

# Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	1
1.1	Einführung	1
1.2	Grundlagen	3
1.2.1	Frakturentstehung und Klassifizierung	3
1.2.2	Trümmerfrakturen	3
1.2.3	Biologische Osteosynthese	5
1.2.4	Grundlagen der orthopädischen Biomechanik	6
2.	Literaturübersicht	11
2.1	Die Platten-Nagel-Kombination	11
2.1.1	Biomechanischer Hintergrund	11
2.1.1.1	Knochenmarksnägel	11
2.1.1.2	Knochenplatten	13
2.1.1.3	Platten-Nagel-Kombinationen	15
2.1.2	Klinische und biologische Bedeutung der Platten-Nagel-Kombination	16
2.1.3	Nachteile der Platten-Nagel-Kombination	17
2.2	Der Verriegelungsnagel	18
2.2.1	Der Verriegelungsnagel in der Humanchirurgie	18
2.2.2	Der Verriegelungsnagel in der Kleintierchirurgie	19
2.2.2.1	Geschichte	19
2.2.2.2	Indikation und Kontraindikation	20
2.2.2.3	Planung der Operation	21
2.2.2.4	Heilung mit dem Verriegelungsnagel	22
2.2.3	Klinische Resultate des Verriegelungsnagels in der Kleintierchirurgie	23
2.2.3.1	Fallberichte	23
2.2.3.2	Komplikationen	25
2.2.3.3	Zusammenfassung der klinischen Erfahrungen	27
2.2.4	Biomechanik des Verriegelungsnagels in der Kleintierchirurgie	28
2.2.4.1	Torsion	30
2.2.4.2	Kompression	32
2.2.4.3	Biegung	32
2.2.4.4	Klinische Relevanz bisher publizierter Studien	35

3.	Eigene Untersuchungen	37
3.1	Probenmaterial	37
	3.1.1. Auswahlkriterien und Aufbewahrung der Knochen	37
	3.1.2 Implantate	38
3.2	Verwendete Gerätschaften	40
	3.2.1 Zielhilfe zur Implantation der Marknägel	40
	3.2.2 Fraktur-Modell-Konstrukte	41
	3.2.3 Fixierungshilfe zur Einbettung der Fraktur-Modell-Konstrukte	44
	3.2.4 Meßgerät, Testapparaturen und Testeinstellungen	46
	3.2.4.1 Torsionstests	47
	3.2.4.2 Kompressionstests	49
	3.2.4.3 Vier-Punkt-Biegung	50
	3.2.4.4 Tests zur Bestimmung der Festigkeit	52
3.3	Datenerhalt	53
3.4	Praktische Versuchsdurchführung	53
	3.4.1 Pilotstudie	53
	3.4.2 Hauptversuch	53
	3.4.3 Datenüberprüfung für Torsion	54
	3.4.4 Photographie des Verriegelungsnagel-Materials	54
	3.4.5 Lokalisierung des Materialversagens	55
3.5	Datenverarbeitung, Statistik und graphische Auswertung	55
3.6	Ergebnisse der Pilotstudie	56
	3.6.1 Intakte Knochen	56
	3.6.2 Fraktur-Modell-Konstrukte	56
3.7	Ergebnisse des Hauptversuches	56
	3.7.1 Tests im elastischen Bereich	56
	3.7.1.1 Torsion: Innenrotation	57
	3.7.1.2 Torsion: Außenrotation	58
	3.7.1.3 Torsion: Gesamtrotation	59
	3.7.1.4 Kompression	60
	3.7.1.5 Vier-Punkt-Biegung	61
	3.7.1.6 Datenüberprüfung für Torsion	62
	3.7.1.7 Photographie des Verriegelungsnagel-Materials	63
	3.7.2 Bestimmung der Bruchfestigkeit in Torsion, Kompression und Vier-Punkt-Biegung	64
	3.7.3 Lokalisation des Materialversagens im intakten Knochen	65
	3.7.4 Lokalisation des Materialversagens im Fraktur-Modell-Konstrukt	66
	3.7.4.1 Torsion	66
	3.7.4.2 Kompression	67
	3.7.4.3 Vier-Punkt-Biegung	68

4.	Diskussion	69
4.1	Material und Testverfahren	69
4.1.1	Verwendung der Tibia als Frakturmodell	69
4.1.2	Implantate	70
4.1.3	Zielhilfe zur Implantation der Marknägel	73
4.1.4	Herstellung der Fraktur-Modell-Konstrukte	73
4.1.5	Fixierungshilfe	73
4.1.6	Wahl der Testmodi	74
4.1.7	Pilotstudie und Testeinstellungen	74
4.1.8	Testmaschinen	75
4.1.9	Testauswertung	75
4.2	Testergebnisse	77
4.2.1	Torsion	77
4.2.2	Kompression	82
4.2.3	Vier-Punkt-Biegung	84
4.3	Konsequenzen aus der vorliegenden Arbeit	87
4.3.1	Vorschläge zur Verbesserung des Verriegelungsnagels	87
4.3.2	Vorschläge für zukünftige Studien	88
4.4	Limitationen	89
4.5	Klinische Relevanz	90
5.	Zusammenfassung	93
6.	Summary	95
7.	Klinisches Fallbeispiel	97
8.	Literaturverzeichnis	103
9.	Anhang	125
9.1	Abkürzungsverzeichnis	125
9.2	Begriffserklärungen	126
9.3	Formelverzeichnis	129
9.4	Bezugsquellenverzeichnis	131
9.5	Meßwerte	133
9.6	Abbildungs-, Grafiken- und Tabellenverzeichnis	140
9.6.1	Abbildungen	140
9.6.2	Grafiken	141
9.6.3	Tabellen	141
9.7	Danksagung/Acknowledgements	143
9.8	Lebenslauf	144
9.9	Selbständigkeitserklärung	145