

An aerial photograph of a mountain village. The village is nestled in a valley, surrounded by steep, rocky mountains. The houses are built with stone and have dark, sloping roofs. The fields are terraced and green, indicating agricultural activity. The overall scene is one of a remote, high-altitude settlement.

Stalna poselitev na veliki nadmorski višini

IZVLEČEK

Kljub neugodnim življenjskim in bivalnim razmeram so visokogorska območja verjetno poseljena že od zadnje ledene dobe dalje. Človeške populacije, živeče na velikih nadmorskih višinah, so v tem obdobju razvile edinstvene načine prilagajanja obtočil, krvotornega sistema in dihal na pomanjkanje kisika na višini, kar jim daje prednost pred priseljenci iz nižin. Med prebivalci visokogorja in nižin se razlikuje tudi pogostost nekaterih bolezni. Razlike v prilagoditvi in pojavljanju bolezni med prebivalci visokogorja in nižin so še slabo raziskane in ponujajo priložnost tudi na raziskovalnem področju.

Ključne besede: poselitev, nadmorska višina, prilagoditev, bolezen.

ABSTRACT

Permanent settlement on high altitude

Despite inhospitable environment and living conditions, high altitude has been settled since the last ice age. Human populations permanently living on high altitudes have developed unique adaptations of cardiovascular, haematopoietic and respiratory systems to lack of oxygen on altitude. Adaptation to high altitude gives permanent inhabitants advantage in comparison to immigrants from lowlands. Frequency of certain diseases is also different between high altitude and lowland populations. For now altitude adaptations and differences in disease frequency on altitude are only poorly studied and offer further research opportunities.

Key words: settlement, high altitude, adaptation, disease.

Večina človeštva živi na nadmorski višini pod 1000 m. Kljub negostoljubnemu okolju so že dolgo vrsto let stalno poseljena tudi visokogorska območja. Na goratih območjih nad nadmorsko višino 2500 m živi približno 63 milijonov ljudi oziroma odstotek svetovne populacije, nad nadmorsko višino 4500 m pa le še 0,07 % (Huddleston s sodelavci 2003). Tri najdlje in najgosteje poseljena visokogorska območja so Tibetanska planota, Andsko višavje in Etiopsko višavje.

Zaradi pomanjkanja kisika, nizkih temperatur in močnejšega Sončevega sevanja so visokogorska območja za človeka in njegovo stalno naselitev dokaj negostoljubno okolje.

Nadmorska višina, kjer je še možna stalna poselitev, se giblje med 5000 in 5500 m. Zgornja meja poselitve je bolj kot od človekove zmožnosti prilagajanja na višino odvisna od ekonomskih vzgibov. Nadmorska višina nad 5000 m tudi na območjih ob ekvatorju ne omogoča poljedelstva, živinoreja pa je lahko le sezonska. Najvišje ležeča večja naselbina, rudarsko mesto La Rinconada v Peruju, je na nadmorski višini kar 5100 m; v njem živi že skoraj 50.000 prebivalcev. Stalna človeška poselitev Tibetanske planote se je pričela kmalu po zadnji ledeni dobi, pred približno 13.000 leti, morda celo prej (Aldenderfer 2003), kar potrjujejo tako genetske raziskave kot datacija arheoloških ostankov s pomočjo C-14 (Qin s sodelavci 2010; Meyer s sodelavci 2017). Podobno velja za Andsko višavje, kjer so na nadmorski višini več kot 4000 m odkrili med 11.500 in 12.800 let stare ostanke človeške poselitve (Rademaker s sodelavci 2014). Človeške populacije, živeče na veliki nadmorski višini, so v zadnjih 10.000 do 15.000 letih razvile edinstvene načine prilagajanja obtočil, krvotornega sistema in dihal na pomanjkanje kisika na višini. Kljub različnim genetskim prilagoditvam pa imajo stalni prebivalci visokogorja v primerjavi s prebivalci, živečimi v nižjih legah še vedno manjšo fizično in kognitivno zmogljivost (Bigham s sodelavci 2013).

