



universität  
wien

# MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

Zur Assoziation von Stressparametern am Skelett und  
der Körperhöhe bei adulten Individuen aus dem  
Gräberfeld Csokorgasse

verfasst von / submitted by

Anna-Sophie Wiesinger BSc

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of  
Master of Science (MSc)

Wien, 2020 / Vienna 2020

Studienkennzahl lt. Studienblatt /  
degree programme code as it appears on  
the student record sheet:

A 066 827

Studienrichtung lt. Studienblatt /  
degree programme as it appears on  
the student record sheet:

Masterstudium Anthropologie /  
Master's programme Anthropology

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. MMag. Dr. Sylvia Kirchengast



## **DANKSAGUNG**

Mein erster Dank gilt besonders Frau Univ.-Prof. MMag. Dr. Sylvia Kirchengast, welche mich mit solch einer Hingabe bei der Arbeit betreut hat. Danke, dass Sie mir bei jedem Problem und jeder Frage immer sofort zur Seite standen und mir eine großartige Betreuerin bei meiner Arbeit sowie Professorin während des Studiums waren!

Ich möchte außerdem meinen Freunden und meinem Partner danken, die mir mit einer unendlichen Liebe und Geduld immer zur Seite stehen und mich immer auffangen zu wissen. Ohne euch hätte ich diesen großen Schritt nicht schaffen können!

Zu allerletzt aber dafür einen besonders großen Dank, den man kaum in Worte fassen kann, möchte ich meiner Familie widmen. Mama, Papa, Roli und Oma, ohne euch wäre Manches so viel schwerer gewesen und ich kann nicht beschreiben wie viel mir eure Hilfe, die so selbstverständlich ist für euch ist, bedeutet.



## **EIDESTATTLICHE ERKLÄRUNG**

Ich erkläre hiermit, dass ich diese Arbeit vollständig selbst verfasst habe und keine Quellen oder Mittel ohne Erklärung im Text verwendet habe. Alle Gedanken anderer oder wörtliche Zitate sind deutlich gekennzeichnet.

Diese Arbeit wurde nicht in der gleichen oder einer ähnlichen Version zur Erreichung einer akademischen Note verwendet.

Wien, am 16.02.2020

(Anna-Sophie Wiesinger)



## ABSTRACT

The health of single individuals or even of the whole population can be predicted from body height. This study analyses if the presence of bone porosity and linear enamel defects, as causes of environmental and metabolic stress, result in a retarded body height and whether or not there is a difference between the sexes.

In total, the presence of cribra orbitalia, cribra palatina, cribra cranii and linear enamel hypoplasia was recorded in 51 males and 34 females (from the age category Adultus) in four categories. The long bones of the individuals were measured to calculate body height using predefined formulas. A T-test was used to compare the body heights of the group with lesions and the group without, separated by sex. Significant differences in the frequency of stress characteristics between the sexes were shown using a Chi-square test.

In both sexes, no negative effect on body height was found in the presence of cribra orbitalia, (n= 14; 17,3%), cribra palatina (n= 72; 88,9%), cribra cranii (n=10; 13%) or linear enamel hypoplasia (n=58; 68,2%). Although there is no negative effect on body height in the presence of the stressors, a positive effect on body height in women can be observed in the presence of cribra palatina ( $t(31) = -2,149$ ,  $p = 0,040$ ). Besides the frequency of cribra palatina ( $\chi^2(3) = 18,791$ ,  $p < 0,001$ ), there is also a significant difference between the sexes in the frequency of enamel hypoplasia on some teeth.

The results do not provide a precise conclusion about the health of the Avars of the Csokorgasse, among other reasons because stress often manifests itself differently than expected on the skeleton.



## ZUSAMMENFASSUNG

Anhand der Körperhöhe kann auf die Gesundheit von einzelnen Individuen oder auch der ganzen Population geschlossen werden. Die vorliegende Arbeit untersucht, ob die Anwesenheit von Porositäten am Knochen und lineare Zahnschmelzdefekte, als Ursachen von umweltbedingtem und metabolischem Stress, in einer retardierten Körperendhöhe resultiert und ob es diesbezüglich einen Unterschied zwischen den Geschlechtern gibt.

Insgesamt wurde bei 51 Männern und 34 Frauen, ab der Altersklasse Adultus, die Anwesenheit von Cribra orbitalia, Cribra palatina, Cribra cranii und linearen Schmelzhypoplasien in vier Kategorien aufgenommen und die Langknochen der Individuen gemessen, um die Körperhöhe mit vorgegebenen Formeln zu berechnen. Mittels eines T-Test wurden die Körperhöhen der Gruppe mit Läsionen und jener Gruppe ohne, nach Geschlechtern getrennt, verglichen. Signifikante Unterschiede in der Häufigkeit der Stressmerkmale zwischen den Geschlechtern wurden mit einem Chi-Quadrat-Test aufgezeigt.

Bei beiden Geschlechtern wurde kein negativer Zusammenhang von Cribra orbitalia, (n= 14; 17,3%), Cribra palatina (n= 72; 88,9%), Cribra cranii (n=10; 13%) oder linearen Schmelzhypoplasien (n=58; 68,2%) und der Körperhöhe festgestellt. Obgleich es keinen negativen Zusammenhang zwischen Stressoren und Körperhöhe gibt, kann ein positiver Zusammenhang zwischen Cribra palatina und Körperhöhe von Frauen ( $t(31) = -2,149$ ,  $p = 0,040$ ) beobachtet werden. Neben der Frequenz von Cribra palatina ( $\chi^2(3) = 18,791$ ,  $p < 0,001$ ) gibt es auch in der Häufigkeit von Schmelzhypoplasien an einigen Zähnen einen signifikanten Unterschied zwischen den Geschlechtern.

Anhand der Ergebnisse kann kein eindeutiger Schluss über die Gesundheit der Awaren der Csokorgasse gezogen werden, unter anderem auch deshalb, weil sich Stress oft anders als erwartet am Skelett manifestiert.



# INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG.....	13
1.1	WACHSTUM UND STRESS .....	13
1.2	STRESSPARAMETER AM ZAHN.....	18
1.2.1	Zahnaufbau .....	18
1.2.2	Lineare Schmelzhypoplasien .....	18
1.2.3	Ätiologie .....	20
1.3	STRESSPARAMETER AM KNOCHEN .....	21
1.3.1	Knochenaufbau.....	21
1.3.2	Knochenentwicklung .....	22
1.3.3	Cribrosierungen.....	23
1.3.4	Ätiologie .....	24
1.4	KÖRPERHÖHE.....	26
1.5	FRAGESTELLUNG UND HYPOTHESEN.....	27
2	MATERIAL UND METHODEN.....	28
2.1	MATERIAL .....	28
2.1.1	Die Awaren .....	28
2.1.2	Skelettmaterial .....	29
2.2	METHODEN.....	31
2.2.1	Geschlecht und Sterbealter .....	31
2.2.1.1	Geschlechtsbestimmung .....	31
2.2.1.2	Sterbealtersbestimmung .....	31
2.2.2	Vermessen der Langknochen.....	32
2.2.3	Körperhöhe .....	33
2.2.3.1	Männer .....	33
2.2.3.2	Frauen .....	33
2.2.4	Stressparameter .....	34

	2.2.5 Auswertung .....	35
3	ERGEBNISSE .....	36
	3.1 CRIBROSIERUNGEN .....	37
	3.2 LINEARE SCHMELZHYPOPLASIEN .....	39
	3.3 KÖRPERHÖHE.....	43
	3.3.1 Männer .....	43
	3.3.2 Frauen .....	43
4	DISKUSSION.....	45
	4.1 INTERPRETATION DER ERGEBNISSE .....	45
	4.2 LIMITIERUNGEN .....	50
	4.3 CONCLUSIO .....	52
5	APPENDIX .....	54
	5.1 TABELLENVERZEICHNIS .....	54
	5.2 ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	54
6	LITERATURVERZEICHNIS .....	55

# 1 EINLEITUNG

## 1.1 WACHSTUM UND STRESS

Wachstum ist per Definition ein stufenweises Muster verschiedener altersbedingter Veränderungen, das hauptsächlich durch Größenzunahme und Formdifferenzierung jedes Teils des lebenden Körpers auftritt. Sein wichtigster Aspekt ist die Variation, die auf das kombinierte Zusammenspiel von Erb- und Umweltfaktoren zurückzuführen ist (Ribot & Roberts, 1996).

Das menschliche Wachstum folgt prinzipiell dem für Primaten typische Muster, jedoch stellen die kleinen und wenig entwickelten (altrizialen) Neugeborenen eine Ausnahme dar. Diese *sekundäre Altrizialität* ist charakteristisch für den Menschen. Aufgrund des geringen Entwicklungsstandes bei der Geburt, ergibt sich folgend eine hohe Wachstumsrate, die jedoch bis zum dritten Lebensjahr wieder rasch abnimmt und bis zur Pubertät fällt. Der folgende puberale Wachstumsschub manifestiert sich in einem neuerlichen Wachstumsspur (*peak height velocity*) (Grupe et al., 2012). Während dieses Schubes können europäische Heranwachsende bis zu 8 cm (Mädchen) bzw. 10 cm (Knaben) an Körperhöhe in nur einem Jahr zunehmen (Knußmann, 1996). Anschließend ist wieder eine Abnahme der Wachstumsrate bis zum Abschluss des Wachstums beim Erreichen der Körperendhöhe zu beobachten, die weiblichen Individuen eilen hier den Männern in der Entwicklung deutlich voraus (Grupe et al., 2012).

Der Körper verändert sich jedoch nicht in der gleichen Intensität und Geschwindigkeit, die einzelnen Körperteile wachsen allometrisch. Wenn man die Proportionen eines Erwachsenen mit jenen eines Neugeborenen vergleicht, so entspricht die adulte Kopfhöhe circa dem Zweifachen der Kopfhöhe eines Neugeborenen, die Rumpflänge dem Dreifachen, die Armlänge dem Vierfachen und die Beinlänge dem Fünffachen (Grupe et al., 2012).

Das Wachstum wird im Hypothalamus initiiert, wo das *growth hormone-releasing hormone* (GHRH) gebildet wird. Dieses Peptid spielt eine wesentliche Rolle, da es die Synthese und Sekretion des eigentlichen Wachstumshormones Somatotropin (*growth hormone*, GH) aus dem Hypophysenvorderlappen stimuliert. Somatostatin bildet den Antagonisten für das Hormon. Das GHRH seinerseits wird durch Sexualhormone (Androgene, Östrogene) beeinflusst und ist somit auch an der Ausprägung des Sexualdimorphismus beteiligt. Zum Beginn der Pubertät

wird bei der Reifung der primären Geschlechtsunterschiede die Hypothalamus-Hypophysen-Gonadenachse aktiviert, welche für die Entwicklung und Ausprägung der sekundären Geschlechtsmerkmale verantwortlich ist. Das *gonatropin-releasing hormone* (GnRH) aus dem Hypothalamus stimuliert die Sekretion der Gonatropine *luteinisierendes Hormon* (LH) und *follikelstimulierendes Hormon* (FSH). Durch diese beiden Hormone werden bei den Frauen das Wachstum der Ovarien und die Sekretion von Östrogenen, bei Männern die Sekretion von Androgenen sowie die Produktion von Spermatozoen induziert. Dieser erhöhte Titer von Androgenen und Östrogenen initiiert den puberalen Wachstumsschub. Aber nicht nur in der Pubertät, sondern auch während der ersten beiden Lebensjahre ist der LH- und FSH-Titer besonders hoch und korreliert somit mit der hohen Wachstumsgeschwindigkeit der ersten beiden Lebensjahre (Grupe et al., 2012).

Während des Wachstums hat jedes Kind ein genetisches Potenzial zur Steigerung von Größe und Form, dessen Erlangen von verschiedenen stressbedingten Belastungen, vor allem aber von der Ernährung abhängt (Ribot & Roberts, 1996). Ein gesundes und unter guten Umweltbedingungen aufwachsendes Kind wird ein typisches Reifungs- und Wachstumsmuster aufweisen (WHO).

Diverse Umweltbedingungen können jedoch zu erheblichen Abweichungen dieses Musters führen, so wirken beispielsweise Mangelernährung, Infektionserkrankungen oder auch psychische Deprivation hemmend. Allerdings ist auch zu beachten, dass es offenbar innerhalb des Gesamtprozesses des Wachstums zu zyklischen Ereignissen rascheren oder langsameren Perioden kommt, welche sich im Rahmen von wenigen Wochen (*mini growth spurts*) (Hermanussen et al., 1988), saisonal über Monate (Cole, 1993) oder im zweijährigen Zyklus (Butler et al., 1989) manifestieren. Gesunde Kinder, vorausgesetzt eine der Gesundheit förderliche Umgebung und angemessene Ernährung, zeigen weltweit ein auffallend einheitliches Wachstumsmuster (Grupe et al., 2012).

