

Journal für
Mineralstoffwechsel

Zeitschrift für Knochen- und Gelenkerkrankungen
Orthopädie • Osteologie • Rheumatologie

**Einfluß der Knochendichte auf das
Bruchverhalten und die Stabilität
nach Osteosynthese am proximalen
Humerus**

Fankhauser F, Boldin Ch

Bratschitsch G, Leb G, Sablatnög H

Schippinger G, Szyszkowitz R

Weber K

Journal für Mineralstoffwechsel &

Muskuloskeletale Erkrankungen

2002; 9 (1), 28-30

Homepage:

**[www.kup.at/
mineralstoffwechsel](http://www.kup.at/mineralstoffwechsel)**

**Online-Datenbank mit
Autoren- und Stichwortsuche**

Member of the  **DOAJ**
DIRECTORY OF
OPEN ACCESS
JOURNALS

Indexed in SCOPUS/EMBASE/Excerpta Medica
www.kup.at/mineralstoffwechsel



Offizielles Organ der
Österreichischen Gesellschaft
zur Erforschung des Knochens
und Mineralstoffwechsels



Österreichische Gesellschaft
für Orthopädie und
Orthopädische Chirurgie



Österreichische
Gesellschaft
für Rheumatologie

Krause & Pachernegg GmbH · VERLAG für MEDIZIN und WIRTSCHAFT · A-3003 Gablitz

P. b. b. G 2022031108M, Verlagspostamt: 3002 Purkersdorf, Erscheinungsort: 3003 Gablitz

EINFLUSS DER KNOCHENDICHTE AUF DAS BRUCHVERHALTEN UND DIE STABILITÄT NACH OSTEOSYNTHESE AM PROXIMALEN HUMERUS

Summary

Introduction: The proximal humerus is involved in 4–5% of all fractures of the extremities. Elderly people with poor bone quality are most likely to be afflicted. It seems that bone density has a dominant role with regard to genesis of the fracture and the results after operative treatment of proximal humerus fractures.

Material and methods: Cadaver proximal humerus bones were measured with DEXA (Dual Energy X-Ray Absorptiometry). The bones were then subjected to bending stress before and after osteosynthesis with screws and the results were set in correlation with bone density and size of bones.

Results: With regard to bone density the results of the bending test were highly significant, but not with regard to bone size. The results of the stress tests after osteosynthesis were also significant under consideration of bone density. The quality of the bones was dominant over size, number and position of screws.

Discussion: Beneath development of new techniques and implants in the operative treatment of proximal humerus fractures we should direct attention to the quality of bone itself, which determines risk of fracture and stability after osteosynthesis.

gelegt werden, welche das Frakturrisiko und die Stabilität nach operativer Versorgung determiniert.

EINLEITUNG

Frakturen des proximalen Humerus stellen 4–5 % aller Extremitätenfrakturen dar und betreffen insbesondere den älteren Menschen mit schlechter Knochenqualität [1]. Bei einem Großteil dieser Brüche handelt es sich um stabile Frakturformen, die unter entsprechender konservativer Therapie meist gute Heilungsergebnisse aufweisen [2]. Problematisch sind allerdings meist jene Frakturen, die aufgrund ihrer Komplexität und ihres Schweregrades eine operative Versorgung erfordern. Es sind dies je nach Angabe in der Literatur 15–40 % aller proximalen Oberarmbrüche, in erster Linie Mehrfragmentfrakturen sowie auch einfachere Frakturen mit entsprechender Dislokation [3].

Aufgrund der besonderen Anatomie des Humeruskopfes mit den Tuberkula und der an diesen ansetzenden Rotatorenmanschette beziehungsweise Muskeln sowie der bei Frakturen oftmals prekären Durchblutungssituation ergeben sich besondere Anforderungen an den Chirurgen. Neben der richtigen Einschätzung der fraktur- und behandlungsspezifischen Risiken wie Pseudarthrosen, Infekte und avaskuläre Kopfnekrosen entscheidet insbesondere die Qualität des Knochens und damit eine sichere Verankerung von Implantaten über den Erfolg der gewählten Behandlung [4, 5]. Das Ziel wäre eine stabile Osteosynthese, die nach Möglichkeit eine frühfunktionelle Nachbehandlung erlaubt, um Bewegungseinschränkungen weitgehend zu vermeiden. Der operative Eingriff sollte dabei möglichst schonend ohne großflächiges Denudieren des Knochens erfolgen. Operative Verfahren, welche

ZUSAMMENFASSUNG

Einleitung: Frakturen des proximalen Humerus stellen 4–5 % aller Extremitätenfrakturen dar und betreffen insbesondere den älteren Menschen mit schlechter Knochenqualität. Das Ausmaß der Knochenqualitätsminderung scheint der dominierende Faktor über andere Aspekte bei der Fraktur-entstehung sowie der operativen Behandlung proximaler Oberarmfrakturen zu sein.