Težave pri raziskovanju stalnih prebivalcev visokogorskih območij

Pri raziskovanju prilagoditev stalnih prebivalcev visokogorskih območij naletimo na številne težave, ki onemogočajo primerjavo s prebivalci nižin. Prebivalci visokogorskih območij so ponavadi pripadniki drugih rasnih in etničnih skupin, kar je že samo po sebi lahko razlog za razlikovanje od prebivalcev nižin. Visokogorska območja so pogosto v ekonomsko slabše razvitih državah, kjer demografski in epidemiološki podatki niso natančni ali pa sploh niso na razpolago. Zaradi slabšega ekonomskega položaja prebivalcev visokogorja je manj kakovostna tudi njihova prehrana, slabši so tudi njihovi izobrazba, bivalne razmere in dostop do zdravstvenih storitev. Za rast in razvoj ima podhranjenost podobne posledice kot kronično pomanjkanje kisika, to pa dodatno otežuje interpretacijo razlik s prebivalci nižin. V nekaterih predelih sveta pa so prebival-

Avtor besedila in fotografij:

DOC. DR. TOMAŽ GOSLAR, dr. med.

Klinični oddelek za intenzivno
interno medicino, Univerzitetni
klinični center Ljubljana,

Zaloška cesta 7, 1000 Ljubljana

E-pošta: tomaz.goslar@gmail.com

COBISS 1.03 kratki znanstveni prispevek

ci nižin bolj izpostavljeni boleznim, ki jih v visokogorju ni (na primer malarija v nižinskih predelih Etiopije). Ob vse boljši dostopnosti visokogorskih območij primerjavo otežujejo tudi vse številčnejše migracije.

Fiziološke razlike

Eden od najbolj poznanih načinov prilagoditve na višino je povečana količina hemoglobina. Stalni prebivalci območij z večjo nadmorsko višino imajo večjo količino hemoglobina kot prebivalci nižin, ob prihodu v višje lege pa postopoma poraste tudi količina hemoglobina v krvi prebivalcev nižin. Porast hemoglobina pri prebivalcih nižin ob prihodu na višja območja je obi-

čajno prekomeren in lahko negativno vpliva na delovanje organizma. Temu rečemo kronična višinska bolezen. Zaradi različnih genetskih prilagoditev se različne populacije prebivalcev višjih območij med seboj razlikujejo. Tako imajo Tibetanci vrednosti hemoglobina primerljive s prebivalci nižin (moški 156 g/l, ženske 142 g/l), pripadniki ljudstva Ajmara v Boliviji pa imajo za 30 do 40 g/l višje vrednosti hemoglobina (moški 192 g/l, ženske 178 g/l) (Beall s sodelavci 1998).

Manj opazna in slabše poznana prilagoditev stalnih prebivalcev višavij je večja vitalna kapaciteta pljuč. Razkrili so jo tako pri prebivalcih Tibetanske

planote kot prebivalcih Andov. Večja vitalna kapaciteta pljuč zagotavlja večjo površino za izmenjavo plinov in ob večji količini krvi v prsnem košu povečano difuzijsko kapaciteto pljuč (West s sodelavci 2012). Stalni prebivalci območij z večjo nadmorsko višino imajo različen nadzor dihanja v mirovanju in ob naporu. Neaklimatizirani prišleki na višino hitro opazijo pospešeno dihanje (hiperventilacijo) že ob minimalnem naporu. Minutna ventilacija v mirovanju je tudi ena izmed različnih prilagoditev na višino med Tibetanci in pripadniki ljudstva Ajmara. Tibetanci imajo namreč 1,5-krat višjo minutno ventilacijo kot Ajmari (West s sodelavci 2012).

*Slika 1: Visokogorje zaradi redke poseljenosti in številnih gospodarskih priložnosti privablja čedalje več priseljencev iz nižjih leg, ki so zaradi neprilagojenosti na veliko nadmorsko višino bolj izpostavljeni boleznim. Nabiranje gosenic, ki jih napade parazitska gliva (*Ophiocordyceps sinensis*), bolj poznanih kot »yarsagumba«, v višine Nepala in Tibeta privablja številne iskalce iz nižin. Yarsagumbo nabirajo na nadmorski višini od 3000 do 5000 m in je cenjeno zdravilo v tradicionalni kitajski medicini. Kilogram yarsagumbe je vreden več tisoč dolarjev (foto: Tomaž Goslar).*



