

Diskriminanzanalyse zur Geschlechtsbestimmung an Unterkieferknochen

L. Pötsch-Schneider, R. Endris und H. Schmidt

Institut für Rechtsmedizin der Johannes-Gutenberg Universität Mainz,
Am Pulverturm 3, D-6500 Mainz, Bundesrepublik Deutschland

Sex Determination by Stepwise Discriminating Analysis of the Mandible

Summary. Seventeen measuring parameters were used to characterize 197 mandibles (109 males, 88 females) taken from the corpses of people 20–80 years of age from the Rhine-Main-Neckar area. The representative measuring parameters and discriminating functions of intact lower jaws and lower jaw fragments of most frequent fracture types were determined in this practice group by means of discriminating analysis. In the present research material it was possible to determine sex accurately from an intact lower jaw bone in 82.6% (m) and 79.5% (f) of the cases. Furthermore, our results show clearly that sex may even be determined from lower jaw fragments. The classification was correct, depending on the type of fragment, in 72.5%–81.7% (m) and 71.6%–79.5% (f) of the cases.

Key words: Identification – Sex determination, mandible – Discriminant analysis, mandible

Zusammenfassung. Einhundertsiebenundneunzig Unterkiefer (109 männlich, 88 weiblich) der Altersgruppe 20–80 Jahre aus dem Rhein-Main-Neckargebiet wurden durch je 17 Meßparameter charakterisiert.

An dieser Trainingsgruppe (insgesamt 3743 Daten) wurden durch Diskriminanzanalyse die repräsentativen Meßstrecken und die Diskriminanzfunktionen für vollständige Unterkiefer und für Unterkieferfragmente häufiger Frakturtypen bestimmt. Am vorliegenden Untersuchungsgut war anhand des vollständigen Unterkieferknochens eine zutreffende Geschlechtsbestimmung in 82,6% (männlich) und 79,5% (weiblich) möglich.

Unsere Ergebnisse zeigen weiterhin eindeutig, daß sich auch Unterkieferfragmente zur Geschlechtsbestimmung eignen. Die richtige Klassifikation erfolgte je nach Fragmenttyp in 72,5–81,7% (männlich) und in 71,6–79,5% (weiblich) der Fälle.

Schlüsselwörter: Identifizierung – Geschlechtsbestimmung, Unterkiefer – Diskriminanzanalyse, Unterkiefer

Die Geschlechtsbestimmung zählt zu den Basisdaten einer Identifizierung. Das Erstellen von Diskriminanzfunktionen zur Geschlechtsunterscheidung wurde bereits von mehreren Autoren an amerikanischem, ägyptischem und japanischem Material beschrieben und die unterschiedliche Ausprägung anthropologischer und geschlechtsspezifischer Merkmale an einzelnen Knochen bestätigt [1–4, 6]. Entsprechende Untersuchungen an mitteleuropäischem Material liegen weder an unversehrten Unterkieferknochen, noch an Unterkieferbruchstücken nach Wissen der Autoren vor.

Mit der biomathematischen Methode der stufenweisen Diskriminanzanalyse sollten an einer Trainingsgruppe für die Praxis einfach anwendbare Ergebnisse erstellt werden und erstmals Knochenfragmente mit dieser Methode auf ihre Verwendbarkeit zur Geschlechtsdiagnose untersucht werden.

Material und Methoden

Material

Zur Verfügung standen 197 vollständige Unterkiefer bekannten Geschlechts (88 weibliche, 109 männliche) der Altersgruppen 20–80 Jahre aus dem Rhein-Main-Neckargebiet. Mit festgelegten Meßpunkten (2.2) wurden je 17 Meßwerte (in mm) ermittelt (2.3). Mit diesen Daten wurden die Diskriminanzfunktionen bestimmt und eine stufenweise Diskriminanzanalyse durchgeführt (2.4).

