

Biologické a kultúrne aspekty výživového stresu na ľudskom skelete a zuboch

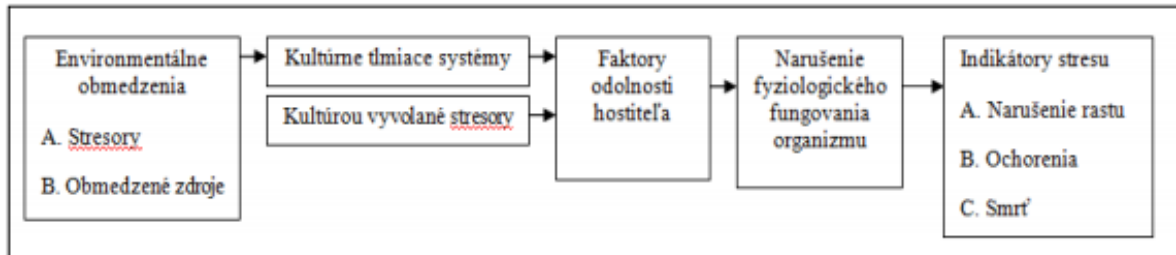
Obsah

1	Stres v antropológii a bioarcheológii.....	2
2	Metódy skúmania životnej histórie jedinca a populácií:	3
2.1.1	Analýza stopových prvkov	3
2.1.2	Analýza izotopov.....	3
2.1.3	Makroskopické metódy	3
2.1.4	Mikroskopické metódy	7

1 Stres v antropológii a bioarcheológii

Stres v antropológii znamená narušenie fyziologického fungovania organizmu, ktoré je výsledkom interakcií troch hlavných faktorov:

1. environmentálne obmedzenia (zahŕňajú obmedzené zdroje a stresory)
2. kultúrne systémy
3. odolnosť hostiteľa



(Zdroj obrázku: Goodman et al. 1984)

V reakcii organizmu na stres je určitá hierarchia -> najskôr reagujú mäkké tkanivá potom kosti/zuby

Na to, aby sa stres prejavil na kostiach a zuboch je potrebné, aby stresový faktor pôsobil dlhú dobu (malnutrícia, vystavenie infekčným patogénom, extrémna fyzická záťaž) alebo aby bol závažného charakteru (traumy)

Kratšia doba pôsobenia zachytená na úrovni mikroštruktúry kostných a tvrdých zubných tkanív

Výsledný efekt pôsobenia stresu závisí od:

A/ Doby pôsobenia stresu

B/ Miery závažnosti

C/ Načasovania začiatku

- napríklad stres pôsobiaci počas určitých vývojových štádií môže byť neskôr vykompenzovaný efektom *catch-up* rastu, čo znamená že napríklad po akútnej podvýžive alebo ťažkom ochorení sa rast môže krátkodobo spomaliť, ale po zmiznutí nepriaznivých podmienok je rast znovu zrýchlený a v dospelosti nemusí byť viditeľný rozdiel vo výške postavy medzi jedincom, ktorý akútnu podvýživu prežil a jedincom, ktorý ju nezažil vôbec
- Na druhej strane pokiaľ sa stres vyskytne v inej fáze vývoja, jeho dôsledky už nikdy nebudú zvrátené

Zvýšená stresová záťaž môže viesť ku funkčným poruchám organizmu, čo má za následok znížený kognitívny vývoj a pracovné schopnosti, navyše zlý zdravotný stav v produktívnom veku jedinca môže mať nepriaznivý vplyv na jeho plodnosť.