Anhand der Körperhöhe können somit Parameter, die das Individuum in der Wachstumsphase beeinflusst haben, nachvollzogen werden (Mays et al., 2009). Im erwachsenen Alter beobachtbare Körperhöhenunterschiede haben sich bereits im Alter von vier bis sechs Jahren manifestiert, wenn die Betroffenen bereits im Juvenil- oder Adoleszentenalter sind, haben

störende Effekte sehr viel geringere Auswirkungen, vermutlich ist die genetische Wachstums- und Reifungskontrolle in diesem Lebensabschnitt stärker (Bogin, 1999; Grupe et al., 2012). Nicht nur zwischen Populationen, sondern auch innerhalb sozial stratifizierter Bevölkerungen wirken sich die allgemeinen Lebensumstände messbar auf das Wachstum aus, was eine mehrheitlich positivere Bewertung der hochgewachsenen Statur in westlichen Sozietäten zur Folge hat. Die verbesserten Lebensbedingungen bringen ein ganz bestimmtes Phänomen der Körperhöhe mit sich: den *säkularen Trend*. Die Körperendhöhe im Erwachsenenalter ist gestiegen und der Zeitpunkt der sexuellen Reife tritt früher ein. In Europa konnte dieser Trend bereits über die letzten 150 Jahren beobachtet werden und nach Meredith (1976) ist die Körperhöhe in der späten Kindheit um 1,3 cm pro Dekade, im Adoleszentenalter um 1,9 cm pro Dekade und im Erwachsenenalter um 0,6 cm gestiegen – die geringeren Unterschiede in der Körperendhöhe erklären sich durch die gleichzeitige Vorverlegung der Reife. Durch den sozioökonomischen Einfluss auf Wachstum und Entwicklung und das Faktum, dass der säkulare Trend in Kriegs- bzw. Notzeiten vermindert ist, dürften die verbesserte Hygiene, medizinische Versorgung und Ernährung tatsächlich im Wesentlichen für das Phänomen verantwortlich sein (Grupe et al., 2012). Macintosh et al. (2016) zeigen mit ihrer Studie, dass dieser Trend nicht nur seit den letzten 150 Jahren in Europa auftritt, sondern tatsächlich schon seit dem Übergang von Jäger und Sammler-Kulturen zum Ackerbau (*Neolithische Transition*), denn die Veränderung der Ressourcengegebenheit und somit auch -zugang, bringt eine Veränderung in den Körperproportionen mit sich.

Kulturelle Systeme können einen Puffer gegen einen Teil von umweltbedingten Stressfaktoren bilden, zum Beispiel kann der Mensch Kältestress durch Kleidung und entsprechende Behausung abfedern. Aber durch das System des Zusammenlebens und somit den Grundstein von kulturellem Schutz, kann Stress auch gefördert werden oder erst entstehen. Auch bei günstigen Umweltbedingungen haben Menschen im Allgemeinen immer das Problem des sozialen Stresses. Die Ausbildung von Städten und zu einer punktuell extrem hohen Besiedlungsdichte unterstützt unter anderem eine deutlich erhöhte Übertragbarkeit von Infektionskrankheiten. Äußere Stressoren, denen es gelingt, den kulturellen Puffer zu überwinden, treffen danach auf die individuellen Abwehrkräfte des Einzelnen in einer Bevölkerung. Die Leistungsfähigkeit dieser Abwehrkräfte hängt von einer Reihe von Faktoren, beispielsweise bereits bestehende Belastungen, dem Immunstatus oder der individuellen

genetischen Veranlagung ab. Wird der Widerstand dieser Abwehrkräfte ebenfalls überwunden, kommt es zu physiologischen Störungen, die sich unter anderem am Skelett manifestieren. Andauernde Belastung hat somit auch Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit der gesamten Population und kann so einen Kreislauf hervorrufen, der in der retardierten Gesundheit der Gesamtbevölkerung resultiert, welche sich schließlich in einer durchschnittlich verminderten Körperhöhe äußert (Grupe et al., 2015).

Vergangene und gegenwärtige menschliche Populationen erlebten immer wieder neue Anpassungen an eine sich stark verändernde Umwelt. Für ihr Überleben mussten sie sich an eine relativ breite Palette unspezifischer Stressfaktoren adaptieren, die nicht nur mit der Ernährung (Nahrungszusammensetzung, Existenzverlagerung, jährliche Nahrungsmittelknappheit), sondern auch mit anderen Faktoren (Klima, Infektionen, historische Veränderungen) zusammenhängen. Wachsende Individuen, die am empfindlichsten auf Stress reagieren, sind die ersten Opfer dieser Selektion. Wachstum und Stress, die in Wirklichkeit eng miteinander verbunden sind, sind zentrale Begriffe in der bioanthropologischen Forschung (Ribot & Roberts, 1996).

Endogene und exogene Faktoren beeinflussen die Knochenentwicklung und -funktion eines Individuums während des gesamten Lebens. Die erkennbaren Symptome von Stoffwechsel- und Hormonstörungen können jedoch je nach Alter variieren (Kozlowski & Witas, 2012).

Der Begriff Stress lässt sich aus dem lateinischen *strictus* herleiten, welches man mit Enge, Bedrückung und Not übersetzen kann. In der Medizin und Psychologie stellt Stress eine allgemeine Kennzeichnung von Organismuszuständen der Belastung und von Prozessen der Belastungsbewältigung dar. Das Gleichgewicht störende innere oder äußere Reize können als Stressoren bezeichnet werden und Adaption oder Abwehr zur Folge haben (Fröhlich & Drever, 1987). Stress hat trotz seiner allgemeinen Verwendung mehrere und miteinander verbundene Bedeutungen (Ribot & Roberts, 1996). Die zwei Gruppen von Stressoren, die am häufigsten in Bezug auf Wachstum und Gesundheitszustand in früheren Populationen diskutiert werden, sind Infektionen und Ernährung (Pinhasi & Mays, 2008).

Die Bezeichnung unspezifischer Stressfaktor basiert vor allem auf der bestehenden Beziehung zwischen Mensch und Umwelt, die physischen Einfluss nehmen kann, ohne dass eine eindeutige Ätiologie vorliegt (Pinhasi & Mays, 2008; Ribot & Roberts, 1996).

Das Vorhandensein von dentalen Läsionen, wie beispielsweise Schmelzhypoplasien, zusammen mit der Reduzierung der Körperhöhe wurden als Indikatoren von Ernährungsstress und folglich einer Stoffwechselstörung argumentiert. Daher erweisen sich metrische Analysen am Skelett als sehr nützlich, um eine Erkenntnis über die allgemeinen Lebensbedingungen der menschlichen Populationen in der Vergangenheit zu bekommen (Kozłowski & Witas, 2012).

## 1.2 STRESSPARAMETER AM ZAHN

Zähne sind aufgrund einer Vielzahl an Faktoren von großer Wichtigkeit für Paläontologen und Anthropologen. Im Vergleich zu den anderen Skelettelementen sind Zähne am stärksten resistent gegen chemische und physikalische Destruktion und somit oft das einzige Fragment, das von Skeletten gefunden wird. Neben ihrem häufigen Vorkommen tragen Zähne sehr viel Information über den Menschen, zu dem sie gehören. Sie geben Aufschluss über das Alter, das Geschlecht, über Gesundheit und Ernährung sowie über evolutionäre Beziehungen zu noch vorhandenen und ausgestorbenen Säugetieren (White et al., 2012).

### 1.2.1 Zahnaufbau

Ein Zahn lässt sich in Krone (*Corona*), Hals (*Cervix*) und Wurzel (*Radix*) gliedern und besteht aus drei Hartgeweben. Die Hauptmasse des Zahnes besteht aus Dentin, das im Kronenbereich vom Schmelz (*Enamelum*) und im Wurzelbereich von Zement (*Cementum*) ummantelt wird. Im Bereich des Zahnhalses grenzen Schmelz und Zement aneinander. Das Dentin umgibt die Pulpahöhle, welche von einem weichen Gewebe ausgefüllt ist, der Zahnpulpa. Durch das *Foramen apicis dentis* ziehen Nerven und Gefäße in das Kronenkavum. Die für die Bildung dieser Substanzen verantwortlichen Zellen sind Odontoblasten (Dentin), Ameloblasten (Schmelz) und Zementoblasten (Zement) (Lüllmann-Rauch, 2015).

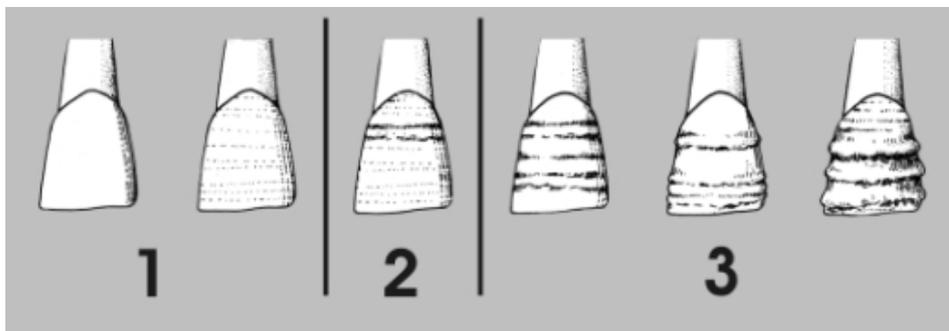
### 1.2.2 Lineare Schmelzhypoplasien

Der Zahnschmelz ist ein einzigartiges Hartgewebe mit einem enorm hohen Mineralisationsgehalt. Die Bildung des Schmelzes erfolgt nur einmal und erstreckt sich von der pränatalen bis zur späten Kindheit. Abgebrochener oder abgeriebener Zahnschmelz kann nach abgeschlossener Kronenbildung nicht mehr nachproduziert werden, da die Zahnschmelz bildenden Zellen durch Apoptose verloren gehen (Guatelli-Steinberg, 2015).

Schmelzhypoplasien sind Defekte im Zahnschmelz, welche erblichen Ursprungs sein können oder einer Entwicklungsstörung oder lokalem Trauma zugrunde liegen. Während lokales Trauma meist nur eine beschränkte Region im Gebiss betrifft, können vererbte und metabolische Anomalien auf allen Zahnkronen auftreten. Diese beiden Defekte sind gut zu differenzieren, denn vererbte Defekte sind schwere, jedoch sehr seltene Anomalien, die alle

Zahnkronen betreffen. Zahndefekte, die durch systematischen, metabolischen Stress ausgelöst werden, kommen wiederum nur an jenen Zähnen vor, die sich zum Zeitpunkt der Belastung in der Entwicklung befunden haben (Goodman & Rose, 1991).

Zahnschmelzdefekte treten in großen Variationen auf, von mikroskopisch kleinen Rillen bis hin zu makroskopisch großen Löchern und multiplen Furchen sowie gänzlich fehlendem Zahnschmelz (Goodman & Rose, 1991). Der häufigste Schmelzdefizit manifestiert sich in Furchen oder Rillen, die sich in Linien um die Zahnkrone herumziehen und wird allgemein als lineare Schmelzhypoplasie bezeichnet (Hillson, 2008) (siehe *Abbildung 1*).



*Abbildung 1: Standard zur Wertung von dentalen Schmelzhypoplasien (vgl. Data Collection Book, 2005)*

Diese Linien sind eine Störung in der Schmelzdicke und resultieren aus einer Beeinträchtigung der Schmelzproduktion oder Amelogenese (Goodman & Rose, 1991). Die Amelogenese gliedert sich in drei Phasen: die Formation einer organischen Matrix, die Mineralisation dieser Matrix und eine Maturationsphase, in der der Zahnschmelz das meiste des organischen Materials verliert (Mays, 2010). An der okklusalen Spitze der Zahnkrone beginnend, bilden Odonto- und Ameloblasten zervikal im fortschreitenden Prozess die Dentin- und Schmelzmatrix (Goodman & Rose, 1991). Die Proteinmatrix der Ameloblasten dient dazu, Material in Form von Mineralien anzunehmen und bildet so die volle Dicke des Zahnschmelzes. Störungen der Ameloblastenfunktion während dieser Phase können also zu unzureichenden Ergebnissen in der Bildung der Schmelzmatrix führen, was in einer Reduktion der Schmelzdicke resultiert – das wesentliche Merkmal von Schmelzhypoplasien (Guatelli-Steinberg, 2015).

Ist ein Individuum nun metabolischen oder umweltabhängigen Stressparametern während eben dieser Zahnschmelzbildung ausgesetzt, kann anhand dieser linearen Schmelzhypoplasien die

genaue Zeitperiode der Belastung angegeben werden, das Dauergebiss gibt aufschlussreiche Informationen vom ersten bis zum siebten Lebensjahr (Mays, 2010).

### **1.2.3 Ätiologie**

Wodurch die Stressfaktoren, die eine Störung der Zahnschmelzbildung verursachen, ausgelöst werden, ist umstritten. Studien zeigen, dass unter anderem Fieber, Darmparasiten, Skorbut, Rachitis, Masern und andere Infektionskrankheiten, allergische Reaktionen, Mangelernährung und vieles mehr, ausschlaggebend sein könnten. Eine Eingrenzung auf einen einzigen Auslöser ist kritisch (Goodman & Rose, 1991; Guatelli-Steinberg, 2015; Hillson, 2008; Mays, 2010; Roberts, 2005).

### 1.3 STRESSPARAMETER AM KNOCHEN

Knochen ist gemeinsam mit Dentin das am höchsten differenzierte Stützgewebe im menschlichen Körper. Durch die Einlagerung von anorganischem Material entsteht die Festigkeit gegen Druck, Zug, Biegung und Torsion. Knochen stellt den größten Speicher des Körpers für Kalzium und Phosphat dar, deren Ein- und Abbau durch Hormone geregelt werden. Dieser Ab- und Umbau ist ein normaler und konstanter Prozess im Knochen, verschiebt sich dieses Gleichgewicht, entstehen pathologische Veränderungen am Knochen (Lüllmann-Rauch, 2015).

#### 1.3.1 Knochenaufbau

Der fötale Knochen wird von Geflechtknochen gebildet, ein temporäres Knochengewebe, bei dem die Kollagenfasern nicht speziell zu den ernährenden Gefäßen orientiert sind. Im ersten Lebensjahr wird der Geflechtknochen durch Lamellenknochen ersetzt. Beim Menschen kommt Geflechtknochen also hauptsächlich bei der Knochenentwicklung vor, aber auch im erwachsenen Individuum kann diese Knochenart an bestimmten Stellen des Schädels oder bei der Knochenheilung gefunden werden (Lüllmann-Rauch, 2015). So beispielsweise als Antwort auf Krankheit oder Verletzung, als Entzündungsreaktion, bei Tumorbildung oder Frakturenheilung (Mays, 2010).

Durch seine grobe und poröse Erscheinung kann er gut vom Lamellenknochen, welcher stärker aufgebaut ist und die Grundstruktur von kortikalen und trabekulären Knochen bildet, unterschieden werden (Mays, 2010).

