanje sluznice karakteriziraju lutealnu fazu tijekom koje su razine progesterona visoke (Abitbol i sur., 1999). Na temelju uočenih morfoloških i histoloških promjena vokalnog trakta u različitim fazama menstrualnog ciklusa mogu se očekivati i promjene akustičkih karakteristika glasa. Upravo je navedeno bilo polazište istraživanja Bryanta i Haselton (2009) u kojem su sudionice izgovarale smislene rečenice u lutealnoj i ovulacijskoj fazi menstrualnog ciklusa. Faza ovulacije identificirana je na osnovi naglog porasta LH do kojeg dolazi 24–48 sati prije ovulacije. Dobiveni rezultati pokazali su porast F0 glasa u funkciji rizika začeca, tj. F0 je bio najviši dva dana prije ovulacije, kada dolazi do naglog porasta LH i estrogena. U tom istraživanju promjene F0_{SD} se nisu pokazale značajnima.

Slični rezultati dobiveni su u istraživanju Fischera i suradnika (2011). Autori su ispitivali promjene glasa analizirajući slobodni govor i samoglasnike koje su žene producirale u različitim fazama ciklusa. U ovom su ispitivanju faze definirane na osnovi promjena razina metabolita estrogena i progesterona u urinu. U skladu s očekivanjima, rezultati su pokazali najviše vrijednosti F0 i F0_{SD} u kasnoj folikularnoj fazi, točnije tri dana prije ovulacije, kada su i razine estrogena visoke. Međutim, najniže vrijednosti ispitivanih karakteristika glasa uočene su točno u vrijeme ovulacije, što bi se moglo dovesti u vezu s povišenim razinama testosterona (Bui i sur., 2013). Poznato je da testosteron kao androgen potiče "maskulinizaciju" glasa, snižavajući F0 (Abitbol i sur., 1999). Stoga bi se buduća istraživanja trebala usmjeriti na ispitivanje uloge testosterona, pored estrogena i progesterona, u promjenama različitih karakteristika glasa tijekom menstrualnog ciklusa. Pritom se ne bi smjeli zanemariti ni interakcijski učinci različitih steroidnih hormona čiji efekti na glas još nisu ispitivani.

Fischer i suradnici (2011) također su ispitivali promjene u karakteristikama glasa tijekom menstrualne faze te su zabilježili porast omjera šuma i harmoničnog tona, što se može interpretirati kao manja stabilnost u vibriranju glasnica. Taj rezultat autori povezuju s hormonalnim promjenama neposredno prije menstrualne faze, kada tkivo glasnica zadržava vodu, što uzrokuje oticanje glasnica i manju govornu stabilnost. Svakako treba spomenuti da su autori analizirali govorne signale tijekom slobodnog govora i produkcije samoglasnika, a spomenuti efekti dobiveni su samo u analizi slobodnog govora, kojoj bi trebalo dati prednost u budućim

istraživanjima. Istraživanje Chae i suradnika (2001) također potvrđuje nepostojanje razlika u govornim parametrima u analizama izgovora samoglasnika. Jedan od nedostataka tog istraživanja jest identifikacija faza ciklusa na osnovi individualnog praćenja promjena bazalne tjelesne temperature. Poznato je da progesteron podiže tjelesnu temperaturu za oko 0,4 Celzijevih stupnjeva neposredno nakon ovulacije (Abitbol i sur., 1999), međutim tako male promjene tjelesne temperature nije lako pouzdano zahvatiti. Stoga se za buduća istraživanja preporučuje korištenje pouzdanijih i valjanijih metoda, kao što su primjerice mjerenja razina spolnih hormona u krvi ili slini, ili njihovih metabolita u urinu.

Nadalje, neka istraživanja koja su uključivala analize smislenih rečenica, također nisu potvrdila značajne razlike u promjenama F0 između folikularne i lutealne faze (Meurer i sur., 2009; Barnes i Latman, 2011). Faze ciklusa u ovim ispitivanjima definirane su na osnovi izvještaja sudionica o trajanju njihovog ciklusa, što se može smatrati manje pouzdanom metodom. Uzimajući u obzir nedostatak identificiranja faza ciklusa u prijašnjim istraživanjima, Puts i suradnici (2013) mjerili su razine spolnih hormona u slini. Međutim, nisu dobili značajne promjene u F0 i D_f tijekom različitih faza menstrualnog ciklusa.

Sumirajući dosadašnja istraživanja promjena govornih parametara tijekom menstrualnog ciklusa, evidentne su razlike u metodama određivanja faza ciklusa, što otežava usporedbe dobivenih rezultata različitih studija. Kao što je već rečeno, dok su neka istraživanja uključivala mjerenja bazalne tjelesne temperature (Chae i sur., 2001) ili razine spolnih hormona u krvi/slini i njihovih metabolita u urinu (Bryant i Haselton, 2009; Fischer i sur., 2011; Puts i sur., 2013), druga su se oslanjala na samoizvještaje sudionica o trajanju menstrualnog ciklusa (Meurer i sur., 2009; Barnes i Latman, 2011). Različiti istraživači također različito definiraju trajanje pojedinih faza te provode mjerenja u različitim točkama ciklusa. U budućim istraživanjima prednost bi trebalo dati longitudinalnom dizajnu, koji će uključivati mjerenja razine spolnih hormona u krvi, slini ili urinu. Pouzdanijim definiranjem faza očekivane promjene akustičkih karakteristika glasa mogle bi se preciznije uočiti i objasniti, uzimajući u obzir razine spolnih hormona i njihove interakcijske učinke.