Výživa – dôležitá úloha pri rekonštrukcie typu spoločnosti (jednoduchá vs. Komplexná organizácia; usadenie na jednom mieste vs. Nomádi), prípadne metódy na odhad veku (napríklad pomocou zubnej abrázie)

2 Metódy skúmania životnej histórie jedinca a populácií:

2.1.1 Analýza stopových prvkov

Deštruktívna metóda

Z minerálnej zložky kostí a zubov (avšak táto podlieha diagenetickým procesom -> kontaminácia stopovým prvkami prostredia, ideálne je **stroncium** -> diagenéze takmer nepodlieha)

Čo z analýzy stopových prvkov vieme zistiť:

- Vyššie hodnoty stroncia = rastlinná strava
- Rozlíšenie rastlinnej a živočíšnej zložky v potrave
- Morské a vnútrozemské zložky potravy (ideálne doplniť izotopmi)
- Migrácia (ideálne doplniť izotopmi)
- Sociálny status jedinca – **obsah olova** -> viac olova -> prístup ku civilizačným vymoženostiam = vyšší sociálny status jedinca pretože olovo sa využívalo napríklad vo forme octanu olovnatého (sladká chuť – prísada do vína) alebo bolo v glazúre keramických nádob, prípadne v liekoch vo forme olovnatých solí. Ku všetkým týmto vymoženostiam mali prístup jedinci z vyšších spoločenských vrstiev

2.1.2 Analýza izotopov

Deštruktívna metóda

Izotop = Izotopy toho istého prvku majú rovnaké chemické vlastnosti; hlavný rozdiel je atómovej hmotnosti

Z organickej zložky kosti – kolagén

Stabilné Izotopy uhlíku, kyslíku, dusíku, síry a stroncia -> odolnejšie voči postdepozičným zmenám

Zdroj -> atmosféra, voda, geologický podklad -> odtiaľ do rastlín a živočíchov

Čo z analýzy stopových prvkov vieme zistiť:

- Štúdium migrácie – izotop stroncia – silne viazaný na prostredie „geochemický popis miesta“

Princíp: Kosti remodelujú, zuby nie, zuby mineralizujú v prvých rokoch života a obsah získaných izotopov ostáva rovnaký po zvyšok života. Kosti remodelujú takže v čase smrti má izotopový profil zodpovedajúci posledným rokom života. Rozdiel medzi pomerom izotopov v sklovine a kostiach potom odráža zmenu miesta pobytu.

2.1.3 Makroskopické metódy

Prekonaná stresová záťaž v raných fázach ontogenézy môže na skelete a zuboch jedinca zanechať určité markre – pozor, nie vždy sa dá daný marker spojiť s konkrétnou udalosťou, takže sa jedná prevažne o **indikátory nešpecifického vývojového stresu**

Tieto indikátory delíme na 3 skupiny:

1. Indikátory všeobecného, kumulatívneho stresu – pôsobi naraz viac stresových faktorov a ich účinok vedie napr. ku zvýšeniu mortalite

- Indikátory všeobecného, epizodického stresu – stres pôsobí len počas určitého obdobia -> výsledkom napr. Harrisove línie, hypoplázia zubnej skloviny
- Indikátory stresu asociovaného s určitými ochoreniami – výsledkom sú traumy, degeneratívne ochorenia, nutričný deficit

Príklady nešpecifických indikátorov vývojového stresu:

A/ Výška lebečnej bázy

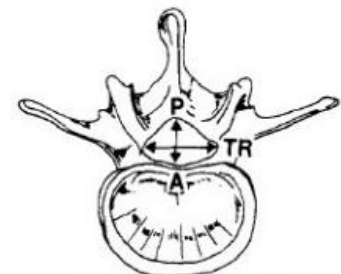
Angel (1982) – výška lebečnej bázy je citlivý ukazovateľ stavu výživy -> lebečná báza nesie hmotnosť mozgu a hlavy v období rastu -> nedostatočná výživa spôsobuje zníženie schopnosti kosti odolávať gravitácii, čo spôsobuje väčšiu mieru deformovania kosti kvôli váhe mozgu a hlavy a vedie to ku plochosti lebečnej bázy (platybázia)

Merané lebky so zbierok so známym nutričným nedostatkom, porovnaný s lebkami bez nutričného nedostatku -> štatisticky významná nižšia výška lebečnej bázy u nutričného deficientu