Potomstvo in višinska območja

Že v času španskega osvajanja Peruja so opazili, da so se otroci evropskih priseljencev na večji nadmorski višini rodili mrtvi ali pa so umrli v 14 dneh po rojstvu. Španke so se za čas nosečnosti in poroda preselile v nižino in tam ostale do otrokovega prvega leta starosti. Prvi otrok evropskih priseljencev v Potosiju (4060 m) je preživel šele po 53-tih letih španske naselitve. S podobnimi težavami se dandanes srečujejo priseljeni Kitajci v Tibetu, ki imajo v primerjavi z avtohtonimi Tibetanci še vedno trikrat višjo umrljivost otrok tako pred porodom kot po njem. Stalni prebivalci visokogorja zaradi uspešne prilagoditve na višino tako izrazitih težav s plodnostjo nimajo. Kljub prilagoditvi pa v vseh populacijah umrljivost novorojenčkov z višino narašča (Moore s sodelavci 2001). Najverjetnejši razlog za višjo neonatalno umrljivost je kronično pomanjkanje kisika, zagotovo pa k temu pripomorejo tudi slabše socialno-ekonomske razmere in otežena dostopnost zdravstvenih storitev.

Podobno kot evropskim priseljencem se je godilo živini, ki so jo pripeljali s seboj. Nekdanjo prestolnico Peruja Jauja na nadmorski višini 3400 m so imeli za območje sterilnosti, saj evropske živali (konji, prašiči, perutnina) niso imeli potomcev. V približno stoletju so se na višino prilagodile do take mere, da je postal Jauja eno glavnih središč za vzrejo prašičev in perutnine (Clegg 1978; West 2017).

Bolezni

Pri novorojenčkih na večji nadmorski višini se pogosteje pojavljajo prirojene



Slika 2: Poleg genetskih prilagoditev na veliko nadmorsko višino so se morali stalni prebivalci prilagoditi tudi v načinu življenja in oblačenju. Na fotografiji so prebivalci otoka Amantani v perujskem delu jezera Titikaka, katerega gladina je na nadmorski višini 3812 m (foto: Tomaž Goslar).

srčne napake. Daleč najpogostejša je odprti duktus arteriosus (predrojstna povezava med pljučno arterijo in aorto, ki se ob rojstvu normalno zapre), ki je na višini 4000 m kar petnajstkrat pogostejša kot v nižini. Pogostost prirojenih srčnih napak z višino narašča in se pojavlja v kar 2,5 % primerih.

Ateroskleroza (počasen bolezenski proces žilne stene, za katerega so značilni njene zadebelitve zaradi odlaganja holesterola in oženje žilne svetline) ter infarkt srčne mišice (odmrtnje dela srčne mišice zaradi zapore ene izmed srčnih žil dovodnic – arterij) sta pri prebivalcih višinskih območij redki. Razlog za nizko pojavnost ateroskleroze pa ni nujno povezan le z nadmorsko višino. Prebivalci višinskih območij so namreč telesno bolj aktivni, manj debeli, imajo manj sladkorne bolezni, kar vse so različni dejavniki za srčno-žilne bolezni.

Tudi visok krvni tlak (arterijska hipertenzija) je med prebivalci visokogorij redek. Razlaga za takšno stanje je verjetno življenjski slog z več gibanja in manj debelosti. Med vsemi visokogorskimi ljudstvi se visok krvni tlak najpogosteje pojavlja pri Tibetancih. Pri njih ga najdemo pri 2 % ljudi, pri kitajskih priseljencih v Tibet pri 4 %, pri Kitajcih, ki živijo v nižini, pa pri 7,9 % (West s sodelavci 2012).

V preteklosti je bila predvsem med prebivalci visokogorja zelo pogosta golša (povečana ščitnica), pojavljala pa se je tudi v nižinah. Vzrok golšavosti je nizka vsebnost joda v prsti in posledično premajhen vnos s hrano in vodo, kar vodi v njegovo pomanjkanje. Golšavost je posledica izravnalnega odziva organizma na pomanjkanje joda. Nastanek golše pa lahko pospešijo še določena hrana, kot so rastline

iz družine križnic (*Cruciferae*) (na primer cvetača, zelje, brokoli). Različne prehranske navade in razlike v vsebnosti joda v prsti so verjetno tudi razlog za velike regionalne razlike v pojavnosti golšavosti, ki je v svetu kljub dodajanju joda v sol in hrano pone-

kod še vedno precej pogosta (West s sodelavci 2012).