3. DISTALNI UZROCI SPOLNOG DIMORFIZMA GLASA

Na distalnoj razini istraživači pokušavaju odgovoriti na pitanje zašto je spolni dimorfizam glasa evoluirao, odnosno kakvu su prednost imale žene koje su imale

viši glas od drugih žena i muškaraca. Tjelesne razlike između muškaraca i žena vjerojatno su nastale procesom prirodne selekcije, dok je proces seksualne selekcije mogao biti ključan u nastanku razlika u glasu među spolovima. Seksualna selekcija je dominantni adaptivni uzrok razvoja sekundarnih spolnih karakteristika s izrazitim spolnim dimorfizmom (Puts i sur., 2012). Procesom seksualne selekcije razvijala su se ona obilježja koja su omogućavala uspješniju reprodukciju, kao što je privlačenje i odabir adekvatnog partnera. Privlačenje i odabir partnera često se vezuju upravo uz izraženost spolno dimorfne karakteristika. Općenito, što je viša razina spolnih hormona, spolno dimorfne karakteristike su izraženije. Budući da utječu na privlačnost muškaraca i žena, kao takve mogu biti prediktori izbora partnera (Puts i sur., 2012). Primjerice, muškarci s višom razinom testosterona imaju izraženiju čeljust, tanje usne i dublji glas, dok za žene s višom razinom estrogena vrijedi suprotno, manje izraženija čeljust, punije usne i viši glas. Primijenjeno na glas, očekivati je da žena koja ima više razine estrogena ima i viši F0, što povećava njezinu privlačnost. Navedena pretpostavka bila je polazište brojnim istraživanjima koja su ispitivala je li glas adaptivan mehanizam koji je omogućavao uspješniju reprodukciju i pronalaženje partnera tijekom evolucijske povijesti. Istraživanja unutar ovog područja mogu se podijeliti u dvije skupine na temelju razlika u teorijskom i metodološkom pristupu.

Jedna skupina istraživanja bavila se glasom kao indikatorom reproduktivne vrijednosti koja se odnosi na sposobnost pojedinca za uspješno razmnožavanje, a ovisi o genotipskim i fenotipskim karakteristikama (Crawford i Crebs, 1997). Potvrđene su povezanosti između viših razina estrogena i više reproduktivne vrijednosti. Tako žene s višim razinama estrogena izvještavaju o većem broju dugotrajnih veza te o većoj sklonosti nevjeri (Durante i Li, 2009). Više razine estrogena povezane su i s manjim omjerom struka i bokova, koje muškarci procjenjuju privlačnijim (Dixson i sur., 2010). Žene s manjim omjerom struka i bokova su također poželjnije kao seksualne partnerice (Van Andres i Hampson, 2005) te imaju više spolnih partnera (Hughes i Gallup, 2003). Na osnovi navedenog, može se pretpostaviti da se i na temelju glasa mogu dobiti informacije o reproduktivnoj vrijednosti žene jer je glas vezan uz razine estrogena.

Druga skupina istraživanja bavila se pitanjem je li glas indikator plodnosti žene. Pitanje plodnosti žene vezano je uz problem "skrivena ovulacije" s kojim su se muškarci susreli tijekom evolucijske povijesti. Kod neljudskih sisavaca, estrus je faza ovulacijskog ciklusa koja se događa neposredno prije ovulacije. Praćena je

promjenama u izgledu, mirisu i ponašanju ženki (Gangestad i Thornhill, 2008). Mužjaci relativno lako prepoznaju te promjene, zbog čega više vremena provode uz ženku te manifestiraju ponašanja koja im omogućuju oplodnju ženki. Mužjaci više ulažu u ženku koja je u plodnoj fazi, dok u ostalim fazama najčešće ne pokazuju interes za nju. Međutim, kod *Homo sapiens* znakovi ovulacije žene nisu tako jasno vidljivi. Žene su razvile skrivenu ovulaciju (Gangestad i Thornhill, 2008) kao adaptivan mehanizam koji im je omogućavao uspješnije preživljavanje i/ili reprodukciju. Naime, skrivenom ovulacijom su mogle osigurati ulaganje partnera tijekom cijelog ciklusa, a ne samo u plodnoj fazi (Thornhill i Gangestad, 2008). Međutim, skrivena ovulacija je mogla predstavljati adaptivni problem za muškarce. Ulaganjem u ženu tijekom cijelog ciklusa, umjesto samo u plodnoj fazi, moglo je rezultirati gubitkom resursa, energije i vremena. Zbog navedenog, moguće je da su muškarci i razvili povećanu osjetljivost na znakove plodnosti. Može se pretpostaviti da su muškarci koji su bili sposobni detektirati ovulaciju bili u prednosti jer su mogli svoje resurse usmjeriti prema ženama u plodnim fazama te na taj način povećati vjerojatnost razmnožavanja (Puts i sur., 2013). Istraživanja potvrđuju tu pretpostavku pokazujući da ovulacija nije u potpunosti skrivena te da muškarci mogu otkriti suptilne znakove plodnosti žene preferirajući mirise (Doty i sur., 1975; Singh i Bronstad, 2001) i lica žene (Roberts i sur., 2004) koja je u kasnoj folikularnoj fazi. Osim fizičkog izgleda, dolazi i do promjena u ponašanju koje muškarci mogu zapaziti. Žene se u fazi ovulacije oblače izazovnije, otkrivajući veći dio kože i noseći užu odjeću (Haselton i sur., 2007), što muškarci mogu prepoznati kao znak plodne faze. Također, žene u fazi ovulacije izvještavaju o višem stupnju ljubomore njihovih partnera, što bi se moglo interpretirati kao mehanizam koji su muškarci razvili kako bi smanjili mogućnost oplodnje od strane drugog muškarca (Gangestad i sur., 2002).