B/ Stavce

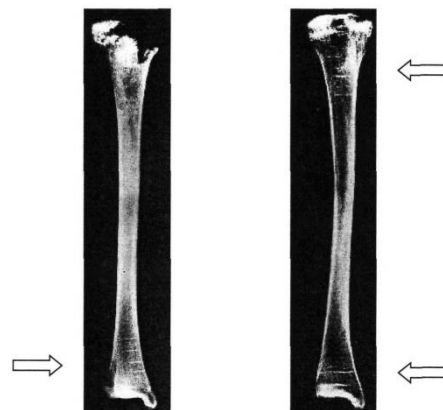
Rast vertebrálneho neurálneho kanála (VNC) sa nemôže dostať pod vplyv catch-up rastu, zmenšený rozmer VNC môže značiť prekonanú stresovú záťaž v čase vývoja VNC – čiže do veku cca 4-6 rokov. Zmenšený rozmer VNC môže mať vplyv na dĺžku života – jedinci s menším VNC boli znevýhodnení a tým pádom sa dožili nižšieho veku.



Kraniálny pohľad na stavec

C/ Harrisove línie

- Dlhé kosti končatín
- Zosilnené zóny mineralizácie
- Spomalený rast nasledovaný catch-up rastom
- Na RTG snímkoch viditeľné ako svetlé línie na rastových zónach



D/ Anomálie skeletu v dôsledku nedostatku vitamínu D

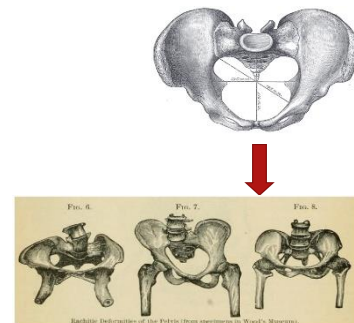
Vitamín D je hormonálnym prekursorom, ktorý zastáva dôležitú úlohu pri riadnej mineralizácii osteoidov vznikajúcich pri raste a remodelácii kostí, homeostáze vápnika, imunitnej reakcii a bunkovom raste (Berry et al., 2002; Brickley et al., 2007; Resnick and Niwayama, 1981). Jeho závažný nedostatok počas obdobia rastu a vývoja môže viesť až poruchám mineralizácie kostí vplyvom nedostatočného vstrebávania vápnika, v dôsledku čoho môže dôjsť až ku deformitám kostí (Horáčková, et al. 2004).

Primárne kostrové prejavy **krivice** vyplývajú z nedostatočnej mineralizácie novo uloženého osteoidu a javia sa ako pórovité oblasti kortikálnej kosti v metafýzách a epifýzách dlhých kostí končatín. Tieto **lézie predstavujú priamy vplyv nedostatku vitamínu D na metabolické procesy**. Ohybové deformácie, ktoré sa potom vyskytujú v archeologickom kontexte predstavujú sekundárny účinok mechanického zaťaženia na nedostatočne mineralizovanou kosť. Sekundárny účinok avitaminózy D sa prejaví napríklad deformitami na panvových kostiach a lukovitým vyklenutím diafýzy dlhých kostí.

Prejavy krivice na skelete:

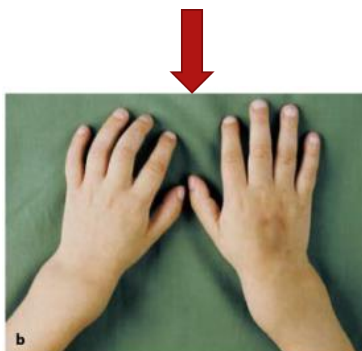
1/ *Deformácia panvy* – oslabenie kostí v detstve (nedostatočná mineralizácia) – hmotnosť tela a gravitácia spôsobia deformáciu panvového vchodu – u dospelého jedinca je potom indikátorom prekonaného ochorenia významne zväčšená šírka sedacieho zárezu

Rachitická panva u žien = v dospelosti problémy pri pôrode



2/ *Tvar diafýzy dlhých kostí* – lukovité vyklenutie, deformita sa objaví v prvých mesiacoch až rokoch života

- Marfanovo znamenie – zdurenie kosti na metafýzách dlhých kostí končatín - pretože štruktúru chrupavky začína strácať organizované vertikálne usporiadanie



Obr. 11.3 Pravá stehenní kost a obě vřetenní kosti asi šestiletého dítěte s nápadným zakřivením diafýz, způsobeným křivicí. Hřbitov na Antonínské ulici v Brně, 18.–19. století, A 1857. Foto: Ladislava Horáčková.