Der Lamellenknochen ist charakterisiert durch den schalenartigen Aufbau parallel verlaufender Kollagenfaserbündel. Die einzelnen Schalen bzw. Schichten bestehen aus 3 bis 10 µm dicken Lamellen, die konzentrisch um die ernährenden Blutgefäße ausgerichtet sind. Diese Struktur wird am deutlichsten in den Wänden der Röhrenknochen, wo sie den kortikalen Knochen bilden (*Substantia compacta*) (Lüllmann-Rauch, 2015).

Die außen liegende Knochenhaut (*Periosteum*) ummantelt die Wand des Knochens (*Substantia compacta*), die in ein System von Knochenbälkchen übergeht, den trabekulären Knochen (*Substantia spongiosa*). Die *Substantia compacta* bildet den festen und dichten Knochen, der an den Diaphysen der Langknochen seine maximale Dicke erreicht. Im Gegensatz dazu ist die *Substantia spongiosa* poröser mit einer wabenartigen Struktur und kann an den Enden der

Langknochen sowie im Inneren der anderen Knochen gefunden werden. Die *Substantia spongiosa* ist ein Schwammwerk feiner Knochenbälkchen, in dessen Maschen sich das blutbildende (rote) Knochenmark befindet. Im Schaft von Röhrenknochen fehlt dieses rote Knochenmark, denn hier sitzt im adulten Knochen das gelbe Fettmark (Lüllmann-Rauch, 2015).

Die spongiöse Struktur, die im Schädelknochen sowohl innen als auch außen von kortikalen Schichten umgeben ist, wird auch Diploë genannt (Mays, 2010).

### **1.3.2 Knochenentwicklung**

Knochen entstehen aus embryonischem Gewebe, dem Mesenchym. Mesenchym kann direkt ossifizieren (desmale Ossifikation) oder es wird von einer Knorpelsubstanz ersetzt, welche dann verknöchert (chondrale Ossifikation). In beiden Fällen wird zuerst Geflechtknochen gebildet, der mit wenigen Ausnahmen dann zu Lamellenknochen umgebildet wird (Lüllmann-Rauch, 2015).

Bei der desmalen Ossifikation differenzieren sich die Mesenchymzellen zu Osteoblasten, die eine unverkalkte Grund- oder Interzellulärschicht (Osteoid) ausscheiden. Durch die Ausscheidung mauern sich die Osteoblasten selbst ein und werden zu Osteozyten, das Osteoid wird durch die Einlagerung von Kristallsalzen zum Knochen. So entstehen die Deckenknochen des Schädeldaches und des Gesichts sowie die Claviculae (Lüllmann-Rauch, 2015).

Bei der chondralen Ossifikation entsteht aus dem Mesenchym ein vorgeformtes Modell des späteren Knochens aus hyalinem Knorpel. Dieser Knorpel wird später abgebaut und in gleichem Umfang durch Knochen ersetzt. Die Ossifikation nimmt ihren Ausgang von Ossifikationszentren, die genau zu bestimmten Zeitpunkten auftreten, dadurch lässt sich beispielsweise das Alter eines Kindes bzw. Fötus mit Röntgenaufnahmen feststellen. Der Ersatz des ursprünglich knorpeligen Gewebes erfolgt teilweise von innen (enchondrale Ossifikation) und teilweise von außen (perichondrale Ossifikation) (Lüllmann-Rauch, 2015).

Beim Röhrenknochen unterscheidet man zwischen Diaphyse (Schaft) und Epiphysen (Enden), zwischen denen sich bei Jugendlichen der Epiphysenknorpel (Epiphysenfuge) befindet, welcher die Zone des Längenwachstums darstellt. Die Epiphysenfuge bleibt bis zum Abschluss des Längenwachstums (21. bis 23. Lebensjahr) offen, sie besteht vor Abschluss des Wachstums aus Knorpel, der dann durch Knochen ersetzt wird (Lüllmann-Rauch, 2015). Die

Abfolge der Epiphyenschlüsse im Körper sind relativ konstant, weswegen diese eine gute Methode zur Altersdiagnose bieten, jedoch können eine Reihe von Umwelteinflüssen, wie beispielsweise Ernährungs- oder Gesundheitszustand, auf den Zeitpunkt der Verknöcherung einwirken (Grupe et al., 2015).

### 1.3.3 Cribrosierungen

Cribræ cranii werden in der Literatur auch als porotische Hyperostose bezeichnet (Ortner, 2003). Hierbei handelt es sich um poröse Stellen an der externen Oberfläche des Schädelknochens (*Lamina externa*), häufig treten diese löchrigen Strukturen an den Ossa parietale auf.

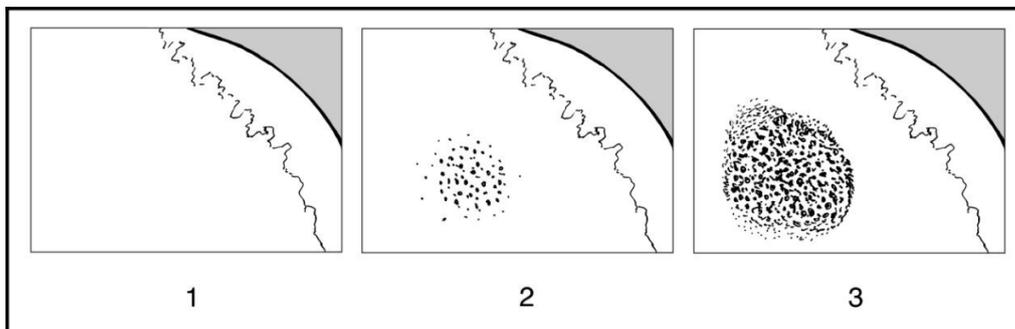


Abbildung 2: Standard zur Wertung von Cribræ cranii (vgl. Data Collection Codebook, 2005)

Sind diese feinen, porösen Läsionen an der Oberseite der Orbitæ präsent, werden sie als Cribræ orbitalia bezeichnet.

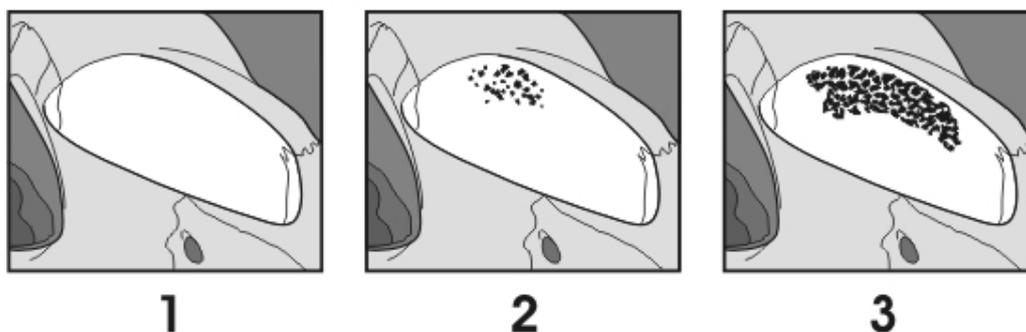


Abbildung 3: Standard zur Wertung von Cribræ orbitalia (vgl. Data Collection Codebook, 2005)

Am harten Gaumen, der inferioren Oberfläche des Processus palatinus, können neben den anatomischen Foramina auch pathologische Löcher und Feinporositäten beobachtet werden. Hierbei handelt es sich um Cribra palatina.

Die Porosität des äußeren Knochens resultiert meistens aus einer Hyperostose der Diploë, was zu einer Reduktion der darüber liegenden Knochenschichten führt (Ortner, 2003).

#### **1.3.4 Ätiologie**

Die häufigste Pathogenese dieser Läsion ist ein Anreiz durch Anämie, den Raum für hämatopoetisches Mark zu vergrößern. Anämie ist die Beeinträchtigung der Sauerstoff-Transportfunktion von roten Blutzellen zum Gewebe. Das kann Folsäure-, Eisen- oder Vitamin B12- Mangel zugrunde liegen (Mays, 2010). Obwohl Eisenmangel als gängige Ursache anerkannt ist, zeigen neuere Studien, dass Vitamin B12-Mangel nicht unterschätzt werden sollte (Walker et al., 2009).

Die Porosität tritt jedoch auch bei anderen Mangelerkrankungen (Rachitis und Skorbut) und unspezifischen Infektionen auf, wobei bei fortgeschritteneren Fällen unterschiedliche pathologische Erscheinungsformen ohne Verdickung der Diploë auftreten können. Chronische Blutungen im Schädelbereich, verursacht durch Skorbut, werden durch kleine Traumata in den Blutgefäßen verursacht und können das Periost aktivieren schnell Knochen zu bilden. Bei solch schnell gebildetem Gewebe handelt es sich um Geflechtknochen, welcher dem Knochen, der bei Knochenmarksexpansion durch Anämie gebildet wird, in der Erscheinungsform gleicht. Zunächst beschränkt sich der neu gebildete poröse Knochen nur auf die Oberfläche, aber mit der Zeit wird sich dieser remodellieren und Gefäßbahnen durch das kortikale Gewebe führen. So können die Spätstadien der Knochenveränderungen durch Anämie und Skorbut zumindest in ihrer Morphologie sehr ähnlich sein. Ein wichtiger beschreibender Unterschied ist, ob die Hyperostose das Ergebnis einer Markhyperplasie oder einer oberflächlichen Vergrößerung auf der Knochenoberfläche (Ortner, 2003).

Diese porösen und verdünnten äußeren Schädelknochen sind daher das Ergebnis einer komplexen Ätiologie, die wahrscheinlich mit verschiedenen Faktoren und nicht nur mit Ernährungsmangel zusammenhängen (Ribot & Roberts, 1996).

Vor allem Cribra palatina werden in der Literatur meist auf Skorbut zurückgeführt (Ortner, 2003) und erhöhte Frequenzen von Cribra orbitalia wurden vor allem in sesshaften

Populationen mit hoher Bevölkerungsdichte und großer pathogener Belastung gefunden (Allmäe & Limbo, 2010; Obertova & Thurzo, 2008).

Porotische Hyperostose kommt bei Kindern im Allgemeinen häufiger vor als bei erwachsenen Individuen. Dieses Phänomen resultiert daraus, dass bei Kindern jeder Zentimeter vom Knochenmark für die Produktion roter Blutzellen benötigt wird. Unter anämische Konditionen überschreiten die Bedürfnisse nach Blutzellen-bildenden Knochenmark das zur Verfügung stehende Volumen enorm. Erwachsenen Individuen steht hierfür mehr Knochenmark zur Verfügung, sodass der Knochen weniger leicht von Anämie betroffen ist. Hinzu kommt, dass bei Adulten der Trabekelknochen des Schädels nicht mehr primäre Produktionsstätte für rote Blutzellen ist. Läsionen an der Schädeldecke sind somit eher Resultate von Krankheiten in der Kindheit (Walker et al., 2009).

## 1.4 KÖRPERHÖHE

Das Messen von Langknochenlängen als Indikator für die Körperhöhe gehört zum Standardrepertoire morphologischer Untersuchungen (Grupe et al., 2015). Langknochenlängen haben das regelmäßigste Verhältnis zur Stehhöhe und sind somit die verlässlichste Basis für mathematische Berechnungen der Körperhöhe (Mays, 2010). Viele Studien beschäftigen sich mit Wertigkeiten der einzelnen Knochen. Das Längenmaß des Femurs ist allgemein als beste Variable anerkannt und die oberen Extremitäten sollten den unteren nachgestellt werden, diese Rahmenbedingungen gelten für beide Geschlechter im gleichen Maße (Nath & Badkur, 2002). Da sich die Geschlechter in ihren Körperproportionen und Knochendimensionen (Nath & Badkur, 2002) unterscheiden, sind auch unterschiedliche Formeln zur Berechnung der Körperhöhe notwendig (Mays, 2010).

## 1.5 FRAGESTELLUNG UND HYPOTHESEN

Anhand der vorliegenden Literatur und bisher durchgeführten Studien, bei deren Resultate eine Reduktion der Körperhöhe bei der Anwesenheit von Stressindikatoren nachgewiesen wird, werden folgende Hypothesen und theoretische Ansätze für diese Studie aufgestellt:

- a) Stressparameter an Skelett und Zähnen sind mit einer geringeren Körperhöhe reduziert
- b) die Assoziation Stressparameter und geringere Körperhöhe variiert zwischen den Geschlechtern
- c) es gibt einen Unterschied zwischen den Geschlechtern in der Häufigkeit der Stressmerkmale

## **2 MATERIAL UND METHODEN**

### **2.1 MATERIAL**

#### **2.1.1 Die Awaren**

Trotz des prägnanten Sachverhaltes, dass die vor allem als Steppen- und Reitervolk benannte Population einen heute immer noch verwendeten Gebrauchsgegenstand mit sich brachte, den Steigbügel, sind nur wenige Völker, die am Übergang zwischen Antike und Mittelalter die Geschichte Europas bestimmten, so unbekannt geblieben wie die Awaren (Pohl, 2002).

Grefen-Peters (1987) fasst die Historie der Awaren aus mehreren verlässlichen Quellen (Avenarius, 1974; Bona, 1971; Daim, 1977; Deer, 1965; Grousset, 1975) zusammen:

Dass die Herkunft der Awaren oder zumindest ein Zentralkern des Stammes aus Zentralasien stammt, ist heute nicht mehr umstritten, jedoch ob diese mit einem anderen Stamm, den Zuan-Zuan, oder eigenständig nach Osten zogen, wird unter Archäologen und Historikern stark diskutiert. Aus der Literatur geht jedenfalls hervor, dass die Awaren 557 n.Chr. um die Aufnahme in das byzantinische Reich baten. Zwischen 558 n.Chr. und 568 n.Chr., im Dienst der Byzantiner, war Ostrom der Auftraggeber der Awaren und es kam durch den westlichen Vorstoß zum Zusammentreffen mit den Franken. Die Awaren dürften bei diesem Zug nach Westen kein homogener Stamm gewesen sein, vielmehr ist davon auszugehen, dass durch diverse Landnahmen einzelne Stammesgruppen und andere Fremdelemente in ihre Gefolgschaft mit aufgenommen wurden.