Sklep

Stalni prebivalci visokogorja so se v stoletjih bivanja na visoki nadmorski višini prilagodili neugodnim dejavni-

kom okolja. Posledično se tudi genetsko razlikujejo od prebivalcev nižin. Genetske spremembe, ki so nastale kot posledica bivanja na visoki nadmorski višini, so v različnih visokogorjih sveta različne. Že iz časov španskega osvajanja Andskega višavja so znane neugodne posledice, ki jih ima velika nadmorska višina na priseljence iz nižin. S podobnimi zdravstvenimi težavami, kot so jih imeli nekoč španski priseljenci, se dandanes kljub sodobni medicini srečujejo priseljeni Kitajci v Tibetu.

Zaradi vplivov okolja se tudi bolezni, za katerimi zbolevali prebivalci visokogorja, razlikujejo od bolezni prebivalcev nižin, kar je pomembno pri načrtovanju zdravstvene politike.

Prilagoditev na veliko nadmorsko višino je za zdaj še razmeroma slabo raziskana. Kljub medicinskemu ozadju pa se na tem področju raziskovalne možnosti odpirajo tudi za geografe. 

Slika 3: Priseljeni Kitajci v Tibetu imajo zaradi neprilagojenosti na višino številne zdravstvene težave. S seboj so prinesli tudi svoj način gradnje in se niso prilagodili tradicionalni arhitekturi Tibetancev, ki se je v stoletjih prilagodila ostremu visokogorskemu podnebjju. Na fotografiji je mesto Nyalam v Tibetu, na nadmorski višini 3750 m (foto: Tomaž Goslar).



Viri in literatura

1. Aldenderfer, M. S. 2003: Moving Up in the World. *American Scientist* 91, 542–549.
2. Beall, C. M., Brittenham, G. M., Strohl, K. P., Blangero, J., Williams-Blangero, S., Goldstein, M. C., Decker, M. J., Vargas, E., Villena, M., Soria, R., Alarcon, A. M., Gonzales, C. 1998: Hemoglobin concentration of high-altitude Tibetans and Bolivian Aymara. *American Journal of Physical Anthropology* 106-3, 385–400.
3. Bigam, A. W., Wilson, M. J., Julian, C. G., Kiyamu, M., Vargas, E., Leon-Velarde, F., Rivera-Chira, M., Rodriguez, C., Browne, V. A., Parra, E., Brutsaert, T. D., Moore, L. G., Shriver, M. D. 2013: Andean and Tibetan patterns of adaptation to high altitude. *American Journal of Human Biology* 25-2, 190–197.
4. Clegg, E. J. 1978: Fertility and early growth. *The Biology of high altitude peoples*. Cambridge University Press. New York.
5. Huddleston, B., Ataman, E., de Salvo, P., Zanetti, M., Bloise, M., Bel, J., Franceschini, G., Fé d'Ostiani, L. 2003: Towards a GIS-Based Analysis of Mountain Environments and Populations. *Environment and Natural Resources*, Working paper No.10.
6. Meyer, M. C., Aldenderfer, M. S., Wang, Z., Hoffmann, D. L., Dahl, J. A., Degering, D., Haas, W. R., Schlutz, F. 2017: Permanent human occupation of the central Tibetan Plateau in the early Holocene. *Science* 355-6320, 64–67.
7. Moore, L. G., Young, D., McCullough, R. E., Droma, T., Zamudio, S. 2001: Tibetan protection from intrauterine growth restriction (IUGR) and reproductive loss at high altitude. *American Journal of Human Biology* 13-5, 635–644.
8. Qin, Z., Yang, Y., Kang, L., Yan, S., Cho, K., Cai, X., Lu, Y., Zheng, H., Zhu, D., Fei, D., Li, S., Jin, L., Li, H. 2010: A mitochondrial revelation of early human migrations to the Tibetan Plateau before and after the last glacial maximum. *American Journal of Physical Anthropology* 143-4, 555–569.
9. Rademaker, K., Hodgins, G., Moore, K., Zarrillo, S., Miller, C., Bromley, G. R., Leach, P., Reid, D. A., Alvarez, W. Y., Sandweiss, D. H. 2014: Paleoindian settlement of the high-altitude Peruvian Andes. *Science* 346-6208, 466–469.
10. West, J. B. 2017: Are Permanent Residents of High Altitude Fully Adapted to Their Hypoxic Environment? *High Altitude Medicine & Biology* 18-2, 135–139.
11. West, J. B., Schoene, R. B., Luks, A. M., Milledge, J. S. 2012: High altitude populations. *High Altitude Medicine and Physiology* 5E. CRC Press. London.