Dakle, dosadašnja istraživanja potvrđuju postojanje olfaktornih i vizualnih znakova ovulacije. Na distalnoj razini proučavanja spolnog dimorfizma glasa, ispitivao se i glas kao auditivni indikator skrivene ovulacije.

3.1. Glas i reproduktivna vrijednost

Dosadašnja istraživanja odnosa glasa i reproduktivne vrijednosti bazirala su se na procjenama privlačnosti glasa. U takvim istraživanjima muškarci i/ili žene procjenjivali su privlačnost glasa, primjerice na skali od pet stupnjeva, pri čemu 1 označava *izrazito neprivlačno*, a 5 *izrazito privlačno*. Potom su se dobivene procjene dovodile u vezu s procjenama privlačnosti ili objektivnim mjerama drugih fizičkih

karakteristika žene. U skladu s očekivanjima, dobivene su značajne umjerene povezanosti između procjena privlačnosti lica i glasa. Žene čiji je glas procijenjen privlačnijim ujedno imaju i privlačnije lice (Collins i Missing, 2003). Osim toga, istraživači dovode u vezu procjene privlačnosti glasa s objektivnim tjelesnim mjerama, kao što je primjerice omjer struka i bokova. Rezultati istraživanja Hughesa i suradnika (2004) pokazuju da žene čiji je glas procijenjen privlačnijim imaju manji omjer struka i bokova, što je također spolno dimorfna karakteristika. Povezanosti između privlačnosti glasa i omjera struka i bokova također se mogu objasniti djelovanjem estrogena na obje ispitivane karakteristike. Istraživanja potvrđuju i pozitivne umjerene korelacije između privlačnosti glasa i tjelesne simetrije (Hughes i sur., 2002). Dakle, pojedinci čiji je glas procijenjen privlačnijim imaju simetričnije bilateralne tjelesne karakteristike, a bilateralna simetrija se dovodi u vezu s otpornošću organizma na slučajne genetske ili okolinske stresore tijekom prenatalnog razvoja. Kao takva, smatra se indikatorom privlačnosti (Hughes i sur., 2002) i razvojne stabilnosti, a povezuje se i s fizičkim i mentalnim zdravljem (Thornhill i Møller, 1997).

Na osnovi interkorelacija između privlačnosti glasa, lica, omjera struka i bokova i tjelesne simetrije, može se zaključiti da se na osnovi glasa također mogu dobiti informacije o reproduktivnoj vrijednosti.

Osim istraživanja relacija između privlačnosti glasa i fizičkih karakteristika, ispitivan je i odnos privlačnosti glasa i seksualnog ponašanja žena. Kako je prije spomenuto, žene s višim razinama estrogena izvještavaju o većem broju dugotrajnih veza te o većoj sklonosti nevjeri (Durante i Li, 2009). Osobe čiji je glas procijenjen privlačnijim izvještavaju i o većem broju spolnih partnera, sklonosti nevjeri te stupanju u spolne odnose u ranijoj dobi (Hughes i sur., 2004).

Na osnovi navedenih istraživanja postavlja se pitanje na temelju kojih akustičkih karakteristika glasa muškarci procjenjuju reproduktivnu vrijednost žene. Drugim riječima, o kojoj akustičkoj karakteristici ovisi privlačnost glasa? Većina istraživanja ispitivala je ulogu F0 u procjenama privlačnosti. Razlog interesa istraživača za F0 jest spolna dimorfnost te ovisnost o razinama estrogena. Istraživanja pokazuju da žene s višim glasom muškarci procjenjuju kao privlačnije (Borkowska i Pawlowski, 2011; O'Connor i sur., 2011), mlađe (Collins i Missing, 2003), ženstvenije (Feinberg i sur., 2008) te kao poželjnije bračne partnerice (Apicella i Feinberg, 2009). U skladu s tim, žene čije je lice procijenjeno privlačnijim imaju i viši glas (Collins i Missing, 2003).