POZOR příčinou vyklenutia diafýz nemusí byť len krivica ale aj:

- osteomalácia - nedostatočná mineralizácia kostí (deficit vápniku), daná nedostatkom vitamínu D, prejavuje sa v dospelosti, črevné a ľadvinové ochorenia, málo slnka, u žien aj viac tehotenstiev tesne za sebou a dlhá doba kojenja
- Popôrodná trauma

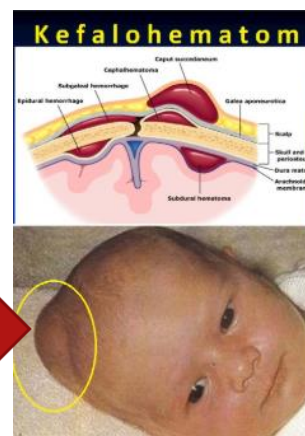
- Prenatálne ohnutie dlhých kostí dané nesprávnou pozíciou plodu
- Dôsledok zlomeniny

Určenie prítomnosti a miery zakrivenia vysoko subjektívne!

Síce vytvorené indexy (snaha o kvantifikáciu zakrivenia) avšak nemusia byť spoľahlivé – ovplyvnené zaužívaným spôsobom pohybu, záťažou končatiny, morfológickými rozdielmi v robusticite kosti (daná pohlavím a vekom) -> čiže v populácii je náročné určiť, čo je pre danú populáciu ešte fyziologické a čo už patologický prejav

E/ Kurděje (Skorbut)

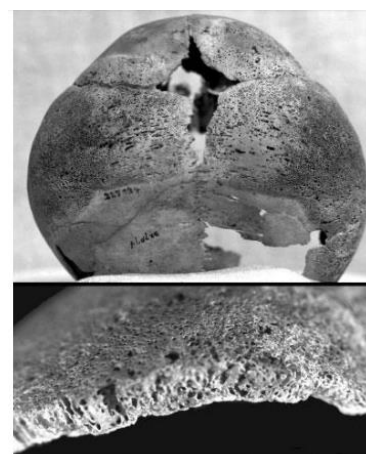
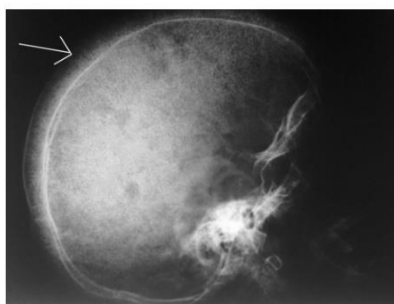
- Avitaminóza C – u nás len veľmi vzácné, hlavne námorníci a obliehané mestá
- Vitamín C -> syntéza kolagénu a tým pádom všetkých vlákien, ktoré ho obsahujú
- Nedostatok -> krvácanie ďasien, hematómy vo svaloch a podkoží (znížená pevnosť ciev)
- Na kostiach -> subperiostálny hematóm – často osifikujú
- Deti – kurděje – znížená odolnosť voči bežným infekciám -> smrť