Material und Methode: An Leichenhumeri wurde primär mittels DEXA (Dual Energy X-Ray Absorptiometry) eine Knochendichtemessung durchgeführt. Im Anschluß wurden alle Knochen einer Biegebelastung ausgesetzt und dabei die Bruchfestigkeit des jeweiligen Humerus in Korrelati-

on zur Knochendichte gesetzt. Nach Schraubenosteosynthese wurde neuerlich ein Belastungstest durchgeführt und dieses Ergebnis in Korrelation zur Knochendichte gesetzt.

Ergebnisse: Unter Berücksichtigung der Knochendichte zeigten sich die Ergebnisse des Biegeversuchs hochsignifikant, nicht jedoch im Hinblick auf die Knochengröße. Auch die Belastungstests nach Versorgung mittels Schrauben waren hochsignifikant im Hinblick auf die Korrelation zur Knochendichte, wobei die Knochendichte über andere Parameter wie Schraubengröße, -anzahl und -position dominierte.

Diskussion: Neben der Weiterentwicklung von Technik und Implantaten zur Versorgung proximaler Humerusfrakturen sollte das Hauptaugenmerk auf die Qualität des Knochens selbst

1) Universitätsklinik für Unfallchirurgie Graz;

2) Abteilung für Endokrinologie und Nuklearmedizin, Medizinische Universitätsklinik Graz;

3) Technische Versuchs- und Forschungsanstalt, Technische Universität Graz

diese Aspekte berücksichtigen, werden zunehmend unter dem Titel „minimal-invasive“ Verfahren vorgestellt [6]. Am proximalen Humerus stellt hierbei neben anderen Techniken die gedeckte Verschraubung eine anerkannte Methode dar. Dabei werden nach Reposition der Fraktur unter Bildwandlerkontrolle über kleine Hautinzisionen gelochte Schrauben über vorgelegte Bohrdrähte eingebracht. Durch dieses Verfahren konnten die Raten an Humeruskopfnekrosen, Infekten und Einschränkungen im Bewegungsumfang reduziert werden, allerdings kam es häufiger zu Redislokationen als bei herkömmlichen Verfahren mit offener Reposition und Stabilisierung mittels Platte [7, 8].

Ziel der vorliegenden Studie war es daher, den Einfluß der Knochendichte sowohl auf das Bruchverhalten bei proximalen Humerusfrakturen als auch auf die Stabilität nach Schraubenosteosynthese zu bestimmen.

MATERIAL UND METHODIK

Es wurden 35 rechte und 29 linke proximale Leichenhumeri für diese biomechanische Studie herangezogen. Zum Ausschluß von Knochen mit vorhergegangenen Frakturen oder tumorösen Veränderungen wurde jeweils ein standardisiertes Nativröntgen im anteroposterioren Strahlengang angefertigt.

Unter Verwendung des HOLOGIC QDR:4500A CT-Scans wurde die Knochendichte aller Humeri gemessen. Es wurde die jeweilige Knochendichte im Ausmaß eines Rechteckes über dem Humerkopf ermittelt, wobei die Breite desselben dem größten Durchmesser des Humerkopfes entsprach und sich die Länge aus der Breite plus 10 % ergab und dabei das Collum chirurgicum inkludierte. Es wurde über den Mittelwert zweier Messungen jeweils nach Neupositionierung des Knochenpräparates die Gesamtknochendichte in gms/cm^2 ermittelt. In weiterer Folge wurden die Humeri nun nach Größe geordnet und in acht Größengruppen eingeteilt. Aus jeder dieser Größengruppen wurde jeweils einer entnommen und daraus wurden so insgesamt acht Serien gebildet. Innerhalb jeder Serie wurden die Knochen nach Dichte geordnet.