Das Jahr 568 n.Chr. sollte als eines der wenigen „Epochenjahren“ der europäischen Frühgeschichte schreiben, denn durch die Zerstörung des Gepidenreichs durch die Awaren, besetzen diese den zentralen und östlichen Teil des Karpatenbeckens. Die politische Landschaft veränderte sich noch mehr, als die Langobarden zeitgleich nach Italien abzogen und die Awaren somit auch Pannonien übernahmen und dadurch bis zur Enns herrschten.

Die folgende Zeit nach dieser Landnahme entfalteten die Awaren ihre Macht und führten zahlreiche Kriegszüge gegen das inzwischen verfeindete Byzantinische Reich. Im Jahr 626 n.Chr. kam es jedoch zu einer großen Niederlage beim Versuch Konstantinopel einzunehmen.

Das awarische Siedlungsgebiet wird zur „Mittelawarenzeit“ (ca. 640 – 730 n.Chr.) auf die Kleine Ungarische Tiefebene, das Wiener Becken und die Südslowakei weiter ausgedehnt und zahlreiche Gräberfelder belegen die starke Zunahme der damit einhergehenden Bevölkerungsdichte (Leobersdorf, Mödling – Goldene Stiege, Sommerein, Wien – Csokorgasse). Historiker gehen, trotz fehlender Literatur aus dieser Zeit, davon aus, dass dies eine sehr friedliche Epoche war.

Zu Beginn der „Spätawarenzeit“ (700/ 730 n.Chr.) sind weitere Siedlungsschübe erkennbar, beispielsweise im südlichen Niederösterreich (Zwölfaxing), nördlich der Donau (Mistelbach, Schönkirchen) und im südmährischen Gebiet.

Das Ende der Awarenherrschaft (791 – 803 n.Chr.) brachte die Niederlage gegen Karl den Großen und seinem Heidenkriegszug mit sich. 822 n.Chr. erschien die letzte awarische Gruppe in Frankreich, jedoch führte ein gewaltiger Slaweneinstrom innerhalb kurzer Zeit zum Untergang der awarischen Identität.

Auch wenn die Literatur und historischen Erzählungen nur Eckpunkte der Awarenzeit wiedergeben, bietet der Totenkult viel Information über das Leben der Awaren. Die umfangreichen Gräberfelder zeugen von größeren, dörflicheren Ansiedlungen und einer bäuerlichen Lebensweise mit Viehzucht. Handwerk und Handel dürften eine ebenso große Rolle im awarischen Leben gespielt haben, denn kunstvolle Goldschmiede- und Bronzegussarbeiten, aus eigenen Werkstätten, aber auch Importgut, bezeugen dieses.

Gräber von vornehmen Kriegerern enthalten gelegentlich ihre Pferde, jedenfalls aber ihre reich geschmückte Tracht und prunkvolle Waffen, auch Frauen trugen oft ebenso reichen Schmuck (Pohl, 2002).

### **2.1.2 Skelettmaterial**

Das awarenzeitliche Gräberfeld in der Csokorgasse, im 11. Wiener Gemeindebezirk, wurde 1976 – 1977 im Rahmen einer Notgrabung ausgehoben. Das Nordwest-Südost ausgerichtete, oval gezogene Gräberfeld barg 705 Gräber mit insgesamt 755 Skeletten (Großschmidt, 1990). Das Gräberfeld der Csokorgasse kann in drei Zeitepochen (Früh-, Mittel- und Spätawarenzeitlich) gegliedert werden und trotz einer scheinbar homogenen Verteilung der festgestellten krankhaften Veränderungen in den einzelnen Zeitstufen, kann mit einiger Vorsicht eine leichte Häufung von Affektionen in der mittelawarenzeitlichen Phase der Besiedelung verwiesen werden. Die mittelawarenzeitliche Periode kann als Phase der erhöhten

Belastungen bezeichnet werden, in deren Folge es in der spätawarenzeitlichen Zeit zur Abnahme des die Population betreffenden Stresses gekommen ist (Großschmidt, 1990).

Für die vorliegende Studie wurden vorab, anhand von Aufzeichnungen von Herrn Karl Großschmidt (Großschmidt, 1990), Skelette mit zumindest einem vollständig erhaltenen Langknochen und Cranii mit zumindest einer gut erhaltenen Region (Orbita, Os parietale, Processus palatinus, Zähne) ausgewählt, um eine Körperhöhenermittlung und das Beurteilen von Stressmerkmalen zu garantieren.

Das Sample setzt sich aus insgesamt 85 Individuen zusammen: 51 männliche und 34 weibliche Subjekte.

Die zur Berechnung der Körperhöhe benötigten Maximallängen wurde bei 48 rechten (21 weiblich, 27 männlich) und 40 linken (17 weiblich, 23 männlich) Femura, bei 66 rechten (26 weiblich, 40 männlich) und 60 linken (25 weiblich, 35 männlich) Tibiae, bei 16 rechten (5 weiblich, 11 männlich) und 18 linken (6 weiblich und 12 männlich) Humeri und bei 40 rechten (11 weiblich, 29 männlich) sowie 51 linken (17 weiblich, 34 männlich) Radii aufgenommen. Ulnae und Fibulae wurden aufgrund von Empfehlungen aus der Literatur und deren großen Variabilität exkludiert.

## **2.2 METHODEN**

### **2.2.1 Geschlecht und Sterbealter**

Sowohl das Geschlecht als auch das Sterbealter wurden von der bereits durchgeführten Befundung der Skelette (Großschmidt, 1990) übernommen, welche anhand folgend angeführten Aufnahmemethoden bestimmt wurden.

#### **2.2.1.1 Geschlechtsbestimmung**

Das Geschlecht wurde mittels der morphologischen Merkmale nach Ascadi & Nemeskeri (1970) und Ferembach et al. (1979) beurteilt. Laut Großschmidt (1990) wurden vor allem Robustizitätsmerkmale (beispielsweise Kalottendicke, Zahngröße, distale Epiphysendicken, etc.) und Formmerkmale wie die Ausprägung der *Glabella*, des *Processus mastoideus*, der *Incisura ischiadica major*, etc. berücksichtigt. Bei Individuen, die der Sterbealtersklasse Spätjuvenil oder jünger zugeordnet wurden, konnte kein Geschlecht beurteilt werden, da die verwendete morphologisch-typologische Methode keine zuverlässigen Ergebnisse liefert.

Für die vorliegende Arbeit wurden nur Individuen ausgewählt, die bei der Erstbefundung von Großschmidt (1990) einem Geschlecht zugeordnet werden konnten.

#### **2.2.1.2 Sterbealtersbestimmung**

Das Sterbealter bei adulten Individuen wurde laut Großschmidt (1990) anhand der Abrasion der Molaren nach Miles (1963) und Brothwell (1981) sowie Ossifikationsmerkmalen beurteilt. Dafür wurden der Verschluss der *Synchondrosis sphenoccipitalis* (Martin & Saller, 1957) und der *Facies articularis sternalis clavicularae* (Szilvassy, 1977; Todd & D'Errico, 1928) bewertet sowie die Altersveränderungen am *Caput femoris* (Hansen, 1953; Nemeskeri et al., 1960) und an der *Facies symphysealis pubis* erfasst. Letztere wurde nach der Komponentenmethode von McKern & Stewart (1957), nach der kombinierten Methode von Nemeskeri et al. (1960) und nach Todd (1920) aufgenommen. Die ekto- und endokraniellen Obliterationszustände der Schädelnähte konnten mittels mehrerer Schemata (Broca, 1861; Olivier, 1960; Perizonius, 1984; Vallois, 1937) festgestellt werden.

Das Sterbealter wurde anhand spezifizierter Klassen beschrieben, wobei für die vorliegende Arbeit nur Individuen ab der Altersklasse *Adultus* ausgewählt wurden, um die Rahmenbedingungen der kleinen Stichprobe zu vereinheitlichen.

<b>Fetus</b>	3. – 10. Lebensmonat
<b>Neonatus</b>	0. – 0.3 Lebensjahr
<b>Infans I</b>	0. – 6. Lebensjahr
<b>Infans II</b>	7. – 12. Lebensjahr
<b>Juvenis</b>	13. – 18. Lebensjahr
<b>Adultus</b>	19. – 40. Lebensjahr
<b>Maturus</b>	41. – 60. Lebensjahr
<b>Senilis</b>	61. – X. Lebensjahr

### 2.2.2 Vermessen der Langknochen

Die Länge der Knochen wurde mittels eines Knochenmessbretts in Zentimeter ermittelt. Die maximale Länge wurde anhand der jeweils angegeben Punkte an folgenden postkranialen Knochen in der Messweise nach Brothwell (1981) erhoben:

**Femur:** proximales Ende des *Caput femoris* zum distalen Ende des *Condylus medialis* – die posteriore Seite (*Linea aspera*) muss dem Knochenmessbrett zugewandt sein

**Tibia:** proximales Ende des *Condylus lateralis* zum distalen Ende des *Malleolus medialis* – die posteriore Seite des Knochens muss dem Knochenmessbrett zugewandt sowie die Längsachse des Knochens parallel zur Längsachse des Bretts sein

**Humerus:** proximales Ende des *Caput humeri* zum distalen Ende der medialen Kante der *Trochlea humeri* – der Kopf des Knochens wird gegen die Senkrechte des Brettes gelegt und das andere Ende des Knochenmessbretts senkrecht zum distalen Knochenende

**Radius:** proximales Ende des *Caput radii* zum distalen Ende des *Processus styloideus radii* – Messmethode wie beim Humerus

### 2.2.3 Körperhöhe

Alle vollständig vorhandenen Langknochen eines Individuums wurden in Zentimeter mittels eines Knochenmessbretts zweimal gemessen und der Mittelwert der beiden Messungen wurde als Variable zur Berechnung der Körperhöhe herangezogen.

Die Körperhöhe wurde für männliche und weibliche Skelette mit je einer geeigneten Formel berechnet.

#### 2.2.3.1 Männer

Die Körperhöhe der männlichen Skelette wurde anhand der Formel für adulte männliche Individuen (Breitinger, 1937) eruiert:

$$\begin{array}{lll} \text{Körperhöhe} = & 83,21 + 2,715 * \text{Humerus} & \pm 4,9 \text{ cm} \\ & 97,00 + 2,968 * \text{Radius} & \pm 5,4 \text{ cm} \\ & 94,31 + 1,645 * \text{Femur} & \pm 4,8 \text{ cm} \\ & 95,59 + 1,988 * \text{Tibia} & \pm 4,7 \text{ cm} \end{array}$$

War bei einem Individuum nur ein Knochen pro Knochentyp vorhanden, so wurde diese Messung direkt in die Formel eingesetzt. War sowohl der rechte als auch der linke Knochen vorhanden, so wurde der Mittelwert der beiden Messungen in die Formel eingesetzt, wie in der Literatur (Trotter & Gleser, 1952) empfohlen.

War im besten Fall mindestens eine Seite von mindestens zwei Knochentypen vorhanden, so ergaben sich auch dementsprechend viele Körperhöhen, wovon der Mittelwert als endgültige Körperhöhe herangezogen wurde.

#### 2.2.3.2 Frauen

Die Berechnung der Körperhöhen erwachsener weiblicher Individuen erfolgte nach folgender Formel (Bach, 1965):

<b>Körperhöhe</b>	=	98,38 + 2,121 * Humerus	± 3,9 cm
		116,89 + 1,925 * Radius	± 4,5 cm
		106,69 + 1,313 * Femur	± 4,1 cm
		95,91 + 1,745 * Tibia	± 3,9 cm

Die Rahmenbedingungen der Berechnung waren dieselben wie bei der Eruiierung der männlichen Körperhöhen.

#### 2.2.4 Stressparameter

Entsprechend der Ausprägungsvielfalt von *Cribrā orbitalia* gibt es viele verschiedene Vorschläge zur Einteilung und Befundung der Läsionen, die jedoch relativ willkürlich und deskriptiv ohne medizinisch bzw. diagnostisch relevanten Hintergrund sind. Deshalb erfolgte die Aufnahme der Stressmerkmale nach der Empfehlung des *Data Collection Book* (Steckel et al., 2005). Hier wird jedes Stressmerkmal in vier Kategorien geteilt, welche klar definiert sind und wenig subjektiven Spielraum bei der Aufnahme lassen. Bei den *Cribrōsierungen* am Schädel wurde der Fokus der Kategorie auf die Größe der Ausprägung gelegt, d.h. wie viel Fläche die Läsion einnimmt:

##### ***Cribrā cranii*, *Cribrā orbitalia*, *Cribrā palatina***

- 0 = die Region ist nicht vorhanden oder nicht beurteilbar
- 1 = die Region ist vorhanden, Stressmerkmale sind nicht präsent
- 2 = das Stressmerkmal ist vorhanden und nimmt eine Fläche von < 1 cm ein
- 3 = das Stressmerkmal ist vorhanden und nimmt eine Fläche von > 1 cm ein

Bei dem Stressmerkmal am Zahn werden die vier Klassen anhand der beurteilbaren Anzahl der Schmelzdefekte in Form von Linien eingeordnet. Von der oft empfohlenen Methode nach Grupe et al. (2015), die Zähne noch jeweils in drei Teile (oberer, mittlerer und unterer Bereich) zu teilen und in jedem dieser Bereiche die Linienanzahl extra aufzunehmen, wurde abgesehen.

Es wurden die insgesamt und deutlich erkennbaren Linien am gesamten Zahn beurteilt und nach Anzahl der vorkommenden Läsionen kategorisiert:

### **Lineare Schmelzhypoplasien**

0	=	der Zahn ist nicht vorhanden oder nicht beurteilbar
1	=	der Zahn ist vorhanden, Schmelzhypoplasien sind nicht präsent
2	=	1 hypoplastische Linie vorhanden
3	=	2 oder mehr hypoplastische Linien vorhanden

Die linearen Schmelzhypoplasien wurden an allen Zähnen (ausgenommen sind dritte Molaren) einzeln aufgenommen.