Na skelete ťažko rozpoznateľné

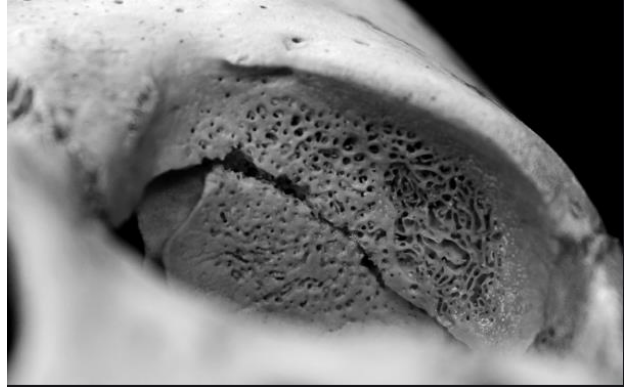
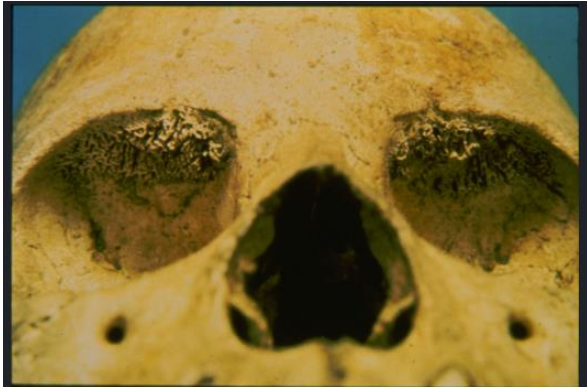
F/ Kostné prejavy anémii

- Anémia – znížené množstvo erytrocytov v krvi alebo v nich obsiahnutého hemoglobínu
- Ukazateľ nutričného a zdravotného statusu populácií – viac u detí
- Prejav -> prominujúce ostrovčeky hubovitého tkaniva
- „Kartáčovitá lebka“
- Porotická hyperostóza – hubovitý povrch kosti
- *Cribræ orbitalia* (CO) alebo porotická hyperostóza (PH) hornej strany očné jazyčnice je jedným z najčastejších patologických stavov, ktoré sa vyskytujú v archeologických zvyškoch skeletu. Dosahujúci frekvencia vyššia ako 50 % v mnohých prehistorických vzorkách, bola CO všeobecne pripisovaná celej rade faktorov vrátane malnutrie a parazitizmu. Etiológia ochorenia nie je úplne jasná, väčšina autorov sa však zhoduje, že *cribræ orbitalia* vznikajú v dôsledku porúch výživy (Huss-Ashmore et al., 1982; Keenleyside and Panayotova, 2006). Tiež bola preukázaná súvislosť medzi hemolytickou anémiou spôsobenou maláriou a *cribræ orbitalia* (Gowland and Western, 2012; Rabino Massa et al., 2000).



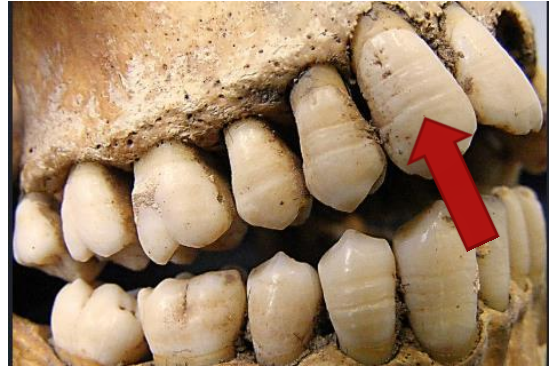
Na vnútornej hornej strane očné jazyčnice sa *cribræ orbitalia* prejavujú ako drobné porotické lézie, ktoré sa podľa morfológického vzhľadu môžu deliť na tri typy, a to porotický (drobné

dierkovanie povrchu), kribrotický (rozmernejšie otvory) a trabekulárnej typ (väčšie otvory, ktoré vznikajú splývaním menších) (Nathan and Haas, 1966).