Über eine subcapital gelegte, standardisierte Sollbruchstelle wurden die Leichenhumeri nun im Rahmen eines Biegeversuchs mit Varus-Stress frakturiert und mittels Schraubenosteosynthese versorgt und diese über einen Torsions- bzw. Biegeversuch auf ihre Stabilität überprüft.

ERGEBNISSE

Die Knochendichtemessung ergab einen Durchschnittswert von $0,54 \text{ gms/cm}^2$ mit einer Standardabweichung von $0,11$. Es zeigte sich eine signifikant positive Korrelation zwischen Humerkopfgröße und Knochendichte (Pearson $r = 0,70$, $p < 0,0001$).

Der Regressionskoeffizient der Knochendichte auf die Humeruskopfgröße war $b = 0,011$.

Der im Anschluß daran durchgeführte Biegeversuch zeigte eine Bruchfestigkeit der untersuchten Knochen an subcapitaler Stelle bei einer F_{max} von 220–2214 N (durchschnittlich 925 bei einer Standardabweichung von 475).

Die Pearson-Korrelation zwischen Knochendichte und der logarithmierten Bruchfestigkeit war 0,71 ($p < 0,0001$). Die Pearson-Korrelation zwischen Humeruskopfgröße und logarithmierter Bruchfestigkeit war 0,42 ($p = 0,0006$). Der partielle Korrelationskoeffizient zwischen Humeruskopfgröße und logarithmierter Bruchfestigkeit bezüglich Knochendichte war mit 0,05 nicht signifikant ($p = 0,67$).

Sowohl der Biegeversuch als auch der Torsionsversuch nach Verschraubung zeigten einen statistisch hochsignifikanten Einfluß der Knochendichte nicht jedoch der Humeruskopfgröße oder der Schraubenanzahl auf die Stabilität.

DISKUSSION

Durch die vorliegende Studie sollten Antworten auf die Fragen nach der primären Belastbarkeit von Humerusknochen unter Biegebeanspruchung unter Berücksichtigung der Knochendichte sowie deren Einfluß auf die Stabilität nach Schraubenosteosynthese gefunden werden [9]. Da eine exakte Beurteilung der Knochendichte anhand des Nativröntgens allein nicht aussagekräftig ist, konnten hierdurch lediglich Knochen mit tumorösen Veränderungen bzw. vorangegangenen Frakturen ausselektiert werden [10].

Bei der Bestimmung der Knochendichte mit dem Meßverfahren DEXA (Dual Energy X-Ray Absorptiometry)

wurde ein Rechteck über den Humeruskopf gebildet und die Messung nach Neupositionierung des Knochens wiederholt, um hieraus einen verlässlicheren Mittelwert zu erhalten. Eine eigenes Programm wie zum Beispiel für die Hüfte oder die Wirbelsäule existiert für den proximalen Humerus noch nicht.

Die Korrelation zwischen Humeruskopfgröße und Knochendichte wird durch das Meßverfahren DEXA selbst verursacht. Darüberhinaus gibt es geschlechtsspezifische Unterschiede in der Knochendichte und der Knochengröße und größere Knochen haben im allgemeinen eine höhere archimedische Dichte. Im Rahmen des primären Biegeversuchs konnte somit ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Knochendichte und maximaler Biegebelastung gezeigt werden. Eine Signifikanz betreffend die Knochengröße konnte jedoch bei diesem Test nicht erzielt werden. Dies bedeutet offensichtlich, daß die Knochengröße in der Knochendichte berücksichtigt ist bzw. kleinere Knochen trotz geringerer Knochendichte aufgrund des kleineren Durchmessers ähnlichen Belastungen standhalten.

Es kann also die Knochendichte allein zur Abschätzung des Frakturrisikos und der Belastbarkeit herangezogen werden, wobei dies durch den schwächsten Knochen mit einer BMD von 0,21 und einer F_{max} von 220 N im Vergleich zum dichtesten Knochen mit einer BMD von 0,73 und einer F_{max} , welche den zehnfachen Wert aufweist, verdeutlicht werden soll [1].

Die Betrachtung der Werte nach Stabilisierung mittels Schraubenosteosynthese unterstreicht den Einfluß der Knochendichte, welcher sämtliche anderen Faktoren wie Schraubenanzahl, -größe und -position überstrahlt.