Meßpunkte [7]

Kondylien mediale:	Medialer Endpunkt des Kondylus mandibulae.
Kondylien laterale:	Lateraler Endpunkt des Kondylus mandibulae.
Koronion:	Spitze des Processus coronoideus.
Gonion:	Punkt, an dem die Halbierungslinie des Astwinkels den Knochenrand schneidet.
Gnathion:	Punkt des Unterrandes des Unterkiefers, der in der Mediansagittalebene am meisten nach unten vorragt.
Prominentia lateralis:	Schnittpunkt der auslaufenden Linea obliqua mit dem distalen Rand des zweiten Molaren.
Infradentale:	Punkt zwischen den mittleren Incisivi, wo die Vorderkante des Processus alveolaris von der Medianebene geschnitten wird.

Meßparameter und Meßtechnik [7, 9]

X_3 = Größte Astbreite	X_{12} = Max. Höhe des Incisura mandibulae
X_4 = Kleinste Astbreite	X_{13} = Breite des Incisura mandibulae
X_5 = Kinnhöhe	X_{14} = Alveolarlänge zwischen 1. Prämolaren und 2. Molaren
X_6 = Höhe des Corpus mandibulae	X_{15} = Bimentalbreite
X_7 = Gesamtlänge des Unterkiefers	X_{16} = Dicke des Unterkieferkörpers
X_8 = Kondylenhöhe	X_{17} = Winkelbreite
X_9 = Koronoidhöhe	X_{18} = Kondylenbreite
X_{10} = Länge des Corpus mandibulae	X_{19} = Koronoidbreite
X_{11} = Max. Länge des Kondylus	

Tabelle 1. Liste der 17 Meßparameter (X_3 – X_{19}), mit denen die vollständigen Unterkieferknochen charakterisiert wurden

-
- X_3 : Größte Astbreite: Größte Breite des Ramus mandibulae senkrecht auf die Asthöhe. Gleitzirkel
- X_4 : Kleinste Astbreite: Kleinste Breite des Unterkieferastes senkrecht auf die Höhe. Gleitzirkel
- X_5 : Kinnhöhe: Gradlinige Entfernung des Infradentale vom Gnathion. Gleitzirkel
- X_6 : Höhe des Corpus mandibulae: Abstand des tiefsten Punktes des Alveolarrandes vom Unterrand des Unterkiefers senkrecht zur Basis im Niveau des zweiten Prämolaren. Gleitzirkel
- X_7 : Gesamtlänge (Tiefe) des Unterkiefers: Abstand des Vorderrandes des Kinns einer Vertikalebene, die die Hinterflächen der Kondylen berührt
- X_8 : Kondylenhöhe: Gradlinige Entfernung vom höchsten Punkt des Capitulum mandibulae zum Basalrand des Unterkiefers in Richtung über das definierte Gonion hinweg. Gleitzirkel
- X_9 : Vordere Asthöhe (Koronoidhöhe): Gradlinige Entfernung von der Spitze des Processus coronoideus zum Basalrand des Unterkiefers. Gleitzirkel
- X_{10} : Länge (Tiefe) des Corpus mandibulae: Die vom Vorderrand des Kinns auf die Verbindungslinie beider Gonien gefällte Senkrechte
- X_{11} : Maximale Länge des Kondylus: Abstand des am weitesten nach lateral vorragenden Punktes des Kondylus lateralis von dem am weitesten nach medial vorragenden Punkt desselben Kondylus. Gleitzirkel
- X_{12} : Maximale Höhe (Tiefe) der Incisura mandibulae: Senkrechte Entfernung des tiefsten Punktes der Incisura mandibulae von einer das Koronion und den höchsten Punkt des Capitulum mandibulae verbindenden Geraden
- X_{13} : Breite der Incisura mandibulae: Gradlinige Entfernung des Koronion vom höchsten Punkt des Capitulum mandibulae. Gleitzirkel
- X_{14} : Alveolarlänge zwischen erstem Prämolaren und zweitem Molaren: Der am äußeren Alveolarrand gemessene Abstand zwischen der Mitte des ersten Prämolaren und der Mitte des zweiten Molaren derselben Seite. Gleitzirkel
- X_{15} : Bimentalbreite: Gradlinige Entfernung der inneren Ränder der beiden Foramina mentalia voneinander (nicht als Sehne, sondern als Kreisbogenumfang). Fadenmessung
- X_{16} : Dicke des Unterkiefers im Bereich der Prominentia lateralis: Größte Entfernung der medialen von der lateralen Knochenfläche im Bereich der Prominentia lateralis senkrecht zur Höhenachse des Unterkiefers. Gleitzirkel
- X_{17} : Winkelbreite des Unterkiefers: Gradlinige Entfernung der beiden Gonion. Gleitzirkel
- X_{18} : Kondylenbreite: Abstand der beiden Kondylia lateralia voneinander. Gleitzirkel
- X_{19} : Koronoidbreite: Gradlinige Entfernung der beiden Koronion voneinander. Gleitzirkel
-