Osim procjena privlačnosti lica, ispitivana je povezanost objektivnih mjera privlačnosti lica i visine glasa. Privlačnost lica je u nekim istraživanjima definirana indeksom ženstvenosti koji je dobiven mjerenjem visine donjeg dijela lica, visine lica, širine lica, veličine očiju, prosječne visine obrva te istaknutosti jagodica (Feinberg i sur., 2005). Više vrijednosti su upućivale na veću ženstvenost i privlačnost lica. Autori su utvrdili povezanost indeksa ženstvenosti i F0 koji je dobiven analizom samoglasnika koje su sudionice izgovarale. Takvi rezultati navode na zaključak da su privlačne karakteristike lica i glasa pod utjecajem istih ili sličnih mehanizama. Bitno je spomenuti da su isti rezultati dobiveni na uzorku žena u Velikoj Britaniji i Kanadi, unatoč fenotipskim varijacijama na dvama kontinentima (Feinberg i sur., 2005). Nadalje, privlačnost lica i glasa ovisi o dobi žene, s tim da su mlađe procijenjene privlačnijima (O'Toole i sur., 1999). Međutim, rezultati Feinberga i suradnika (2005) pokazuju da dob nije medijator varijabla u odnosu visine glasa i privlačnosti lica.

Povezanost privlačnosti i visine glasa nije svojstvena samo ljudima. Kod drugih sisavaca, primjerice morskih slonova (lat. *Mirounga angustirostris*), viši glas je također privlačniji (Bartholomew i Collias, 1962), a i berberske majmune (lat. *Macaca sylvanus*) privlače visoki tonovi glasa ženke (Semple i McComb, 2000).

Polazeći od nalaza da su osobe čiji je glas procijenjen privlačnijim sklonije nevjeri (Hughes i sur., 2004), O'Connor i suradnici (2011) ispitali su odnos između procjena sklonosti nevjeri i F0. Autori su kreirali "ženstveniju" (viši F0) i "muževniju" (niži F0) verziju ženskog glasa koji izgovara samoglasnike. Muškarci su procijenili da glasovi s višim F0 pripadaju ženama koje su sklonije seksualnoj nevjeri. Povezivanje ženstvenih osobina, kao što je viši glas, sa sklonošću nevjeri također bi mogao biti jedan od adaptivnih mehanizama muškaraca (O'Connor i sur., 2011). Budući da je veća vjerojatnost preljuba kod žena s izraženijim ženstvenim karakteristikama, povezivanjem ženstvenog glasa s nevjerom, muškarci smanjuju mogućnost prijevara od strane partnerice (O'Connor i sur., 2011). Ti rezultati također impliciraju da se na temelju glasa mogu donijeti zaključci o reproduktivnoj vrijednosti žene, a preferencija viših glasova bi mogla biti adaptivan mehanizam muškaraca u svrhu pronalaženja adekvatne partnerice. Međutim, postavlja se pitanje je li preferencija viših glasova žena uistinu adaptivan mehanizam ili se, iz nekog drugog razloga, viši F0 smatra privlačnijim, neovisno kojeg su spola procjenjivači. Ako je visina glasa uistinu indikator reproduktivne vrijednosti, trebala bi pružiti informacije muškarcima, ali ne i ženama. Budući da preferencija

određenih glasova žene nema adaptivnu vrijednost, ne očekuje se da će žene preferirati više glasove. Navedeno je potvrđeno u istraživanju u kojem su muškarci i žene procjenjivali privlačnost ženskih glasova različitih frekvencija. Rezultati su pokazali da muškarci preferiraju glas žena s višim F0, dok žene nisu pokazale preferenciju navedene karakteristike glasa (Jones i sur., 2010).

Kako je prije spomenuto, frekvencija osnovnog tona glasa nije jedina spolno dimorfna karakteristika glasa. Glas muškarca i žene razlikuje se i u $F0_{SD}$, s tim da je varijabilitet kod žena izraženiji. Stoga je ispitivan i doprinos $F0_{SD}$ u procjenama privlačnosti glasa. $F0_{SD}$ se pokazao snažnijim prediktorom procjena privlačnosti glasa od F0 (Puts i sur., 2011).

Unatoč spomenutim istraživanjima koja jasno upućuju na ulogu glasa u procjenama privlačnosti (Collins i Missing, 2003; Feinberg i sur., 2005, 2008; Apicella i Feinberg, 2009; Borkowska i Pawlowski, 2011; O'Connor i sur., 2011), postoje i nekonzistentni rezultati. Primjerice, Zuckerman i Miyake (1993) pronašli su da je F0 u negativnoj korelaciji s privlačnosti glasa kod muškaraca, ali ne i kod žena. Nekonzistentnosti rezultata pridonosi istraživanje u kojem je dobiveno da oba spola smatraju privlačnim glasove nižih frekvencija s malim varijabilitetom (Oguchi i Kikuchi, 1997). U jednom od istraživanja dobiveno je da su kod oba spola glasovi srednjih frekvencija procijenjeni najseksipilnijima. Dobiveni rezultati interpretirani su na način da preveliko odstupanje od prosječnih vrijednosti visine glasa može upućivati na hormonalni poremećaj (Daniel i McCabe, 1992).