Neben der Weiterentwicklung von Technik und Implantaten zur Versorgung proximaler Humerusfrakturen

sollte das Hauptaugenmerk doch auf die Qualität des Knochens selbst gelegt werden, da diese einerseits die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Frakturen bei entsprechendem Trauma und andererseits die Stabilität nach operativer Versorgung mit Osteosynthesematerial und damit auch die Form der Nachbehandlung und somit letztlich die Funktion der betroffenen Schulter determiniert.

Literatur:

1. Andresen R, Haidekker MA, Radmer S, Banzer D. CT determination of bone mineral density and structural investigations on the axial skeleton for estimating the osteoporosis related fracture risk by means of a risk score. *Br J Radiol* 1999; 72: 569–78.
2. Zyto K. Non-operative treatment of comminuted fractures of the proximal humerus in elderly patients. *Injury* 1998; 29: 349–52.
3. Szyszkowitz R, Schippinger G. Fractures of the proximal humerus. *Unfallchirurg* 1999; 102: 422–8.
4. Rees J, Hicks J, Ribbans W. Assessment and management of three- and four-part proximal humeral fractures. *Clin Orthop* 1998; 353: 18–29.
5. Bono CM, Grossman MG, Hochwald N, Tometta P 3rd. Radial and axillary nerves. Anatomic considerations for humeral fixation. *Clin Orthop* 2000; 373: 259–64.
6. Jaberg H, Warner JJ, Jakob RP. Percutaneous stabilization of unstable fractures of the humerus. *J Bone Joint Surg Am* 1992; 74: 508–15.
7. Resch H, Povacz P, Fröhlich R, Wambacher M. Percutaneous fixation of three- and four-part fractures of the proximal humerus. *J Bone Joint Surg Br* 1997; 79: 295–300.
8. Fankhauser F, Schippinger G, Seibert FJ, Boldin CH, Peicha G. Indications and complications in percutaneous screwing of proximal humerus fractures. *Soemen Orthopaedia ja Traumatologia* 2001; 24: 357–60.
9. Koval KJ, Blair B, Takei R, Kummer FJ, Zuckermann JD. Surgical neck fractures of the proximal humerus: a laboratory evaluation of ten fixation techniques. *J Traumatol* 1996; 40: 778–83.
10. Grampp S, Jergas M, Gluer CC, Lang P, Brastow P, Genant HK. Radiologic diagnosis of osteoporosis. Current methods and perspectives. *Radiol Clin North Am* 1993; 31: 1133–45.

Korrespondenzadresse:

Dr. med. Florian Fankhauser
Universitätsklinik für Unfallchirurgie
Graz
A-8036 Graz, Auenbruggerplatz 7a
e-mail:
florian.fankhauser@klinikum-graz.at

Mitteilungen aus der Redaktion

Besuchen Sie unsere zeitschriftenübergreifende Datenbank

[Bilddatenbank](#)

[Artikeldatenbank](#)

[Fallberichte](#)

e-Journal-Abo

Beziehen Sie die elektronischen Ausgaben dieser Zeitschrift hier.

Die Lieferung umfasst 4–5 Ausgaben pro Jahr zzgl. allfälliger Sonderhefte.

Unsere e-Journale stehen als PDF-Datei zur Verfügung und sind auf den meisten der marktüblichen e-Book-Readern, Tablets sowie auf iPad funktionsfähig.

[Bestellung e-Journal-Abo](#)

Haftungsausschluss

Die in unseren Webseiten publizierten Informationen richten sich **ausschließlich an geprüfte und autorisierte medizinische Berufsgruppen** und entbinden nicht von der ärztlichen Sorgfaltspflicht sowie von einer ausführlichen Patientenaufklärung über therapeutische Optionen und deren Wirkungen bzw. Nebenwirkungen. Die entsprechenden Angaben werden von den Autoren mit der größten Sorgfalt recherchiert und zusammengestellt. Die angegebenen Dosierungen sind im Einzelfall anhand der Fachinformationen zu überprüfen. Weder die Autoren, noch die tragenden Gesellschaften noch der Verlag übernehmen irgendwelche Haftungsansprüche.

Bitte beachten Sie auch diese Seiten:

[Impressum](#)

[Disclaimers & Copyright](#)

[Datenschutzerklärung](#)