X_1 wurde als Variable der Gruppe A (männlich),

X_2 der Gruppe B (weiblich) zugewiesen

Rechenprogramm

Zur Erstellung der Diskriminanzanalyse wurde die HB-Version BMDP-81 des Programms: BMDP 7M-stepwise discriminant analysis – Departement of Biomathematics, University of California, Los Angeles CA 90024 (213) 825-5940 TWX UCLA zur Benutzung von Honeywell DPS 8 Level 66 – Series 6000/600 By vom Aberdeen University computing centre zur Verfügung gestellt.*

* Wir danken Frau Dr. Kuhnert, Institut für Med. Statistik und Dokumentation der Universität Mainz für die freundliche Unterstützung

Unterkieferfragmenttypen

Bei einem Polytrauma können bevorzugt folgende Bruchtypen des Unterkiefers vorkommen:

Typ I: Unterkieferhälfte

Typ II: Fragment, bei dem das Corpus mandibulae vorhanden ist.

Typ III: Fragment, bei dem der Ramus mandibulae vorhanden ist.

Typ IV: Fragment, bei dem die Pars mentalia fehlt.

Für diese Fragmenttypen (I–IV) wurden aus den 17 Meßparameter (2.3) diejenigen Meßstrecken ermittelt, die am betreffenden Bruchstück meßbar sind. Mit den am vollständigen Unterkieferknochen ermittelten betreffenden Meßlängen wurde dann für die Modellbruchtypen I–IV je eine weitere stufenweise Diskriminanzanalyse durchgeführt (2.4).

Ergebnisse*Vollständiger Unterkiefer*

In Abb. 1 sind die wesentlichen Ergebnisse der Diskriminanzanalyse für vollständige Unterkieferknochen zusammengefaßt. Bei den Klassifikationsfunktionen lassen sich die signifikanten Meßparameter (X_7 , X_8 , X_{14} , X_{17} , X_{19}) und ihre dazugehörigen Koeffizienten k der Diskriminanzfunktionen für die Gruppe A (männlich) und B (weiblich) sowie die entsprechenden Konstanten K_{cA} und K_{cB} ablesen.

Klassifikationsfunktionen

Variable	Koeffizienten k	
	Gruppe A	Gruppe B
X_7	1,63421	1,51111
X_8	1,45988	1,31970
X_{14}	3,33355	3,04254
X_{17}	0,90888	0,82593
X_{19}	2,87911	2,74139
Konstante K_c	-372,79113	-321,86137

Diskriminanzfunktionen

$$Y' = k_{7A}X_7 + k_{8A}X_8 + k_{14A}X_{14} + k_{17A}X_{17} + k_{19A}X_{19} + K_{cA}$$

$$Y'' = k_{7B}X_7 + k_{8B}X_8 + k_{14B}X_{14} + k_{17B}X_{17} + k_{19B}X_{19} + K_{cB}$$

Klassifikationsmatrix

Gruppe	Zutreffende Klassifikation (%)	Zuordnung der Fälle (n)	
		A	B
A _(männlich)	82,6	90	19
B _(weiblich)	79,5	18	70
Total	81,2	108	89

Abb. 1. Ergebnisse der Diskriminanzanalyse für vollständige Unterkiefer, Klassifikationsfunktionen, Koeffizienten, Diskriminanzfunktionen und Klassifikationsmatrix

Für die praktische Anwendung bedeutet dies, daß die Ermittlung dieser 5 Meßstrecken allein bereits ausreicht, um mit höchstmöglicher Zuordnungswahrscheinlichkeit die Geschlechtsbestimmung vorzunehmen.