Iz navedenog slijedi da su potrebna daljnja ispitivanja kako bi se dobio jasniji uvid u odnose privlačnosti i različitih karakteristika glasa. Problem usporedbe rezultata dosadašnjih istraživanja vezan je uz činjenicu da su u različitim istraživanjima korišteni različiti uzorci govora. Dok su u nekima korišteni govorni zapisi samoglasnika (Collins i Missing 2003), u drugima su korišteni izgovori rečenice, abecede i brojanje, primjerice 1–10 (Daniel i McCabe, 1992; Hughes i sur., 2002, 2004). Moguće je da izgovor cijele riječi i samoglasnika različito utječe na procjenu privlačnosti. Također, teško je ispitati odnos privlačnosti i akustičkih karakteristika na uzorcima govora koji semantički nemaju smisla i koji su neovisni o kontekstu. Iako korištenje besmislenih slogova u analizama govora omogućuje veću eksperimentalnu kontrolu, ekološka valjanost takvih rezultata je upitna jer dovodi u pitanje postojanje dobivenih efekata u prirodnom govoru.

Istraživanje koje upućuje na važnost prirodnog razgovora u takvim ispitivanjima proveli su Fraccaro i suradnici (2011). Autori su uzeli u obzir da

osobine glasa nisu stabilne karakteristike, nego se mijenjaju ovisno o kontekstu. Primjerice, ljudi često povise glas kada razgovaraju s malom djecom (Grieser i Kuhl, 1988) i usklađuju frekvenciju tona svog glasa s frekvencijom glasa sugovornika višeg socijalnog statusa (Gregory, 1996). Muškarci snize frekvenciju ako sugovornika smatraju submisivnim, a povise ako ga smatraju dominantnim (Puts i sur., 2006). Dakle, frekvencija tona glasa često ovisi o nekim osobinama sugovornika i kontekstu u kojem se komunikacija odvija. Polazeći od navedenoga, Fraccaro i suradnici (2011) proveli su prvo eksperimentalno ispitivanje promjena glasa u kontekstu izbora partnera. Žene su ostavljale poruke muškarcima u svrhu dogovaranja privatnog sastanka. F0 je bio viši kada je žena ostavljala poruku muškarcu kojeg je smatrala privlačnim. Rezultati ukazuju da žene moduliraju svoj glas u kontekstu pronalaženja partnera. Žene su modulirale glas u smjeru onoga što muškarci uistinu procjenjuju privlačnijim, dakle imale su viši F0. U budućim istraživanjima adaptivne vrijednosti promjena glasa trebalo bi ispitivati u kontekstu prirodne komunikacije.

Osim povezanosti reproduktivne vrijednosti i glasa, distalna razina uključuje ispitivanje povezanosti između F0 i plodnosti žene. To područje istraživanja usmjereno je na ispitivanje može li se na temelju glasa detektirati faza ovulacije.

3.2. Glas i plodnost

Povezanost privlačnosti glasa i plodnosti uključuje nekoliko početnih postavki. Kao što je već rečeno, muškarci mogu prepoznati znakove ovulacije koji postaju izraženi kada je razina estrogena najviša. Druga postavka odnosi se na povećanje privlačnosti različitih ženskih karakteristika u funkciji povećanja razine estrogena. Treće, budući da je glas jedna od takvih karakteristika i da je estrogen najviši u sredini menstrualnog ciklusa, može se pretpostaviti i povećanje privlačnosti glasa u toj fazi. Uz to, zbog niskih razina spolnih hormona u menstrualnoj fazi, procjene privlačnosti glasa mogle bi biti najniže.

Dosadašnja istraživanja potvrđuju navedeno, pokazujući da muškarci najprivlačnijim procjenjuju glas žene koja je u ovulacijskoj fazi, kada je vjerojatnost začeca najveća (Pipitone i Gallup, 2008). Najmanje pak privlačnim se procjenjuje glas žene u menstrualnoj fazi (Pipitone i Gallup, 2012). Promjene atraktivnosti glasa tijekom različitih faza menstrualnog ciklusa dobivene su samo za žene koje imaju prirodan ciklus, dok promjene nisu uočene za glasove žena koje koriste oralne

kontraceptivne pilule (Pipitone i Gallup, 2012). Nadalje, dobiveno je da je visoka razina progesterona negativan prediktor privlačnosti glasa (Puts i sur., 2013). Dakle, muškarci procjenjuju glas žene najprivlačnijim u folikularnoj fazi menstrualnog ciklusa, kada je razina progesterona niska. Glas se također procjenjuje privlačnijim i kada je razina estrogena visoka u usporedbi s razinama progesterona, što je evidentno u vrijeme ovulacije. Navedeni rezultati potvrđuju da su muškarci, osim na vizualne i olfaktorne znakove, osjetljivi i na auditivne znakove ovulacije. Pitanje je zašto su muškarci razvili tu osjetljivost, odnosno imaju li auditivni znakovi prednost u usporedbi s vizualnima. Pipitone i Gallup (2008) predlažu objašnjenje za adaptivnu vrijednost osjetljivosti na auditivne znakove. Naglašavaju da je vokalna komunikacija neovisna o vidnom sustavu. Drugim riječima, komunikacija je omogućena i u situacijama kada vidne informacije nisu dostupne (primjerice, zbog manjka svjetla noću ili zbog fizičke udaljenosti). Tijekom dana auditivne informacije vjerojatno "nadopunjuju" informacije dobivene putem drugih osjetila (vid i njuh) u situacijama izbora partnera i reprodukcije. Teško je naravno odrediti koliko su auditivne informacije bitne u usporedbi s ostalim senzornim modalitetima, no čini se da mogu biti indikator biološki važnih karakteristika (Pipitone i Gallup, 2008).