G/ Hypoplázia zubnej skloviny

- Zubná sklovina – mimoriadne citlivá na narušenie vývoja -> narušenie funkcií ameloblastov -> záznam o stresovej udalosti (hypoplázia/hypokalcifikácia), na zuboch sa prejaví ako jamka v sklovine (viď obrázok)



2.1.4 Mikroskopické metódy – analýza tvrdých zubných tkanív

Zuby po ukončení vývoja nepodliehajú remodelácii ako kosť -> poskytujú stabilný záznam o prekonaných stresových udalostiach

Odolnejšie voči tafonomickým vplyvom než kosti – niekedy to jediné, čo z jedinca ostane

Možné pripraviť histologický výbrus a skúmať prežité udalosti na úrovni mikroštruktúry tvrdých zubných tkanív, prípadne spresniť dožitý vek **u nedospelých jedincov**

Histologické metódy sú ale invazívne, časovo a finančne náročné, nutná podrobná dokumentácia zubu pred jeho rozrezaním

Príklad: Hodnotenie stresových línií v zubnej sklovine

Dočasné zuby - založené už *in utero*

Trvalé zuby – jediné založené *in utero* sú prvé dolné stoličky

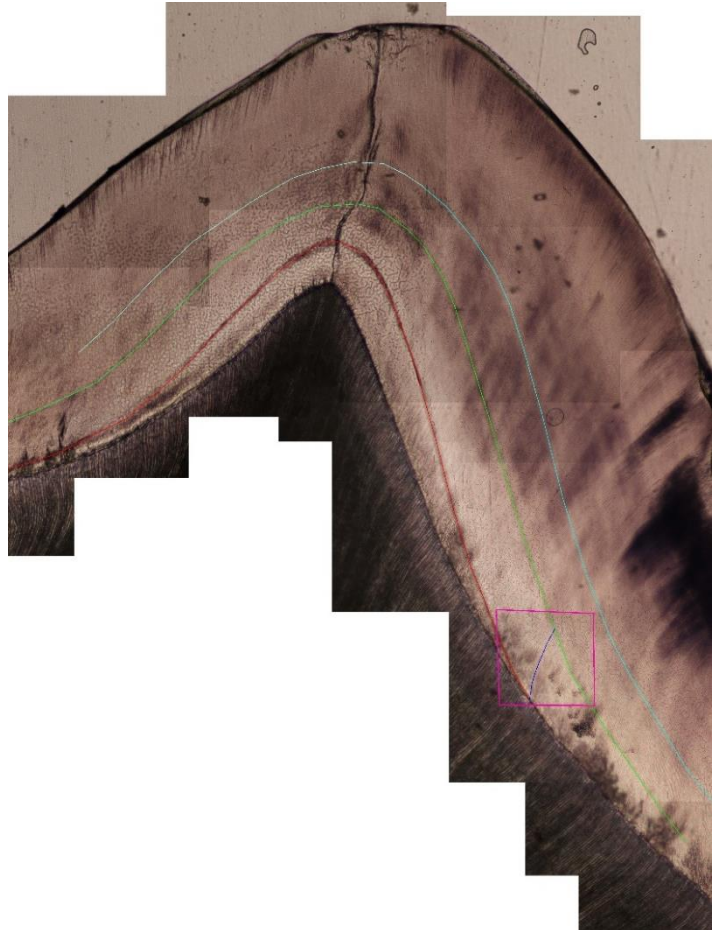
Vývoj tvrdých zubných tkanív prebieha v periodicky sa opakujúcich intervaloch -> v mikroštruktúre zubnej skloviny a dentíne vnikajú charakteristických inkrementálnych línií -> štruktúry v sklovine a dentíne si vzájomne odpovedajú

Zubná sklovina je vysoko špecializovaná tkanivo a veľmi citlivá na fyziologické a environmentálne zmeny. V dôsledku toho môže byť amelogenéza narušená systémovými vonkajšími stresormi, čo vedie k trvalým vadám skloviny. Táto narušenie sa zaznamenávajú na mikroskopickú úroveň ako

akcentované / stresové línie (AL). Jedná sa o **indikátory nešpecifického stresu** - pri neznámých kostrových pozostatkoch nemožno spojiť AL s konkrétnou udalosťou. Jedinú výnimku predstavuje **neonatálna línia - výrazná akcentovaná línia vznikajúca pri pôrode**. Neonatálna línia umožňuje rekonštrukciu chronológie vývoja, odhad dožitého veku u nedospelých jedincov a časovanie stresových udalostí. Je pozorovateľná u všetkých prenatálne sa vyvíjajúcich zubov = všetky zuby dočasného chrupu a väčšinou 1. trvalá stolička