Die Klassifikationsmatrix gibt die Einordnung der Fälle (n) in die Geschlechtsgruppe A und B an. An unserem Untersuchungsgut wurden insgesamt 81,2% der Fälle richtig klassifiziert. Die Zuordnung zum weiblichen Geschlecht erfolgte in 79,5% und in 82,6% zum männlichen Geschlecht zutreffend.

Unterkieferfragment Typ I

Die Abb.2 zeigt die Ergebnisse der stufenweisen Diskriminanzanalyse für Unterkieferhälften. Als signifikante Meßstrecken wurden ermittelt:

X_9 = Koronoidhöhe

X_{13} = Breite der Incisura mandibule

X_{14} = Alveolarlänge zwischen dem 1. Prämolaren und 2. Molaren

X_{19} = Koronoidbreite

Mit diesen 4 Meßparameter an einer Unterkieferhälfte war es möglich, 79,7% der Fälle dem richtigen Geschlecht zuzuordnen. Bei 81,7% der männlichen Unterkieferhälften (Gruppe A) und 77,3% der weiblichen Unterkieferhälften (Gruppe B) wurde das Geschlecht zutreffend klassifiziert.

Klassifikationsfunktionen

Variable	Koeffizienten k	
	Gruppe A	Gruppe B
X_9	1,10611	0,95155
X_{13}	3,81161	3,58601
X_{14}	3,22688	2,96015
X_{19}	3,62053	3,43740
Konstante K_c	-328,92590	-285,90701

Diskriminanzfunktionen

$$Y' = k_{9A}X_9 + k_{13A}X_{13} + k_{14A}X_{14} + k_{19A}X_{19} + K_{cA}$$

$$Y'' = k_{9B}X_9 + k_{13B}X_{13} + k_{14B}X_{14} + k_{19B}X_{19} + K_{cB}$$

Klassifikationsmatrix

Gruppe	Zutreffende Klassifikation (%)	Zuordnung der Fälle (n)	
		A	B
A _(männlich)	81,7	89	20
B _(weiblich)	77,3	20	68
Total	79,7	109	88

Abb.2. Klassifikationsfunktionen, Diskriminanzfunktionen und Klassifikationsmatrix der Diskriminanzanalyse für Unterkieferhälften (Typ I)

Unterkieferfragment Typ II

Abbildung 3 zeigt die Ergebnisse der Diskriminanzanalyse bei Unterkieferbruchstücken, bei denen der Ramus ascendens fehlt.

Als repräsentative Meßparameter wurden ermittelt:

X_5 = Kinnhöhe

X_{14} = Alveolarlänge zwischen 1. Prämolaren und 2. Molaren

X_{15} = Bimentalbreite

Mit diesen 3 Meßparameter war es möglich, insgesamt 72,1% der Bruchstücke des Frakturtyps II richtig zu klassifizieren. Die zutreffende Bestimmung war in 72,5% der männlichen und in 71,6% der weiblichen Unterkieferfragmente dieses Typs möglich.

Klassifikationsfunktionen

Variable	Koeffizienten k	
	Gruppe A	Gruppe B
X_5	2,12617	1,89052
X_{14}	1,51441	1,32847
X_{15}	3,61890	3,45096
Konstante K_c	-150,77927	-130,25202

Diskriminanzfunktionen

$$Y' = k_{5A}X_5 + k_{14A}X_{14} + k_{15A}X_{15} + K_{cA}$$

$$Y'' = k_{5B}X_5 + k_{14B}X_{14} + k_{15B}X_{15} + K_{cB}$$

Klassifikationsmatrix

Gruppe	Zutreffende Klassifikation (%)	Zuordnung der Fälle (n)	
		A	B
A(männlich)	72,5	79	30
B(weiblich)	71,6	25	63
Total	72,1	104	93

Abb.3. Klassifikationsfunktionen, Diskriminanzfunktionen und Klassifikationsmatrix der Diskriminanzanalyse für Unterkieferfragmente des Typs II

Unterkieferfragment Typ III

In Abb.4 sind die Ergebnisse zusammengefaßt. Als signifikante Parameter wurden an Unterkieferbruchstücken, bei denen der Ramus horizontalis fehlt, folgende Meßstrecken ermittelt:

X_3 = größte Ramusbreite

X_9 = Koronoidhöhe

X_{11} = maximale Länge des Kondylus

X_{19} = Koronoidbreite

Eine richtige Klassifikation erfolgte in 78,2% der Fälle (77,1% männlich, 79,5% weiblich).