### **2.2.5 Auswertung**

Die Auswertung erfolgte mit dem Statistikprogramm IBM SPSS Statistics 26.0.

Hierfür wurden nur adulte Skelette (Sterbealtersklassen Adultus bis Senilis) herangezogen, nach Geschlecht getrennt und deren Körperhöhe auf Normalverteilung sowie Signifikanz hinsichtlich des Sexualdimorphismus getestet.

Innerhalb der Geschlechtergruppen wurde anschließend mittels eines T-Tests untersucht, ob sich das Vorhandensein eines Stressmerkmals (unabhängig der Ausprägungsstärke) negativ auf die Körperhöhe auswirkt.

Zusätzlich wurde mit Chi-Quadrat-Tests untersucht, ob es signifikante Unterschiede bei der Häufigkeit der Stressmerkmale zwischen den Geschlechtern gibt.

### **3 ERGEBNISSE**

Das untersuchte Sample setzt sich aus insgesamt 85 Individuen zusammen, 51 Männern und 34 Frauen.

Insgesamt kommen Criba orbitalia bei 14 Individuen (17,3%) vor, bei neun Männern (17,6%) und fünf Frauen (14,7%). Criba palatina können bei 72 Individuen (88,9%) beobachtet werden, davon 46 Männer (95,8%) und 26 Frauen (78,8%). Zehn Individuen (13%) weisen Criba cranii oder porotische Hyperostose auf, sechs (12,8%) davon sind Männer und vier Frauen (13,3%). Lineare Schmelzhypoplasien kommen bei 58 Individuen (68,2%) vor, bei 36 Männern (81,8%) und 22 Frauen (81,5%).

### 3.1 CRIBROSIERUNGEN

Die Ergebnisse der Chi-Quadrat-Tests für den Vergleich der Häufigkeiten zwischen den Geschlechtern ergeben sich aus *Tabelle 1*.

Die Kategorie 0 (die Region ist nicht vorhanden oder nicht beurteilbar) wurde bei der Berechnung nicht berücksichtigt und somit sind nur die Kategorien 1 bis 3 ausgewiesen. Die Häufigkeiten sind sowohl in absoluten Zahlen als auch prozentual, nach Geschlechtern getrennt, angegeben.

*Tabelle 1*

*$\chi^2$ -Test: Häufigkeiten der Cribrosierungen und Vergleich der Geschlechter*

Cribrosierung	Männer						Frauen						Vergleich zw. Geschlechtern ( $\chi^2$ )
	keine Cribra		Cribra < 1cm		Cribra > 1cm		keine Cribra		Cribra < 1cm		Cribra > 1cm		
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	
Cribra palatina	n<5	n<5	23	45,1%	23	45,1%	7	20,6%	24	70,6%	n<5	n<5	$\chi^2(3) = 18,791, p < 0,001, \phi = 0,001$
Cribra orbitalia	40	78,4%	9	17,6%	0	0,0%	27	79,4%	5	14,7%	0	0,0%	$\chi^2(2) = 0,276, p = 0,871, \phi = 0,871$
Cribra cranii	41	80,4%	5	9,8%	n<5	n<5	26	76,5%	n<5	n<5	n<5	n<5	$\chi^2(3) = 1,643, p = 0,650, \phi = 0,650$

*Notiz: Häufigkeitsverteilungen von Cribra palatina, orbitalia und cranii in absoluten Zahlen und Prozent sowie Ergebnisse des  $\chi^2$ -Tests, um den Unterschied zwischen den Geschlechtern darzustellen.*

Wie in der Tabelle ersichtlich, gibt es beim Vorkommen von Cribra palatina zwischen den Geschlechtern einen hoch signifikanten Unterschied ( $\chi^2(3) = 18,791, p < 0,001$ ). Orbitae ohne Läsionen kommen bei den Männern weniger als fünfmal vor und bei den Frauen siebenmal (20,6%). Auffallend ist hier außerdem die hohe Frequenz der leichten (n= 23, 45,1%), wie auch starken Ausprägung (n= 23, 45,1%) bei den Männern, die sich gleich verteilt. Bei 24 Frauen kommt die leichte Ausprägung des Stressmerkmals vor (70,6%) und die starke Ausprägung weniger als fünfmal, weswegen diese Kategorie nicht mittels eines Chi-Quadrat-Test ermittelt werden konnte.

Ein signifikanter Unterschied in der Häufigkeit von Cribra orbitalia zwischen den Geschlechtern konnte nicht festgestellt werden ( $\chi^2(2) = 0,276, p = 0,871$ ). Die leichte Ausprägung des Stressmerkmals kommt bei neun Männern (17,6%) und bei fünf Frauen (14,7%) vor und die starke Ausprägung kann bei keinem Individuum beobachtet werden. Bei 40 Männern (78,4%) und bei 27 Frauen (79,4%) können Orbitae ohne Läsionen beobachtet werden.

In der Häufigkeit von Cribra cranii gibt es keinen signifikanten Unterschied zwischen Männern und Frauen ( $\chi^2(3) = 1,643, p = 0,650$ ). Bei den Männern kommt die leichte Ausprägung genau fünfmal (9,8%) und die starke weniger als fünfmal vor. Bei den Frauen kommen beide Stärken des Stressmerkmals weniger als fünfmal vor. Bei beiden Geschlechtern überwiegt eine gesunde Region ohne Läsionen.

### 3.2 LINEARE SCHMELZHYPOLASIEN

Die folgende Tabelle zeigt die Häufigkeitsverteilungen der Schmelzdefekte in den Kategorien 1 bis 3 an den einzelnen Zähnen pro Kieferquadrant in Prozent, absoluten Zahlen sowie nach Geschlechtern getrennt.

*Tabelle 2*

*$\chi^2$ -Test: Häufigkeiten der linearen Schmelzhypoplasien und Vergleich der Geschlechter*

Zahn	Männer						Frauen						Vergleich zw. Geschlechtern ( $\chi^2$ )
	keine hypoplastische Linie		1 hypoplastische Linie		> 1 hypoplastische Linie		keine hypoplastische Linie		1 hypoplastische Linie		> 1 hypoplastische Linie		
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	
M2 o.r.	12	40,0%	18	60,0%	0	0,0%	12	54,5%	10	45,5%	0	0,0%	$\chi^2(1) = 1,081, p = 0,299, \phi = 0,299$
M1 o.r.	13	43,3%	18	56,7%	0	0,0%	16	61,5%	9	34,6%	1	3,8%	$\chi^2(2) = 3,504, p = 0,173, \phi = 0,173$
P4 o.r.	22	75,9%	7	24,1%	0	0,0%	8	47,1%	9	52,9%	0	0,0%	$\chi^2(1) = 3,290, p = 0,048, \phi = 0,048$
P3 o.r.	15	65,2%	7	30,4%	1	4,3%	10	43,5%	13	56,5%	0	0,0%	$\chi^2(2) = 3,800, p = 0,150, \phi = 0,150$
C o.r.	15	55,6%	10	37,0%	2	7,4%	9	45,0%	4	20,0%	7	35,0%	$\chi^2(2) = 5,938, p = 0,051, \phi = 0,051$
I2 o.r.	18	85,7%	3	14,3%	0	0,0%	9	42,9%	9	42,9%	3	14,3%	$\chi^2(2) = 9,000, p = 0,011, \phi = 0,011$
I1 o.r.	14	73,7%	2	10,5%	3	15,8%	7	43,8%	2	12,5%	7	43,8%	$\chi^2(2) = 3,703, p = 0,157, \phi = 0,157$
I1 o.l.	13	76,5%	1	5,9%	3	17,6%	6	37,5%	4	25,0%	6	37,5%	$\chi^2(2) = 5,354, p = 0,069, \phi = 0,069$
I2 o.l.	18	85,7%	3	14,3%	0	0,0%	8	53,3%	4	26,7%	3	20,0%	$\chi^2(2) = 6,160, p = 0,046, \phi = 0,046$
C o.l.	12	40,0%	12	40,0%	6	20,0%	13	56,5%	5	21,7%	5	21,7%	$\chi^2(2) = 2,126, p = 0,345, \phi = 0,345$
P3 o.l.	21	70,0%	8	26,7%	1	3,3%	16	66,7%	8	33,3%	0	0,0%	$\chi^2(2) = 1,022, p = 0,600, \phi = 0,600$
P4 o.l.	24	77,4%	7	22,6%	0	0,0%	14	66,7%	7	33,3%	0	0,0%	$\chi^2(1) = 0,736, p = 0,391, \phi = 0,391$
M1 o.l.	20	58,8%	13	38,2%	1	2,9%	14	58,3%	9	37,5%	1	4,2%	$\chi^2(2) = 0,064, p = 0,969, \phi = 0,969$
M2 o.l.	13	48,1%	12	44,4%	2	7,4%	15	62,5%	9	37,5%	0	0,0%	$\chi^2(2) = 2,403, p = 0,301, \phi = 0,301$

M2 u.r.	20	66,7%	10	33,3%	0	0,0%	11	52,4%	10	47,6%	0	0,0%	$\chi^2(1) = 1,058, p = 0,304,$ $\varphi = 0,304$
M1 u.r.	17	60,7%	11	39,3%	0	0,0%	8	32,0%	16	64,0%	1	4,0%	$\chi^2(2) = 5,012, p = 0,082,$ $\varphi = 0,082$
P4 u.r.	23	67,6%	10	29,4%	1	2,9%	11	50,0%	9	40,9%	2	9,1%	$\chi^2(2) = 2,148, p = 0,342,$ $\varphi = 0,342$
P3 u.r.	22	61,1%	13	36,1%	1	2,8%	13	50,0%	12	46,2%	1	3,8%	$\chi^2(2) = 0,761, p = 0,683,$ $\varphi = 0,683$
C u.r.	14	38,9%	13	36,1%	9	25,0%	6	23,1%	11	42,3%	9	34,6%	$\chi^2(2) = 1,801, p = 0,406,$ $\varphi = 0,406$
I2 u.r.	20	80,0%	3	12,0%	2	8,0%	10	41,7%	10	41,7%	4	16,7%	$\chi^2(2) = 7,752, p = 0,021,$ $\varphi = 0,021$
I1 u.r.	21	84,0%	1	4,0%	3	12,0%	7	31,8%	11	50,0%	4	18,2%	$\chi^2(2) = 15,347, p = 0,001$ $, \varphi = 0,001$
I1 u.l.	19	86,4%	1	4,5%	2	9,1%	7	36,8%	9	47,4%	3	15,8%	$\chi^2(2) = 11,983, p = 0,002$ $, \varphi = 0,002$
I2 u.l.	23	71,9%	5	15,6%	4	12,5%	7	33,3%	10	47,6%	4	19,0%	$\chi^2(2) = 8,273, p = 0,016,$ $\varphi = 0,016$
C u.l.	12	35,3%	12	35,3%	10	29,4%	8	33,3%	8	33,3%	8	33,3%	$\chi^2(2) = 0,101, p = 0,951,$ $\varphi = 0,951$
P3 u.l.	24	70,6%	9	26,5%	1	2,9%	11	50,0%	10	45,5%	1	4,5%	$\chi^2(2) = 2,421, p = 0,298,$ $\varphi = 0,298$
P4 u.l.	23	69,7%	10	30,3%	0	0,0%	12	52,2%	9	39,1%	2	8,7%	$\chi^2(2) = 3,847, p = 0,146,$ $\varphi = 0,146$
M1 u.l.	21	72,4%	8	27,6%	0	0,0%	8	38,1%	12	57,1%	1	4,8%	$\chi^2(2) = 6,514, p = 0,038,$ $\varphi = 0,038$
M2 u.l.	23	88,5%	3	11,5%	0	0,0%	12	50,0%	11	45,8%	1	4,2%	$\chi^2(2) = 8,963, p = 0,011,$ $\varphi = 0,011$

*Notiz: Häufigkeitsverteilungen von linearen Schmelzhypoplasien an den Zähnen in absoluten Zahlen und Prozent sowie Ergebnisse des  $\chi^2$ -Tests, um den Unterschied zwischen den Geschlechtern darzustellen. Die Zahnbezeichnungen erklären sich wie folgt: M1= erster Molar, M2= zweiter Molar, P3= erster Prämolare, P4=zweiter Prämolare, C= Caninus, I1= erster Incisivus, I2= zweiter Incisivus; o.r.= oben rechts, o.l.= oben links, u.r.= unten rechts, u.l.= unten links.*

Wie in *Tabelle 2* ersichtlich, gibt es beim zweiten, oberen, rechten Prämolaren (P4 o.r.) einen signifikanten Unterschied zwischen den Geschlechtern bei der Häufigkeit von linearen Schmelzhypoplasien ( $\chi^2(1) = 3,290, p = 0,048$ ). Es überwiegen bei den Männern die Zähne ohne hypoplastische Linie (n=22, 75,9%) und Zähne mit mehr als einer Linie können bei keinem Individuum beider Geschlechter nachgewiesen werden. Bei den Frauen können acht Prämolaren ohne Läsion (47,1%) und neun mit einer Linie (52,9%) beurteilt werden. Eine Linie kann bei sieben Zähnen bei den Männern (24,1%) aufgenommen werden.

Bei der Häufigkeit von Schmelzhypoplasien gibt es beim zweiten, oberen, rechten Incisivus einen signifikanten Unterschied ( $\chi^2(2)= 9,000, p= 0,011$ ). Incisivi ohne Läsionen kommen bei den Männern 18-mal (85,7%) und bei den Frauen neunmal (42,9%) vor. Eine Linie kann an drei Incisivi bei den Männern (14,3%) sowie neun Incisivi bei den Frauen (42,9%) beurteilt werden. Mehr als eine Linie an zweiten, oberen, rechten Incisivi kann bei keinem männlichen Individuum nachgewiesen werden, dafür bei drei weiblichen Individuen (14,3%).