Dakle, procjene privlačnosti glasa mijenjaju se ovisno o promjenama razina hormona. Ti nalazi impliciraju promjene glasa tijekom ciklusa, na temelju kojih muškarci mijenjaju i svoje procjene privlačnosti. No, kako je prije objašnjeno, proksimalna razina ispitivanja akustičkih karakteristika glasa u funkciji menstrualnog ciklusa ne daje konzistentne rezultate. Osim već navedenih problema ekološke valjanosti i korištenih uzoraka govora, Hughes i suradnici (2004) predlažu i mogućnost da akustičke analize govornih parametara nisu dostatne i dovoljno kompleksne za preciznu analizu informacija koje se mogu dobiti na temelju glasa, a koje adaptivni moduli u mozgu obavljaju automatski i s lakoćom.

Konačno, nekonzistentni rezultati upućuju i na mogućnost da percepcija privlačnosti glasa ne ovisi o spolno dimorfnim karakteristikama, kako se za sada smatra. Međutim, bez drugog teorijskog polazišta koje bi pružilo nove hipoteze, teško je dobiti uvid u potencijalne druge varijable koje bi mogle biti ključne u procjenama glasa.

4. ZAKLJUČAK

Glas je spolno dimorfna karakteristika čiji se uzroci mogu objasniti na proksimalnoj i distalnoj razini. Proksimalna razina opisuje utjecaj spolnih hormona na glasnice preko receptora za steroidne hormone lociranih na sluznici glasnica. Učinci spolnih hormona na glas izraženi su početkom puberteta, u menopauzi kao i u različitim fazama menstrualnog ciklusa, kada razine estrogena i progesterona ciklički variraju.

Distalna razina objašnjenja spolnog dimorfizma glasa uključuje ispitivanje glasa kao indikatora reproduktivne vrijednosti i plodnosti žene. Dosadašnja istraživanja potvrđuju povezanosti procjena privlačnosti glasa s drugim fizičkim karakteristikama o kojima ovisi privlačnost žene. Spolno dimorfne karakteristike glasa su se također pokazale značajnim prediktorima privlačnosti, dok ispitivanja akustičkih karakteristika glasa i privlačnosti daju manje konzistentne rezultate te impliciraju potrebu poboljšanja metodologije istraživanja u ovom području.

REFERENCIJE

- Abitbol, J., Abitbol, P., Abitbol, B.** (1999). Sex hormones and the female voice. *Journal of Voice* **13**, 424–446.
- Amir, O., Biron-Shental, T.** (2004). The impact of hormonal fluctuations on female vocal folds. *Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surger* **12**, 180–184.
- Amir, O., Kishon-Rabin, L., Muchnik, C.** (2002). The effect of oral contraceptives on voice: Preliminary observation. *Journal of Voice* **16**, 267–273.
- Apicella, C. L., Feinberg, D. R.** (2009). Voice pitch alters mate-choice-relevant perception in hunter-gatherers. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **276**, 1077–1082.
- Barnes, L., Latman, N.** (2011). Acoustic measure of hormone affect on female voice during menstruation. *International Journal of Humanities and Social Science* **1**, 5–10.
- Bartholomew, G. A., Collias, N. E.** (1962). The role of vocalization in the social behavior of the northern elephant seal. *Animal Behavior* **10**, 7–14.
- Borkowska, B., Pawlowski, B.** (2011). Female voice frequency in the context of dominance and attractiveness perception. *Animal Behaviour* **82**, 55–59.
- Bryant, G. A., Haselton, M. G.** (2009). Vocal cues of ovulation in human females. *Biology Letters* **5**, 12–15.
-