Klassifikationsfunktionen

Variable	Koeffizienten k	
	Gruppe A	Gruppe B
X_3	3,58999	3,36947
X_9	1,02522	0,87371
X_{11}	2,31354	2,06040
X_{19}	3,05579	2,92286
Konstante K_c	-286,61896	-249,39384

Diskriminanzfunktionen

$$Y' = k_{3A}X_3 + k_{9A}X_9 + k_{11A}X_{11} + k_{19A}X_{19} + K_{cA}$$

$$Y'' = k_{3B}X_3 + k_{9B}X_9 + k_{11B}X_{11} + k_{19B}X_{19} + K_{cB}$$

Klassifikationsmatrix

Gruppe	Zutreffende Klassifikation (%)	Zuordnung der Fälle (n)	
		A	B
A _(männlich)	77,1	84	25
B _(weiblich)	79,5	18	70
Total	78,2	102	95

Abb.4. Klassifikationsfunktionen, Diskriminanzfunktionen und Klassifikationsmatrix der Diskriminanzanalyse für Unterkieferfragmente (Typ III)

Unterkieferfraktur Typ IV

Abbildung 5 zeigt die wesentlichen Ergebnisse für Unterkieferbruchstücke, bei denen die pars mentalia fehlt.

Als signifikante Meßstrecken wurden ermittelt:

X_3 = größte Ramusbreite

X_9 = Koronoidhöhe

X_{11} = Maximale Länge des Kondylus

X_{19} = Koronoidbreite

Damit wurden insgesamt 78,2% der Fälle richtig klassifiziert (77,1% männlich, 79,5% weiblich).

Für den Fragmenttyp III und IV ergaben sich somit die gleichen repräsentativen Parameter, Koeffizienten und Diskriminanzfunktionen.

Klassifikationsfunktionen

Variable	Koeffizienten k	
	Gruppe A	Gruppe B
X ₃	3,58999	3,36947
X ₉	1,02522	0,87371
X ₁₁	2,31354	2,06040
X ₁₉	3,05579	2,92286
Konstante K _c	-286,61896	-249,39384

Diskriminanzfunktionen

$$Y' = k_{3A}X_3 + k_{9A}X_9 + k_{11A}X_{11} + k_{19A}X_{19} + K_{cA}$$

$$Y'' = k_{3B}X_3 + k_{9B}X_9 + k_{11B}X_{11} + k_{19B}X_{19} + K_{cB}$$

Klassifikationsmatrix

Gruppe	Zutreffende Klassifikation (%)	Zuordnung der Fälle (n)	
		A	B
A (männlich)	77,1	84	25
B (weiblich)	79,5	18	70
Total	78,2	102	95

Abb. 5. Klassifikationsfunktionen, Diskriminanzfunktionen und Klassifikationsmatrix der Diskriminanzanalyse für Unterkieferfragmente (Typ IV)

Anwendungsbeispiel

An einem Unterkiefer/Unterkieferfragment soll eine Geschlechtsbestimmung erfolgen.

Allgemeines vorgehen:

- Ermittlung der signifikanten Meßstrecken.
- Einsetzen der Meßwerte X_i in die Diskriminanzfunktionen Y' der Fallgruppe A und Y'' der Fallgruppe B (3.1–3.5).
- Der größte Y-Wert bezeichnet die zutreffende Fallgruppe (A = männlich; B = weiblich).