Auch beim zweiten Incisivus im linken Quadranten des Oberkiefers kann ein signifikanter Unterschied in der Frequenz des Stressmerkmals zwischen den Geschlechtern festgestellt werden ( $\chi^2(2)= 6,160, p= 0,046$ ). Zähne ohne Läsionen kommen bei den Männern 18-mal (85,7%) vor und bei den Frauen achtmal (53,3%). Eine Linie kann bei den Männern dreimal (14,3%) und bei den Frauen viermal (26,7%) aufgenommen werden. Ein Incisivus mit mehr als einer Linie kommt bei keinem männlichen Individuum vor, kann allerdings bei drei Frauen (20,0%) nachgewiesen werden.

Im Unterkiefer gibt es bei allen vier Incisivi einen signifikanten Unterschied in der Häufigkeit des Stressmerkmals zwischen den Geschlechtern.

Einen hoch signifikanten Unterschied gibt es bei sowohl dem rechten, ersten Incisivus ( $\chi^2(2)= 15,347, p= 0,001$ ) als auch dem ersten, linken ( $\chi^2(2)= 11,983, p= 0,002$ ). Beim rechten Incisivus kommen 21 Männer ohne Läsionen (84,0%), ein Mann mit einer Linie (4,0%) und drei Männer mit mehr als einer Linie (12,0%) vor. Beim linken Incisivus kommen 19 Männer ohne Läsionen (86,4%), ein Mann mit einer Linie (4,5%) und zwei Männer mit mehr als einer Linie (9,1%) vor.

Bei den Frauen kommen sieben erste, rechte Incisivi ohne Läsionen (31,8%) vor, 11 Zähne mit einer Linie (50,0%) und vier mit mehr als einer Linie (18,2%). Bei den ersten, linken Incisivi konnte bei sieben Frauen keine Läsion (36,8%) festgestellt werden, bei neun Frauen eine Linie (47,4%) und bei drei Frauen mehr als eine Linie (15,8%).

Beim zweiten, rechten, unteren Incisivus gibt es 20 Männer (80,0%) und zehn Frauen (41,7%) ohne Läsionen. Bei drei Männern (12,0%) und bei zehn Frauen (41,7%) kommt eine Linie vor, bei zwei Männern (8,0%) und vier Frauen (16,7%) mehr als eine Linie.

Keine Läsion am zweiten, unteren, rechten Incisivus kann bei 23 männlichen (71,9%) und sieben weiblichen (33,3%) Individuen beobachtet werden. Fünf Männer (15,6%) und zehn

Frauen (47,6%) haben eine hypoplastische Linie sowie vier Männer (12,5%) und vier Frauen (19,0%) haben mehr als eine Linie an dem Zahn.

Beide Molaren im linken Unterkiefer weisen einen signifikanten Unterschied zwischen den Geschlechtern auf ( $\chi^2(2) = 6,514$ ,  $p = 0,038$ ).

Am ersten Molar kommen 21 männliche (72,4%) und acht weibliche Individuen (38,1%) ohne Läsionen am Zahn vor. Bei acht Männern (27,6%) und 12 Frauen (57,1%) kann eine hypoplastische Linie beobachtet werden. Mehr als eine Schmelzhypoplasie kann bei keinem männlichen Individuum, dafür bei einem weiblichen (4,8%) festgestellt werden.

Bei 23 Männern (88,5%) und 12 Frauen (50,0%) kann an keinem zweiten, linken Molaren ( $\chi^2(2) = 8,963$ ,  $p = 0,011$ ) eine Läsion erfasst werden. Eine Linie kommt bei drei Männern (11,5%) und 11 Frauen (45,8%) vor. Mehr als eine hypoplastische Linie kann bei keinem Mann und einer Frau (4,2%) beobachtet werden.

### 3.3 KÖRPERHÖHE

Die kleinste Körperhöhe bei den männlichen Individuen ist 157,12 cm und die größte 184,23 cm ( $\bar{X}$  = 169,49 cm,  $SD$  = 4,54). Bei den Frauen ergibt sich eine minimale Größe von 152,80 cm und das Maximum ist mit 170,95 cm erreicht ( $\bar{X}$  = 159,04 cm,  $SD$  = 4,19).

#### 3.3.1 Männer

Bei neun ( $\bar{X}$  = 172,19 cm,  $SD$  = 4,65) männlichen Individuen sind Cribra orbitalia vorhanden, bei den 40 übrigen ( $\bar{X}$  = 168,99 cm,  $SD$  = 4,46) können keine nachgewiesen werden. Ein signifikanter Unterschied in der Körpergröße kann zwischen den beiden Gruppen jedoch nicht bestätigt werden ( $t(47)$  = -1,929,  $p$  = 0,060).

Ein poröser harter Gaumen ist bei 46 ( $\bar{X}$  = 169,58 cm,  $SD$  = 4,34) Skeletten präsent, nur zwei Individuen ( $\bar{X}$  = 165,36 cm,  $SD$  = 6,37) haben keinen pathologisch veränderten Processus palatinus. Auch bei Anwesenheit dieses Merkmals gibt es keinen signifikanten Einfluss auf die Körperhöhe ( $t(46)$  = -1,3332,  $p$  = 0,190).

An 41 ( $\bar{X}$  = 169,44 cm,  $SD$  = 4,85) Schädeln können keine Feinporositäten beobachtet werden, an sechs ( $\bar{X}$  = 168,78 cm,  $SD$  = 2,78) sind Cribra cranii vorhanden. Die Präsenz des Merkmals hat keinen signifikanten Effekt auf die Größe der Individuen ( $t(45)$  = 0,323,  $p$  = 0,748).

Nur bei acht Individuen ( $\bar{X}$  = 170,04 cm,  $SD$  = 3,94) können an keinem einzigen Zahn lineare Schmelzhypoplasien nachgewiesen werden. 36 Männer ( $\bar{X}$  = 168,85 cm,  $SD$  = 4,61) haben an mindestens einem Zahn zumindest eine lineare Schmelzläsion. Das Vorhandensein dieses Defektes hat jedoch keinen signifikanten Einfluss auf das Wachstum ( $t(42)$  = 0,672,  $p$  = 0,505).

#### 3.3.2 Frauen

Von insgesamt 32 weiblichen Skeletten können bei 27 ( $\bar{X}$  = 158,57 cm,  $SD$  = 3,87) keine Cribra orbitalia nachgewiesen werden. Bei jenen fünf Frauen mit Cribra orbitalia ( $\bar{X}$  = 162,46 cm,  $SD$  = 5,27) gibt es keinen signifikanten Effekt auf die Körperhöhe ( $t(30)$  = -1,960,  $p$  = 0,059).

Nur sieben Individuen ( $\bar{X}$  = 156,15 cm,  $SD$  = 3,02) haben keine Porositäten am harten Gaumen. Die 26 Frauen ( $\bar{X}$  = 159,84 cm,  $SD$  = 4,24) mit Cribra palatina sind signifikant größer ( $t(31)$  = -2,149,  $p$  = 0,040) als jene ohne Läsionen.

Die Präsenz von Cribra cranii hat keinen signifikanten Effekt ( $t(28) = -0,386$ ,  $p = 0,702$ ) auf die Körperhöhe zwischen den 26 Frauen ohne Läsionen ( $\bar{X} = 158,53$  cm,  $SD = 3,71$ ) und jenen vier mit Cribrosierungen an der Schädeldecke ( $\bar{X} = 159,30$  cm,  $SD = 3,68$ ).

Bei 22 Frauen ( $\bar{X} = 159,73$  cm,  $SD = 4,73$ ) kommt an mindestens einem Zahn zumindest eine hypoplastische Läsion vor. Das Vorhandensein dieses Stressmerkmals hat jedoch keinen Effekt auf die Körpergröße ( $t(25) = -1,512$ ,  $p = 0,143$ ) und somit gibt es keinen signifikanten Unterschied zu den fünf Frauen ( $\bar{X} = 156,41$  cm,  $SD = 2,32$ ) ohne Läsionen.

## 4 DISKUSSION

### 4.1 INTERPRETATION DER ERGEBNISSE

Ein Ziel der Studie war es, eine reduzierte Körperhöhe bei Skeletten mit sichtbaren Stressmerkmalen im Vergleich zu Individuen ohne Läsionen, unter Berücksichtigung des Geschlechts, nachzuweisen. Diese Annahme kann mit den Ergebnissen nicht gestützt werden, denn das Vorhandensein von mindestens einem der vier Stressmerkmale wirkt sich bei keinem der beiden Geschlechter negativ auf die Körperhöhe aus.

Auch vergangene Studien kommen zu demselben Ergebnis, Little, Malina, & Buschang (1988) begründen ihre Resultate damit, dass eine Reduktion der Körperhöhe selten beobachtbar ist, da Stress oft nur das Weichgewebe betrifft. Eine weitere Theorie kommt von Grauer (1993), welcher beschreibt, dass der Einfluss von Stress auf die Körperhöhe von dessen Dauer abhängt. Besteht eine Stressperiode kürzer als drei Monate, sind Kinder mittels einer Wachstums-Aufholphase (*catch-up growth*) in der Lage etwaige Defizite auszugleichen. Dauert diese länger, kann in seltenen Fällen eine Körperhöhenreduktion bei Erwachsenen festgestellt werden. Auch Ribot & Roberts (1996) begründen die Ergebnisse ihrer Studie, die ebenfalls keinen Einfluss auf die Körperhöhe nachweisen, mit einer „ziemlich guten Anpassung“ an Stress der untersuchten subadulten Skelette. Die Resultate der Studie von Vercellotti et al. (2014) zeigen, dass Populationen mit den höheren Frequenzen an Stressmerkmalen auch vergleichsweise die größere ist. Dies impliziert nicht notwendigerweise, dass Stressoren keinen Einfluss auf die Körperhöhe haben. Eine alternative Erklärung wäre, dass sich eine kleinere Statur aufgrund hohen selektiven Druckes nicht in der Population durchsetzt.

Eine weitere Hypothese, die die Ergebnisse stützt, ist die *small but healthy hypothesis* (Seckler, 1980). Diese beruft sich auf Individuen, die weder zu den gut genährten noch zu den unterernährten Menschen zählen und sich somit in einer Grauzone der Aufzeichnungen und Standards befinden. Die Kriterien nach denen Menschen entweder gut ernährt oder unterernährt sind, sind zum einen ausreichende Zufuhr von Nährstoffen, um das volle genetische Wachstum und Potential des Individuums zu erreichen, das durch verschiedene anthropometrische und ernährungsphysiologische Standards definiert ist. Zum anderen wird Unterernährung anhand bestimmter klinischer Anzeichen von Mangelernährung und/ oder Indizien für eine funktionelle

Beeinträchtigung, wie zum Beispiel die Unfähigkeit, produktiv zu arbeiten, definiert. Individuen, die nach dem ersten Kriterium unterernährt wären, sind nicht automatisch nach dem zweiten Kriterium im gleichen Maße betroffen. Laut Seckler (1980) sind diese Menschen „small but healthy“, sie haben die optimale Größe in Bezug auf ihre Umwelt erreicht. Seine Ergebnisse waren, dass als unterernährt geltende Menschen zwar nach Standards klein für ihr Alter waren aber das Gewicht den Vorgaben entsprach. Zusammenfassend kann also gesagt werden, dass auch wenn eine Bevölkerung als unterernährt gilt, es nicht unbedingt heißt, dass diese Umstände auch tatsächlich funktionale Kosten mit sich ziehen.

Gilde (2013) zeigte bei ihrer Körperhöhen Studie über Skelette aus dem mittelalterlichen Dänemark, dass die Langknochenlängen und somit die Körperhöhe bei der Anwesenheit von *Cribra orbitalia* zwar nicht beeinflusst sind, der Langknochenumfang jedoch schon. Huss-Asmore et al. (1982) postulieren, dass sich Wachstum in Langknochen oft mit einer Expansion der kortikalen Weite an Stress anpasst. Da die Weite und Dicke der Langknochen in der vorliegenden Studie nicht aufgenommen wurde, kann nicht eindeutig ausgeschlossen werden, dass die Anwesenheit von Stressmerkmalen auf die Langknochenanatomie einwirkt. Pinhasi et al. (2014) erwähnten in ihrer Studie Ergebnisse über Unterschiede im Kopf- und Rumpfumfang zwischen einer gutgenährten und unterernährten Gruppe von Kindern, die jedoch keine Veränderungen an den Langknochen aufwiesen. Diese Resultate zeigen zusätzlich, dass Wachstumsstörungen durch Ernährung nicht nur anhand von Langknochen untersucht werden sollten.

Obgleich es bei beiden Geschlechtern bei Anwesenheit der vier Stressfaktoren keine negative Assoziation mit der Körperhöhe gibt, kann bei den Frauen eine signifikant positive Assoziation von *Cribra palatina* und Körperhöhe festgestellt werden.

Die durch Blutungen um die ausbrechenden Zähne bei Jugendlichen sowie petechiale Blutungen und Gingivitis bei Erwachsenen entstehenden Läsionen sind bekannte klinische Merkmale von Skorbut (Geber & Murphy, 2012). Skorbut ist ein Zustand, der alle Altersgruppen betreffen kann, aber im Laufe der Geschichte waren Säuglinge und Männer am häufigsten betroffen, als direkte Folge von sozialen und kulturellen Faktoren (Stuart-Macadam, 1989). Skorbut tritt eher bei Kindern auf, die nicht mehr gestillt werden. Denn selbst Muttermilch einer stillenden Mutter mit Mangelernährung enthält immer noch Vielfaches an Nährstoffen, da der Körper in der Lage ist Vitamin C zu speichern (Allmäe & Limbo, 2010;

Grupe et al., 2012; Mays et al., 2008; Stuart-Macadam, 1989). Männer benötigen eine etwas höhere Zufuhr von Vitamin C als Frauen aufgrund metabolischer und möglicherweise hormoneller Unterschiede (Geber & Murphy, 2012).