- Bui, H. N., Sluss, P. M., Blincko, S., Knol, D. L., Blankenstein, M. A., Heijboer, A. C.** (2013). Dynamics of serum testosterone during the menstrual cycle evaluated by daily measurements with an ID-LC-MS/MS method and a 2nd generation automated immunoassay. *Steroids* **78**, 96–101.
- Chae, S. W., Choi, G., Kang, H. J., Choi, J. O., Jin, S. M.** (2001). Clinical analysis of voice change as a parameter of premenstrual syndrome. *Journal of Voice* **15**, 278–283.
- Collins, S. A., Missing, C.** (2003). Vocal and visual attractiveness are related in women. *Animal Behaviour* **65**, 997–1004.
- Crawford, C., Crebs, D. L.** (1997). *Handbook of Evolutionary Psychology: Ideas, Issues and Applications*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Daniel, H. J., McCabe, R. B.** (1992). Gender differences in the perception of vocal sexiness. U J. M. G. Van der Dennen (ur.), *The Nature of the Sexes: The Sociobiology of Sex Differences and the "Battle of the Sexes"*, 55–62. Netherlands: Origin Press.
- Dixson, A., Dixson, B., Anderson, M.** (2005). Sexual selection and the evolution of visually conspicuous sexually dimorphic traits in male monkeys, apes, and human beings. *Annual Review of Sex Research* **16**, 1–19.
- Dixson, B. J., Li, B., Dixson, A. F.** (2010). Female waist-to-hip ratio, body mass index and sexual attractiveness in China. *Current Zoology* **56**, 175–181.
- Doty, R. L., Ford, M., Preti, G., Huggins, G. R.** (1975). Changes in the intensity and pleasantness of human vaginal odors during the menstrual cycle. *Science* **190**, 1316–1318.
- Durante, K. M., Li, N. P.** (2009). Oestradiol level and opportunistic mating in women. *Biology Letters* **5**, 179–182.
- Feinberg, D. R.** (2008). Are human faces and voices ornaments signaling common underlying cues to mate value? *Evolutionary Anthropology* **17**, 112–118.
- Feinberg, D. R., DeBruine, L. M., Jones, B. C., Perrett, D. I.** (2008). The role of femininity and averageness of voice pitch in aesthetic judgments of women's voices. *Perception* **37**, 615–623.
- Feinberg, D. R., Jones, B. C., Little, A. C., Burt, D. M., Perrett, D. I.** (2005). Manipulations of fundamental and formant frequencies affect the attractiveness of human male voices. *Animal Behaviour* **69**, 561–568.
-

-
- Fischer, J., Semple, S., Fickenscher, G., Jürgens, R., Kruse, E., Heistermann, M., Amir, O. (2011). Do women's voices provide cues of the likelihood of ovulation? The importance of sampling regime. *PLoS ONE* 6, 1–8.
- Fitch, W. T. (1997). Vocal tract length and formant frequency dispersion correlate with body size in rhesus macaques. *Journal of the Acoustical Society of America* 102, 1213–1222.
- Fitch, W. T., Neubauer, J., Herzel, H. (2002). Calls out of chaos: The adaptive significance of nonlinear phenomena in mammalian vocal production. *Animal Behaviour* 63, 407–418.
- Fracarro, P. J., Jones, B. C., Vukovic, J., Smith, F. G., Watkins, C. D., Feinberg, D. R., Little, A. C., DeBruine, L. M. (2011). Experimental evidence that women speak in a higher voice pitch to men they find attractive. *Journal of Evolutionary Psychology* 9, 57–67.
- Gangestad, S. W., Thornhill, R. (2008). Human oestrus. *Proceedings of Royal Society London B* 275, 991–1000.
- Gangestad, S. W., Thornhill, R., Garver, C. E. (2002). Changes in women's sexual interests and their partner's mate retention tactics across the menstrual cycle: Evidence for shifting conflicts of interest. *Proceedings of Royal Society London B* 269, 975–982.
- Gregory, S. W. (1996). A nonverbal signal in voices of interview partners effectively predicts communication accommodation and social status perceptions. *Journal of Personality and Social Psychology* 70, 1231–1240.
- Grieser, D. L., Kuhl, P. K. (1988). Maternal speech in infants in a tonal language: Support for universal prosodic features in motherese. *Developmental Psychology* 24, 14–20.
- Guyton, A. C. (1995). *Fiziologija čovjeka i mehanizmi bolesti*. Zagreb: Medicinska naklada.
- Haselton, M. G., Mortezaie, M., Pillsworth, E. G., Bleske-Recheck, A. M., Frederick, D. A. (2007). Ovulatory shifts in human female ornamentation: Near ovulation, women dress to impress. *Hormones and Behavior* 51, 40–45.
- Hughes, S. M., Gallup Jr., G. G. (2003). Sex differences in morphological predictors of sexual behavior: Shoulder to hip and waist to hip ratios. *Evolution and Human Behavior* 24, 173–178.
-