Beispiel: vollständiger Unterkiefer

- signifikante Meßparameter (mm)
 - X₇ = Gesamtlänge des Unterkiefers = 116,2
 - X₈ = Kondylenhöhe = 74,2
 - X₁₄ = Alveolarlänge zwischen
1. Prämolaren und 2. Molaren = 26,0

- X_{17} = Winkelbreite = 99,8
 X_{19} = Koronoidbreite = 100,7
- b) Mit den Koeffizienten k_A und K_{cA} ergibt $Y' = 392,73205$ (3.1)
 Mit den Koeffizienten k_B und K_{cB} ergibt $Y'' = 389,24317$
- c) In diesem Fall ist Y' größer als Y'' , das bedeutet, der Unterkiefer ist der Fallgruppe A (männlich) zuzuordnen.

Diskussion

Neben dem Skelett ist am Becken und am Schädel am leichtesten eine Geschlechtsbestimmung vorzunehmen [5, 7, 9]. Nach unseren Ergebnissen ist auch der isolierte Unterkiefer mit einer geringen Anzahl durchzuführender Messungen dafür geeignet. Für die allgemeine Anwendung von Diskriminanzfunktionen für das Problem der Geschlechtsbestimmung an Skelettknochen sei auf die Literatur verwiesen [1–4, 6]. Unsere Ergebnisse, die anhand von 17 Meßgrößen an 197 Unterkieferknochen ermittelt wurden und in insgesamt 81,2% der Fälle eine zutreffende Geschlechtsklassifizierung ergaben, bestätigen die Untersuchungen von Giles, der an amerikanischen Unterkiefern der weißen und schwarzen Rasse mit 9 Diskriminanzfunktionen 85% der Fälle dem richtigen Geschlecht zuordnete [2].

Unsere Untersuchungen wurden an Unterkiefermaterial aus dem Rhein-Main-Neckargebiet durchgeführt und repräsentieren einen Populationsquerschnitt dieser Region, während Giles seine Untersuchungen an einem ausgesuchten Untersuchungsgut und einer erheblich kleineren Fallzahl der weißen Rasse ($n = 61$) vornahm [2]. Der umfangreiche Datenpool ermöglichte die Durchführung der Diskriminanzanalysen auch für Unterkieferbruchstückmodelle häufiger Frakturtypen. Die Ergebnisse zeigen eindeutig, daß es auch anhand nur eines typischen Unterkieferfragments möglich sein kann, eine Geschlechtsbestimmung durchzuführen. Über die Anwendung dieser Ergebnisse, die an einer Testgruppe von Unterkieferfragmenten überprüft wurden, wird berichtet werden [10].

Es war Ziel der Autoren, die Ergebnisse der durchgeführten stufenweisen Diskriminanzanalysen für die einfache Handhabung in der Praxis zu vermitteln. Auf eine biostatistische Darstellung und anthropologische Interpretation wurde im Rahmen dieser Arbeit bewußt verzichtet.

Literatur

1. Giles E, Elliot O (1963) Sex determination by discriminant function analysis of crania. *Am J Phys Anthropol* 21: 53–68
2. Giles E (1964) Sex determination by discriminant function analysis of the mandible. *Am J Phys Anthropol* 22: 129–135
3. Hanihara K (1959) Sex diagnosis of Japanese skulls and scapulae by means of discriminant function. *J Anthrop Soc Nippon* 67: 191–197
4. Hanihara K, Kimura K, Minamidate T (1964) The sexing of Japanese skeleton by means of discriminant function. *Nihon Hôigaku Zassi (Japanese J Forensic Med)* 18: 107–114

5. Krogman WM (1962) The human skeleton in forensic medicine. Charles C. Thomas, Springfield, USA
6. Martin ES (1936) A study of an Egyptian series of mandibles, with special reference to mathematical methods of sexing. *Biometrika* 28: 149–178
7. Martin-Saller (1957) *Lehrbuch der Anthropologie*, 3. Aufl, BdI. Gustav Fischer, Stuttgart
8. Steel FLD (1962) The sexing of long bones, with reference to the St. Bridge's series of identified skeletons. *J Royal Anthropol Inst* 92: 212–222
9. Stewart TD (ed) (1952) Hrdlička's practical anthropometry, 4th ed. Wistar Institute of Anatomy and Biology. Philadelphia
10. Endris R, Pötsch-Schneider L (1984) Sex determination of lower jaw fragments. (In press)

Eingegangen am 23. Juli 1984