Der positive Effekt bei der Anwesenheit von *Cibra palatina* auf die Körperhöhe der Frauen könnte dadurch erklärt werden, dass der Effekt eines Vitamin C Defizits weniger leicht zu einer Verringerung der Bildung von Osteoid, der organischen Knochenmatrix, führt (Stuart-Macadam, 1989). Geber & Murphy (2012) haben bei ihrer Studie ein ähnliches Ergebnis nachweisen können, auch hier beeinflusst Skorbut die Körperhöhe bei Frauen nicht.

Da bei der vorliegenden Studie jedoch keine weiteren Anzeichen auf Skorbut untersucht wurden, ist bei der Interpretation der Ergebnisse Vorsicht geboten. Die häufigen Läsionen am *Processus palatinus* könnten auch einer Stomatitis zugrunde liegen, eine entzündliche Veränderung der Mundschleimhaut, die durch Pilze, Bakterien, Viren, allergische Reaktion und Vitaminmangel verursacht wird (Palman, 2018).

Vergleicht man die Mittelwerte der errechneten Körperhöhen des Gräberfeldes der Csokorgasse mit dem Awaren-Gräberfeld aus Leobersdorf (Grefen-Peters, 1987), so wird ersichtlich, dass die Körperhöhen sich kaum voneinander unterscheiden. Die mittlere Körperhöhe der Männer vom Gräberfeld Leobersdorf beträgt 169,9 cm und die der Frauen 159,3 cm (Grefen-Peters, 1987), die der Männer der Csokorgasse 169,49 cm und die der Frauen 159,04 cm. Somit sind die Männer aus den Gräberfeldern Leobersdorf und der Csokorgasse im Mittel ca. zwei bis drei Zentimeter größer als die benachbarten Awaren aus Zwölfaxing (167,6 cm) (Szilvássy et al., 1984), und Vösendorf (166,2 cm) (Pany-Kucera & Wiltschke-Schrotta, 2017) und um zwei bis drei Zentimeter kleiner als die ungarischen Awaren (172,4 cm) (Hajdu, 2009). Die Frauen sind ca. ein bis zwei Zentimeter größer als jene von Zwölfaxing (158,0 cm) und drei bis vier Zentimeter größer als die ungarischen Awaren (156,6 cm) und jene aus Vösendorf (155,3 cm). Nach Sjøvold (1990) ist die mittlere Körperhöhe von Männern der Awarenzeit 167,7 cm und die der Frauen 157,4 cm. Somit liegen die Individuen der Csokorgasse, aber auch des Gräberfeldes aus Leobersdorf über dem Durchschnitt.

Ob dieses Phänomen besseren Lebensumständen (säkularer Trend) oder der durchmischten Bevölkerung zuzuschreiben ist, müsste bei weiteren Studien genauer untersucht werden. Da sich das Gräberfeld der Csokorgasse in drei Epochen unterteilen lässt, kann hier keine gestützte Aussage getroffen werden.

Unabhängig der Körperhöhe ist auffallend, dass Cribrosierungen am harten Gaumen mit 45,1% Anwesenheit der sowohl leichten als auch starken Ausprägung bei den Männern und 20,6% der leichten sowie 70,6% der starken Ausprägung bei den Frauen, häufig vorhanden sind (88,9%) – schon bei der Erstbefundung wurde dieses Merkmal bei 77,3% aller Skelette festgestellt (Großschmidt, 1990).

Cribra orbitalia können bei dem Gräberfeld der Csokorgasse in der stärksten Ausprägung bei keinem Individuum gefunden werden. Dass die leichte Ausprägung bei insgesamt nur 14 Individuen vorkommt (17,3%), passt auch zu den Ergebnissen bei den Awaren von Vösendorf, bei denen Cribra orbitalia nur bei 10,1% aller Individuen vorkommen (Pany-Kucera & Wiltschke-Schrotta, 2017). Beim Gräberfeld von Leobersdorf können Cribra orbitalia überhaupt nur an fünf Frauen gefunden werden (Grefen-Peters, 1987).

Bei der Bevölkerung von Vösendorf (Pany-Kucera & Wiltschke-Schrotta, 2017) waren generell nur 10% von Mangelernährung betroffen. Die Häufigkeitsverteilung dieser Studie ergibt außer des seltenen Vorkommens der Cribra orbitalia, nur bei der Frequenz der Cribra cranii (13%) ein ähnlich geringes Ergebnis. Auffallend ist die hohe Frequenz der linearen Schmelzhypoplasien, die bei 58 Individuen (68,2%) vorkommen, bei 36 Männern (81,8%) und 22 Frauen (81,5%). Aber auch beim Gräberfeld von Zwölfaxing sind 31 % der Dauerzähne von Schmelzdefekten betroffen. Die Zähne der Männer als auch die der Frauen von Zwölfaxing sind gleich häufig von solchen Veränderungen betroffen (Pimmingstorfer, 2013).

Die hohe Frequenz an dentalen Läsionen liegt den Lebensumständen der Population zugrunde. Die Prävalenz von Zahnerkrankungen nimmt entlang des Kontinuums von Jäger und Sammler über Mischwirtschaft zu intensiver Agrikultur zu (Lukacs, 1989; Macintosh et al., 2016).

Laut Goodman & Armelagos (1985) kommt es an Incisivi und Canini eher zu linearen Schmelzhypoplasien, da diese Zähne zuerst gebildet werden. Eine mögliche Ausnahme bildet der erste Molar, da dieser bereits auf der Milchleiste und somit sehr früh gebildet wird. Die Autoren gehen auch davon aus, dass je stabiler ein Zahn in seiner Entwicklung ist, desto leichter kommt es zu Schmelzdefekten. Da anteriore Zähne stabiler als posteriore sind, bietet diese Theorie eine Erklärung für den hohen Prozentsatz an Schmelzdefekten an den anterioren Zähnen. Dieser Ansatz stützt die Ergebnisse dieser Studie: die signifikanten Unterschiede in der Häufigkeit von Schmelzhypoplasien zwischen den Geschlechtern betrifft vor allem die anteriore Bezahnung.

Eine mögliche Erklärung dafür, dass Frauen an beiden oberen zweiten Incisivi, wie auch an den unteren linken ersten und zweiten Molaren mehr als eine lineare Schmelzhypoplasie aufweisen, während diese bei Männern an diesen Zähnen gar nicht vorkommt, sowie bei allen unteren Incisivi weniger oft keine Linie als mindestens eine Linie im Vergleich zu den Männern aufweisen, könnte der Status in der Gesellschaft sein. Wie in einer Kultur der Zugang zu Ressourcen geregelt wird, hängt sehr oft vom Geschlecht ab. Vercellotti et al. (2014) hat anhand einer Studie mit zwei Amazonas-Kulturen gezeigt, dass die Entwicklung und Ausprägung von Schmelzhypoplasien davon abhängen, wie die Kinder ernährt werden. Haben Mädchen und Knaben denselben Zugang auf Ressourcen, so sollte es in der Häufigkeit der Schmelzdefekte keine Geschlechterunterschiede geben. Eindeutige Belege für Geschlechter-abhängigen Zugang zu Ressourcen gibt es bei den Awaren nicht. Die Beigaben der Gräber differenzieren sich zwar zwischen männlichen und weiblichen Individuen, jedoch werden alle in hölzernen Särgen begraben, unabhängig von Geschlecht und/ oder Alter (Scharrer-Liška et al., 2015).

Die paläopathologische Befundung des Gräberfeldes zeigt, dass bei zwei (lineare Schmelzhypoplasien und *Cribra palatina*) von vier untersuchten Stressmerkmalen mehr Individuen betroffen als nicht betroffen sind und unterstreicht somit die belastenden Umstände und Lebensstile der awarenzeitlichen Population (Großschmidt, 1990).

## 4.2 LIMITIERUNGEN

Limitierende Faktoren dieser Studie waren mit Sicherheit die kleine Stichprobe und, dass ausschließlich Individuen ab der Altersstufe Adultus herangezogen werden konnten. Die ursprünglich aufgenommenen subadulten Skelette wurden von der Auswertung exkludiert, da die Körperhöhen nicht präzise genug ermittelt werden konnten und der Erhaltungszustand (vor allem der Zähne) die Beurteilung der Stressmerkmale erschwerte.

Es ist zwar umstritten, ob für Körperhöhenstudien besser subadulte oder adulte Individuen herangezogen werden, denn subadulte Individuen repräsentieren das Segment der Population, die in der Entwicklung erlebte Stressoren nicht überlebt haben (Vercellotti et al., 2014). Jedoch ist auch bekannt, dass die Körperhöhe ab dem 30 Lebensjahr graduell abnimmt (Trotter & Gleser, 1952) und es das sogenannte *catch-up growth* gibt, Wachstumssprints, die etwaige Retardationen im Wachstum aufholen können (Vercellotti et al., 2014).

Zusätzlich erschwerten der fortgeschrittene Abrieb des Zahnschmelzes bzw. altersbedingte Zahnverlust die Beurteilung der linearen Schmelzhypoplasien.

Ein weiteres auftretendes Problem war die Berechnung der Körperhöhe und die für die Population bzw. Kultur passende Formel heranzuziehen. Gerade bei den Awaren sind die betroffenen Individuen oft von einer unbekanntem Population durch deren weite Landnahme und Eingliederung anderer Stämme (Grefen-Peters, 1987). Ergebnisse von Formeln bei denen die referenzierte Population von der untersuchten abweicht, können schwerwiegende und inakkurate Schlussfolgerungen mit sich ziehen (Vercellotti et al., 2014).

Gilde (2013) zeigte, dass das Vorkommen von mehr als einem Stressmerkmal mehr Einfluss auf die Körperhöhe nimmt, somit sollten bei zukünftigen Studien auch die Korrelationen der Stressmerkmale untersucht werden, um präzisere Aussagen treffen zu können.

Aufgrund der kleinen Stichprobe konnte der Effekt der Ausprägungsstärke (leicht, stark) der Stressmerkmale auf die Körperhöhe nicht einzeln untersucht werden.

Ein einfließender Faktor, der nicht berücksichtigt wurde, ist das *Osteological Paradox* (Wood et al., 1992), welches besagt, dass es in Skelettserien immer drei Gruppen gibt: Individuen, die niemals Stress erfahren haben und somit keine Merkmale an den Knochen aufweisen,

Individuen, die moderaten Stress erlitten haben, der lang genug anhielt, um Marker an den Knochen zu hinterlassen und Individuen, die so starken Stress erlebt haben, dass dieser sofort tödlich war und somit ebenfalls keine Merkmale an den Knochen sichtbar sind. Die erste und dritte Gruppe erscheint auf den ersten Blick ident, sodass dies zu einem inakkuraten und verfälschten Ergebnis einer Studie führen kann.

Die Übernahme des Geschlechts und Sterbealter der Erstbefundung (Großschmidt, 1990) war eine Lösung, die für zukünftige Studien nicht mehr herangezogen werden sollte, da sich die Aufnahmemethoden in den letzten 30 Jahren weiterentwickelt haben und manche Individuen heute anders beurteilt werden würden.

### 4.3 CONCLUSIO

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass das Leben der Population zwar von belastenden Umständen beeinflusst war, diese aber nicht lang genug dauerten oder schwerwiegend genug waren, um eine Reduktion der Körperhöhe zu verursachen. Mit großer Wahrscheinlichkeit herrschten periodische Nahrungsmängel und Infektionen, jedoch gibt es vielschichtige Anpassungen zwischen dem menschlichen Körper, seinem Nährstoffbedarf und seiner Umgebung (Stuart-Macadam, 1989). Eindeutig ist jedoch, dass die Geschlechter unterschiedlich stark auf Stressoren ansprechen und der Körper dementsprechend reagiert.

Bei der Interpretation von Stressindikatoren sollte jedoch nie grundsätzlich und ohne Betrachtung des Kontextes der verlockenden und vielfach gebräuchlichen Annahme gefolgt werden, dass eine betrachtete Population ohne Belastungsanzeichen eine bessere Gesundheit repräsentiert. Die Deutung der Häufigkeit von osteologischen Stressindikatoren erfordert also immer die Auswertung möglichst vieler zusätzlicher Informationen archäologischer Herkunft (Grupe et al., 2015).

Für zukünftige Studien geben Ribot & Roberts (1996) einen Denkanstoß – suggerierte Trends in der menschlichen Adaption, die aus ethnologischen und archäologischen Beobachtungen resultieren, sind nicht immer realistisch und oft zu allgemein. Stressfrequenzen und Wachstumsmuster variieren stark im Laufe der Zeit und im Raum, daher ist es notwendig, die Studien über archäologische Populationen sowohl auf geographischer als auch auf historischer Ebene genau abzugrenzen.

Es sollte außerdem immer berücksichtigt werden, dass der derzeitige Stand der Forschung nicht immer ein unumstrittener ist. Ortner (2008) behauptet, dass es jedenfalls sicher ist, dass akute Infektion mit einem schnellen Tod, eine der Hauptursachen für die Sterblichkeit in menschlichen Populationen, selten das Skelett betreffen, sondern, dass es sich bei Infektionen mit plastischen Veränderungen am Knochen um chronische handelt. Vercellotti et al. (2014) ist wiederum der Ansicht, dass Infektionskrankheiten generell eher dazu leiten, dass Individuen sterben und nicht durch chronische Einflüsse eine retardierte Körperhöhe aufweisen. Mangelernährung allerdings tritt chronisch während der gesamten Entwicklung auf und führt weniger zum Tod und bietet auch nicht die Ressourcen für ein *catch-up growth*, sodass dies eher die Körperhöhe beeinflussen kann.

Abschließend ein Zitat von Vercellotti et al. (2014), das die Ergebnisse dieser Studie passend auf den Punkt bringt: „The net result of this is that the most susceptible individuals die off and do not grow up to become stunted individuals.”