- Hughes, S. M., Harrison, M. A., Gallup Jr., G. G. (2002). The sound of symmetry: Voice as a marker of developmental instability. *Evolution and Human Behavior* 23, 173–180.
- Hughes, S. M., Dispenza, F., Gallup Jr., G. G. (2004). Ratings of voice attractiveness predict sexual behavior and body configuration. *Evolution and Human Behavior* 25, 295–304.
- Jenkins, J. (1998). The voice of the castrato. *Lancet* 351, 1877–1880.
- Jones, B. C., Feinberg, D. R., DeBruine, L. M., Little, A. C., Vukovic, J. (2010). A domain-specific opposite-sex bias in human preferences for manipulated voice pitch. *Animal Behaviour* 79, 57–62.
- Lassek, W. D., Gaulin, S. J. C. (2009). Costs and benefits of fat-free muscle mass in men: Relationship to mating success, dietary requirements, and natural immunity. *Evolution and Human Behavior* 30, 322–328.
- Meurer, E., Garcez, V., von Eye Corleta, H., Capp, E. (2009). Menstrual cycle influences on voice and speech in adolescent females. *Journal of Voice* 23, 109–113.
- Oguchi, T., Kikuchi, H. (1997). Voice and interpersonal attraction. *Japanese Psychological Research* 39, 56–61.
- O'Connor, J. J. M., Re, D. E., Feinberg, D. R. (2011). Voice pitch influences perceptions of sexual infidelity. *Evolutionary Psychology* 9, 74–68.
- O'Toole, A. J., Price, T., Vetter, T., Bartlett, J. C., Blanz, V. (1999). 3D shape and 2D surface textures of human faces: The role of baveragesQ in attractiveness and age. *Image and Vision Computing* 18, 9–19.
- Pinel, J. P. (2002). *Biološka psihologija*. Jastrebarsko: Naklada Slap.
- Pipitone, R. N., Gallup Jr., G. G. (2008). Women's voice attractiveness varies across the menstrual cycle. *Evolution and Human Behavior* 29, 268–274.
- Pipitone, R., Gallup, G. (2012). The unique impact of menstruation on the female voice: Implications for the evolution of menstrual cycle cues. *Ethology* 118, 281–291.
- Puts, D. A., Gaulin, S. J. C., Verdolini, K. (2006). Dominance and the evolution of sexual dimorphism in human voice pitch. *Evolution and Human Behavior* 27, 283–296.
- Puts, D. A., Jones, B. C., DeBruine, L. M. (2012). Sexual selection on human faces and voices. *Journal of Sex Research* 49, 227–243.
-

-
- Puts, D. A., Barndt, J. L., Welling, L. L. M., Dawood, K., Burriss, R. P.** (2011). Intrasexual competition among women: Vocal femininity affects perceptions of attractiveness and flirtatiousness. *Personality and Individual Differences* 50, 111–115.
- Puts, D. A., Bailey, D. H., Cárdenas, R. A., Burriss, R. P., Welling, L. L. M., Wheatley, J. R., Dawood, K.** (2013). Women's attractiveness changes with estradiol and progesterone across the ovulatory cycle. *Hormones and Behavior* 63, 13–19.
- Raj, A., Gupta, B., Chowdhury, A., Chadha, S.** (2008). A study of voice changes in various phases of menstrual cycle and in postmenopausal women. *Journal of Voice* 24, 363–368.
- Roberts, S. C., Havlicek, J., Flegr, J., Hruskova, M., Little, A. C., Jones, B. C., Perrett, D. I., Petrie, M.** (2004). Female facial attractiveness increases during the fertile phase of the menstrual cycle. *Proceedings of Royal Society London B* 271, S270–S272.
- Simple, S., McComb, K.** (2000). Perception of female reproductive state from vocal cues in a mammal species. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B* 267, 707–712.
- Singh, D., Bronstad, P. M.** (2001). Female body odour is a potential cue to ovulation. *Proceedings of Royal Society London B* 268, 797–801.
- Thornhill, R., Møller, A. P.** (1997). Developmental stability, disease and medicine. *Biological Reviews* 72, 497–548.
- Thornhill, R., Gangestad, S. W.** (2008). *The Evolutionary Biology of Human Female Sexuality*. Oxford: University Press.
- Van Anders, S. M., Hampson, E.** (2005). Waist-to-hip ratio is positively associated with bioavailable testosterone but negatively associated with sexual desire in healthy premenopausal women. *Psychosomatic Medicine* 67, 246–250.
- Zuckerman, M., Miyake, K.** (1993). The attractive voice: What makes it so? *Journal of Nonverbal Behavior* 17, 119–135.
-

Irena Pavela, Nataša Šimić

ipavela@unizd.hr

Department of Psychology, University of Zadar
Croatia

Proximal and distal causes of sexual dimorphism in human voice

Summary

In the past few years, interest in studying sexual dimorphism in human voice has increased. Men and women have different vocal characteristics, most notably because women have higher fundamental frequency and fundamental frequency variability. Also, women's voice has higher formant frequencies, as well as formant dispersion. In general, women speak in higher and less monotone voice. According to the previous studies, causes of sexual dimorphism in human voices could be explained on two different levels. First, on proximal level, sexual dimorphism in voices is caused by the effect of sex hormones on vocal cords. Most of the research support this claim by showing voice changes during puberty, at the onset of menopause and during different phases of menstrual cycle, which are followed by cycling variation of estrogens and progesteron. However, due to some inconsistent findings, in this paper different methodological approaches are discussed. Second, on distal or ultimate level, causes of sexual dimorphism are explained by evolutionary approach, emphasising that sexual dimorphism evolved as an adaptive mechanism. On this level, voice can be considered as an indicator of reproductive value and women's fertility. Previous studies support this assumption and show relationship between voice attractiveness and objective measures of attractiveness, such as facial symmetry or waist to hip ratio. Furthermore, voice attractiveness changes as a function of different phases of menstrual cycle. It seems that higher levels of estrogens are positively related to the voice attractiveness. However, based on previous findings, relationship between acoustic characteristics and voice attractiveness is less clear. This paper discusses some methodological issues, like ecological validity of laboratory research, as well as the use of different speech samples in analysis.

Key words: voice, sexual dimorphism, sex hormones, adaptive mechanisms