Červená línia – neonatálna

Zelená a modrá línia – stresové línie (AL)



Použitá literatúra:

Angel, J. – Lawrence (1982): A New Measure of Growth Efficiency: Skull Base Height. *American Journal of Physical Anthropology.*, 58, s. 297 – 305.

Berry, J.L., Davies, M., Mee, A.P. (2002): Vitamin D metabolism, rickets, and osteomalacia, in: *Seminars in Musculoskeletal Radiology*. Copyright\copyright 2002 by Thieme Medical Publishers, Inc., 333 Seventh Avenue, New ..., pp. 173–182.

Brickley, M., Mays, S., Ives, R., (2007): An investigation of skeletal indicators of vitamin D deficiency in adults: Effective markers for interpreting past living conditions and pollution levels in 18th and 19th century Birmingham, England. *Am. J. Phys. Anthropol.* 132, 67–79.
<https://doi.org/10.1002/ajpa.20491>

Clark, George, A. – Hall, Nicholas, R. – Armelagos, George, J. – Borkan, Gary, A. – Panjabi, Manohar, M. – Wetzel, Todd, F. (1986): Poor Growth Prior to Early Childhood: Decreased Health and Life-Span in the Adult. *American Journal of Physical Anthropology*, 70, s. 145 – 160.

Goodman, Alan, H. – Martin, Debra, L. – Armelagos, George, J. – Clark, George (1984): Indications of stress from bone and teeth. In: Cohen Mark N., *Paleopathology at the origins of agriculture*. Orlando: Academic Press, s. 13 – 49.

Gowland, R.L., Western, A.G., (2012): Morbidity in the marshes: Using spatial epidemiology to investigate skeletal evidence for malaria in Anglo-Saxon England (AD 410–1050). *Am. J. Phys. Anthropol.* 147, 301–311. <https://doi.org/10.1002/ajpa.21648>

Horáčková, L., Strouhal, E., Vargová, L. (2004): Základy paleopatologie. In: Malina J., ed., *Panoráma biologické a sociokulturní antropologie* 15. Brno: Masarykova Univerzita, Nadace Universitas Masarykiana.

Huss-ashmore, R., Goodman, A.H., Armelagos, G.J., (1982): 9 - Nutritional Inference from Paleopathology, in: Schiffer, M.B. (Ed.), *Advances in Archaeological Method and Theory*. Academic Press, San Diego, pp. 395–474. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-003105-4.50014-5>

Keenleyside, A., Panayotova, K., (2006): Cribra orbitalia and porotic hyperostosis in a Greek colonial population (5th to 3rd centuries BC) from the Black Sea. *Int. J. Osteoarchaeol.* 16, 373–384. <https://doi.org/10.1002/oa.831>

Lovejoy, Owen C. (1985): Dental Wear in the Libben Population: Its Functional Pattern and Role in the Determination of Adult Skeletal Age at Death. *American Journal of Physical Anthropology*, 68, s. 47 – 56.

Nathan, H., Haas, N., (1966): On the presence of cribra orbitalia in apes and monkeys. *Am. J. Phys. Anthropol.* 24, 351–359. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330240307>

Rabino Massa, E., Cerutti, N., Marin D. Savoia, A., (2000): MALARIA IN ANCIENT EGYPT: PALEOIMMUNOLOGICAL INVESTIGATION ON PREDYNASTIC MUMMIFIED REMAINS. *Chungará Arica* 32, 7–9. <https://doi.org/10.4067/S0717-73562000000100003>

Resnick, D., Niwayama, G., (1981): Rickets and osteomalacia. *Diagn. Bone Jt. Disord*