## **5 APPENDIX**

### **5.1 TABELLENVERZEICHNIS**

Tabelle 1 $\chi^2$ -Test: Häufigkeiten der Cribrosierungen und Vergleich der Geschlechter	37
Tabelle 2 $\chi^2$ -Test: Häufigkeiten der linearen Schmelzhypoplasien und Vergleich der Geschlechter	39

### **5.2 ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

Abbildung 1: Standard zur Wertung von dentalen Schmelzhypoplasien (vgl. Data Collection Book, 2005)	19
Abbildung 2: Standard zur Wertung von Cribra cranii (vgl. Data Collection Codebook, 2005)	23
Abbildung 3: Standard zur Wertung von Cribra orbitalia (vgl. Data Collection Codebook, 2005)	23

## 6 LITERATURVERZEICHNIS

- (WHO), W. H. O. (n.d.). *Child Growth Standards*. Retrieved February 1, 2020, from <https://www.who.int/childgrowth/en/>
- Acsadi, G., & Nemeskeri, J. (1970). *History of human life span and mortality*.
- Allmäe, R., & Limbo, J. (2010). Skeletal Stress-Markers in the Early Modern Town of Pärnu, Estonia. *Papers on Anthropology XIX, January 2010*, 29–48.
- Avenarius, A. (1974). *Die Awaren in Europa*.
- Bach, H. (1965). Zur Berechnung der Körperhöhe aus den langen Gliedmaßenknochen weiblicher Skelette. *Anthropologischer Anzeiger*, 29, 12–21.
- Bogin, B. (1999). Patterns of human growth. *Cambridge Studies in Biological Evolutionary Anthropology*, 23.
- Bona, I. (1971). Ein Vierteljahrhundert Völkerwanderungszeitforschung in Ungarn 1945-1969. *Acta Arch. Hung.*, 23, 265–336.
- Breitinger, E. (1937). Zur Berechnung der Körperhöhe aus den langen Gliedmassenknochen. *Anthropologischer Anzeiger*, 14, 249–274.
- Broca, P. (1861). Sur le volume et la forme du cerveau suivant les individus et suivant les races. *Bull. Soc. Anthropol.*, 2, 139–207.
- Brothwell, D. (1981). *Digging up Bones* (3rd ed.). BAS Printers Ltd.
- Butler, G., McKie, M., & Ratcliffe, S. (1989). An analysis of the phases of mid-childhood growth by synchronisation of growth spurts. In *Perspectives in the science of growth and development* (pp. 77–84). Smith Gordon.
- Cole, T. (1993). Seasonal effects on physical growth and development. In *Seasonality and human ecology* (pp. 89–106). CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS.

- Daim, F. (1977). Das 7. und 8. Jh. in Niederösterreich. *"Germanen, Awaren, Slawen in Niederösterreich"*, 88–102.
- Deer, J. (1965). Karl der Große und der Untergang des Awarenreichs. In *Karl der Große - Persönlichkeit und Geschichte* (pp. 719–791).
- Ferembach, D., Schwidetzky, I., & Stloukal, M. (1979). Empfehlungen für die Alters- und Geschlechtsdiagnose am Skelett. *Homo*, 30, 1–32.
- Fröhlich, W. D., & Drever, J. (1987). *dtv-Wörterbuch zur Psychologie* (15. Auflag). Dt. Taschenbuch-Verlag.
- Geber, J., & Murphy, E. (2012). Scurvy in the great irish famine: Evidence of vitamin C deficiency from a mid-19th century skeletal population. *American Journal of Physical Anthropology*, 148(4), 512–524.
- Gilde, E. (2013). " *Stressed to the bone .* " 97.
- Goodman, A. H. ., & Armelagos, G. J. (1985). Factors affecting the distribution of enamel hypoplasias within the human permanent dentition. *American Journal of Physical Anthropology*, 68, 479–493.
- Goodman, A., & Rose, J. (1991). Goodman & Rose, 1990.pdf. In *Advances in Dental Anthropology* (pp. 279–293). Wiley-Liss, Inc.
- Grauer, A. L. (1993). Patterns of anemia and infection from mediaeval York, England. *American Journal of Physical Anthropology*, 91, 203–213.
- Grefen-Peters, S. (1987). Anthropologische und Zoologische Auswertung. In *Das awarische Gräberfeld von Leobersdorf: Vol. Band 2* (pp. 79–323). Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.
- Großschmidt, K. (1990). *Paläopathologische Untersuchungen an den menschlichen Skeletten des awarenzeitlichen Gräberfeldes in Wien-Simmering*. Universität Wien.
- Grousset, R. (1975). *Die Steppenvölker Europas*.

- Grupe, G., Christiansen, K., Schröder, I., & Wittwer-Backofen, U. (2012). *Anthropologie - Einführendes Lehrbuch* (2. Auflage).
- Grupe, G., Harbeck, M., & Mcglynn, G. C. (2015). *Prähistorische Anthropologie*. Springer Verlag Berlin.
- Guatelli-Steinberg, D. (2015). Dental Stress Indicators from Micro- to Macroscopic. In *A Companion to Dental Anthropology* (pp. 450–464).
- Hajdu, T. (2009). Anthropological analysis of the Avar Age people from the Jászberény-Disznózug cemetery ( Hungary ). *Annales Historico-Naturales Musei Nationalis Hungarici*, 101, 147–166.
- Hansen, G. (1953). Die Altersbestimmung am proximalen Humerus- und Femurende im Rahmen der Identifizierung menschlicher Skelettreste. *Math.-Naturwiss. Reihe*, 3, 1–73.
- Hermanussen, M., Geiger-Benoit, K., Burmeister, J., & Sippell, W. (1988). Periodical changes of short term growth velocity (“mini growth spurts”) in human growth. *Annual Human Biology*, 15, 103–109.
- Hillson, S. (2008). Dental Pathology. In A. M. Katzenberg & S. R. Saunders (Eds.), *Biological anthropology of the human skeleton* (Secon Edit, pp. 301–340). Wiley-Liss, Inc.
- Huss-Asmore, R., Goodman, A. H., & Armelagos, G. J. (1982). Nutritional Inference from Paleopathology. *Advances in Archaeological Method and Theorie*, 5, 395–474.
- Knußmann, R. (1996). *Vergleichende Biologie des Menschen. Lehrbuch der Anthropologie und Humangenetik* (2.Auflage). Fischer.
- Kozłowski, T., & Witas, H. W. (2012). Metabolic and Endocrine Diseases. In Anne L. Grauer (Ed.), *A Companion to Paleopathology*. Blackwell Publishing Ltd.
- Little, B., Malina, R., & Buschang, P. (1988). Increased heterozygosity and child growth in an isolated subsistence agricultural community in the valley of Oaxaca, Mexico. *American Journal of Physical Anthropology*, 77, 85–90.

- Lukacs, J. R. (1989). Dental Paleopathology: Methods for Reconstructing Dietary Patterns. In *Reconstruction of life from the skeleton* (pp. 261–286). Alan R. Liss, Inc.
- Lüllmann-Rauch, R. (2015). *Histologie* (5. Auflage). Thieme Verlag.
- Macintosh, A. A., Pinhasi, R., & Stock, J. T. (2016). Early Life Conditions and Physiological Stress following the Transition to Farming in Central/Southeast Europe: Skeletal Growth Impairment and 6000 Years of Gradual Recovery. *PLoS ONE*, *11*(2), 1–27.
- Martin, R., & Saller, K. (1957). *Lehrbuch der Anthropologie* (3. Ausgabe).
- Mays, S. (2010). *The Archeology of Human Bones* (Second edi). Routledge.
- Mays, S., Brickley, M., & Ives, R. (2008). Growth in an English population from the Industrial Revolution. *American Journal of Physical Anthropology*, *136*(1), 85–92.
- Mays, S., Ives, R., & Brickley, M. (2009). The Effects of Socioeconomic Status on Endochondral and Appositional Bone Growth , and Acquisition of Cortical Bone in Children From 19th Century. *AMERICAN JOURNAL OF PHYSICAL ANTHROPOLOGY*, *416*(May), 410–416.
- McKern, T. W., & Stewart, T. D. (1957). Skeletal Age Chnges in Young American Males. *Techn. Report*, *45*.
- Meredith, H. (1976). Findings from Asia, Australia, Europe, and North America on secular change in mean height of children, youths, and young adults. *American Journal of Physical Anthropology*, *44*, 315–326.
- Miles, A. E. W. (1963). The dentition in the assessment of individual age in skeletal material. In *Dental anthropology*.
- Nath, S., & Badkur, P. (2002). Reconstruction of Stature from Long Bone Lengths. In *Anthropology: Trends and Applications* (pp. 109–114).
- Nemeskeri, J., Harsanyi, L., & Acsadi, G. (1960). Methoden zur Diagnose des Lebensalters von Skelettfunden. *Anthropologischer Anzeiger*, *24*, 70–95.

- Obertova, Z., & Thurzo, M. (2008). Relationship between Cribra Orbitalia and Enamel Hypoplasia in the Early Medieval Slavic Population at Borovce, Slovakia. *International Journal of Osteoarchaeology*, 18, 280–292.
- Olivier, G. (1960). Partique anthropologique. In *Vigot Freres*.
- Ortner, D. J. (2003). *Identification of pathological conditions in human skeletal remains* (second). Elsevier.
- Ortner, D. J. (2008). Differential Diagnosis of Skeletal Lesions in Infectious Disease. In *Advances in Human Palaeopathology*. John Wiley & Sons Ltd.
- Palman, D. R. (2018). *Stomatitis (Entzündung der Mundschleimhaut)*. Bundesministerium Für Arbeit, Soziales, Gesundheit Und Konsumentenschutz.  
<https://www.gesundheit.gv.at/krankheiten/zaehne/mundhoehle/stomatitis>
- Pany-Kucera, D., & Wiltschke-Schrotta, K. (2017). Die awarische Bevölkerung von Vösendorf / S1. *Annalen Des Naturhistorischen Museums in Wien, Serie A*, 5–31.
- Perizonius, W. R. K. (1984). Closing and Non-Closing Sutures in 256 Crania of Known Age and Sex from Amsterdam. *Journal of Human Evolution*, 13, 201–216.
- Pimmingstorfer, H. (2013). *Zahn- und Kieferpathologien des awarischen Gräberfeldes von Zwölfaxing/Niederösterreich*. Universität Wien.
- Pinhasi, R., Timpson, A., Thomas, M., & Šlaus, M. (2014). Bone growth, limb proportions and non-specific stress in archaeological populations from Croatia. *Annals of Human Biology*, 41(2), 125–135.
- Pinhasi, Ron, & Mays, S. (2008). Growth in Archaeological Populations. *Advances in Human Palaeopathology*.
- Pohl, W. (2002). *Die Awaren; Ein Steppenvolk in Mitteleuropa 567-822 n. Chr.* Verlag C.H. Beck oHG.
- Ribot, I., & Roberts, C. (1996). A study of non-specific stress indicators and skeletal growth in two mediaeval subadult populations. *Journal of Archaeological Science*, 23(1), 67–79.

- Roberts, C. (2005). *The Archaeology of Disease, Third Edition*.
- Scharrer-Liška, G., Cichocki, O., & Wiltschke-Schrotta, K. (2015). Wooden coffins in the Avar-period cemetery in Frohsdorf, Lower Austria. *Open Archaeology, 1*(1), 54–78.
- Seckler, D. (1980). “Malnutrition”: An Intellectual Odyssey. *Western Journal of Agricultural Economics, 219–228*.
- Sjøvold, T. (1990). Estimation of stature from long bones utilizing the line of organic correlation. *Human Evolution, 5*(5), 431–447.
- Steckel, R. H., Larsen, C. S., Sciulli, P. W., & Walker, P. L. (2005). *DATA COLLECTION CODEBOOK*.
- Stuart-Macadam, P. L. (1989). Nutritional Deficiency Diseases: A Survey of Scurvy, Rickets, and Iron-Deficiency Anemia. In *Reconstruction of life from the skeleton* (pp. 201–236).
- Szilvassy, J. (1977). Altersschätzung an den sternalen Gelenksflächen der Schlüsselbeine. *Ger. Med., 35*, 343–345.
- Szilvássy, J., Kritscher, H., & Schultz, M. (1984). Ein interessanter Unterschenkelbruch bei einer Frau aus dem awarischen Gräberfeld von Zwölfaxing, Niederösterreich. *Ann. Naturhistor. Mus. Wien, 86*, 95–109.
- Todd, T. W. (1920). Age changes in the pubic bone. The male white pubics. *American Association of Physical Anthropology, 3*, 285–334.
- Todd, T. W., & D’Errico, J. (1928). The Clavicular Epiphyses. *American Journal of Anatomy, 41*, 25–50.
- Trotter, M., & Gleser, G. C. (1952). Estimation of stature from long bones of american whites and negroes. *American Journal of Physical Anthropology, 10*, 463–514.
- Vallois, H. V. (1937). La duree de la vie chez l ’homme fossile. *L’Anthrop., 47*, 499–532.
- Vercellotti, G., Piperata, B. A., Agnew, A. M., Wilson, W. M., Dufour, D. L., Reina, J. C.,

- Boano, R., Justus, H. M., Larsen, C. S., Stout, S. D., & Sciulli, P. W. (2014). Exploring the multidimensionality of stature variation in the past through comparisons of archaeological and living populations. *American Journal of Physical Anthropology*, *155*(2), 229–242.
- Walker, P. L., Bathurst, R. R., Richman, R., Gjerdrum, T., & Andrushko, V. A. (2009). The causes of porotic hyperostosis and cribra orbitalia: A reappraisal of the iron-deficiency-anemia hypothesis. *American Journal of Physical Anthropology*, *139*(2), 109–125.
- White, T. D., Black, M. T., & Folkens, P. A. (2012). *Human Osteology* (Third). ELSEVIER INC.
- Wood, W., Milner, G., Harpending, H., & Weiss, K. (1992). The osteological paradox. Problems of inferring prehistoric health from skeletal samples. *Curr. Anthropol*, *33*, 343–370.