

3 Ergebnisse

3.1 Statistische Auswertung und Dokumentation

3.1.1 Beurteilung der Datenverteilung

In Anbetracht der relativ geringen Gruppengröße sowie nach der Erstellung von Histogrammen und P-P-Plots für die Ergebnisse jeder der getesteten Bewegungsrichtungen wurden die Daten in den einzelnen Gruppen als nicht normal verteilt eingestuft.

Die Auswertung erfolgte mittels nicht parametrischer Tests.

3.1.2 Deskriptive Statistik

Die hier dargelegten deskriptiven Statistikparameter umfassen den Median, die 25. und 75. Perzentile. Auch das arithmetische Mittel und die Standardabweichung werden aufgeführt, da dies die in der Literatur bevorzugt veröffentlichten Parameter sind.

3.1.3 Datenvergleich

Betrachtet werden die Testparameter Range of Motion, unterteilt in elastische und neutrale Zone sowie die Steifigkeit, die mit Hilfe des Mann-Whitney-U-Tests bzw. des Kruskal-Wallis-Tests in explorativem Sinne verglichen werden.

Der Vergleich findet dabei zum einen zwischen den Gruppen 1 und 2 (BKS vs. Cage zum Zeitpunkt 3 Monate) und den Gruppen 3 und 4 (BKS vs. Cage zum Zeitpunkt 9 Monate) statt. Außerdem wird die Gruppe 5 mit der Gruppe 3 (24-Monatsergebnisse der Cage-Gruppe mit den 9-Monatsresultaten der BKS-Gruppe) verglichen. Hier kam der Mann-Whitney-U-Test zur Anwendung.

Weiterhin werden die 3- und 9-Monatsergebnisse der mit einem Beckenkammspan behandelten Wirbelsäulen (Gruppe 1 und 3) und die 3-, 9- und 12-Monatsergebnisse der Cage-stabilisierten Wirbelsäulen (Gruppe 2, 4 und 5) beurteilt. Die beiden BKS-Gruppen konnten wiederum durch den Mann-Whitney-U-Test statistisch ausgewertet werden. Bei dem Vergleich der drei Cage-Gruppen kam zunächst der Kruskal-Wallis-Test zum Einsatz und bei auftretenden Signifikanzen wurden nachfolgend die Gruppen paarweise mit dem Mann-

Whitney-U-Test untersucht. Da der Vergleich im explorativen Sinne erfolgte, wurde keine Adjustierung des Signifikanzniveaus vorgenommen.

Es wurden verglichen:

Tabelle 3-1 Übersicht der Vergleichsgruppen

Methodenvergleich	Vergleich über die Zeit
3 Mon BKS mit 3 Mon Cage	3 Mon BKS mit 9 Mon BKS
9 Mon BKS mit 9 Mon Cage	3 Mon Cage mit 9 Mon Cage mit 24 Mon Cage
9 Mon BKS mit 24 Mon Cage	

Das Signifikanzniveau wurde auf $\alpha = 0.05$ festgelegt (=Irrtumswahrscheinlichkeit 5 %). Lag der p-Wert, also das Ergebnis der Signifikanztestung, bei $p < 0.05$ wurde von einem signifikanten Ergebnis gesprochen.

Da bei der geringen Gruppengröße nur bei recht großen Unterschieden der betrachteten Stichproben von einem Auftreten von Signifikanzen auszugehen ist, erscheint auch die Betrachtung von Tendenzen sinnvoll. Als Tendenz sollen p-Werte < 0.1 angesehen werden.

Die auftretenden Unterschiede charakterisieren die im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Proben und stellen keine allgemeingültige Aussage dar.

3.2 Komplikationen

Alle 35 Schafe wiesen nach der Operation weder neurologische Ausfälle noch andere Folgeerscheinungen auf. Alle Tiere standen innerhalb von 24 Std. und nahmen in gewohnter Weise Nahrung auf.

Ein Tier der Gruppe 1 zeigte postoperativ ein Hämatom an der Entnahmestelle des Beckenkamms, das sich jedoch unter konservativer Therapie ohne Komplikationen zurückbildete.

Des Weiteren wurden keine klinischen Zeichen einer lokalen oder systemischen Entzündung beobachtet, noch irgendein mit Schmerzen oder Unwohlsein einhergehendes Verhalten gesehen.

3.3 Biomechanische Ergebnisse

Die Ergebnisse des Bewegungsumfangs (ROM) unterteilt in neutrale (NZ) und elastische (EZ) Zone für die Bewegungsrichtungen Rotation rechts/links, Neigung rechts/links und Flexion/Extension, gemessen nach 3, 9 und 24 postoperativen Monaten sind in den Abbildungen 3-1 bis 3-6 als Boxplots dargestellt. Eine tabellarische Auflistung der Mediane, Mittelwerte, Standardabweichungen und Perzentilen findet sich im Anschluss.

In gleicher Weise sind die Ergebnisse der Steifigkeit in den Abbildungen 3-7 bis 3-9 dargestellt; auch für die Steifigkeit findet sich eine tabellarische Auflistung der oben genannten Werte den Grafiken folgend.

Nach graphischer und tabellarischer Darstellung erfolgt jeweils für den Bewegungsumfang und die Steifigkeit eine verbale Zusammenfassung der Ergebnisse.

3.3.1 Bewegungsumfang (ROM)

Die nachfolgenden Abbildungen 3-1 bis 3-6 zeigen die Ergebnisse der ROM unterteilt in EZ und NZ für alle Bewegungsrichtungen. In einem Boxplotquader sind jeweils für alle 5 Gruppen die ROM, die NZ oder die EZ einer Bewegungsrichtung mit Angabe von Ausreißern und Extremwerten dargestellt. Die 3-Monats-Gruppen sind in rot dargestellt die 9-Monats-Gruppen in grün und die 24-Monats-Gruppe in blau. Die beiden linken Boxplots entsprechen jeweils den BKS-Gruppen, die drei rechten den Cage-Gruppen.

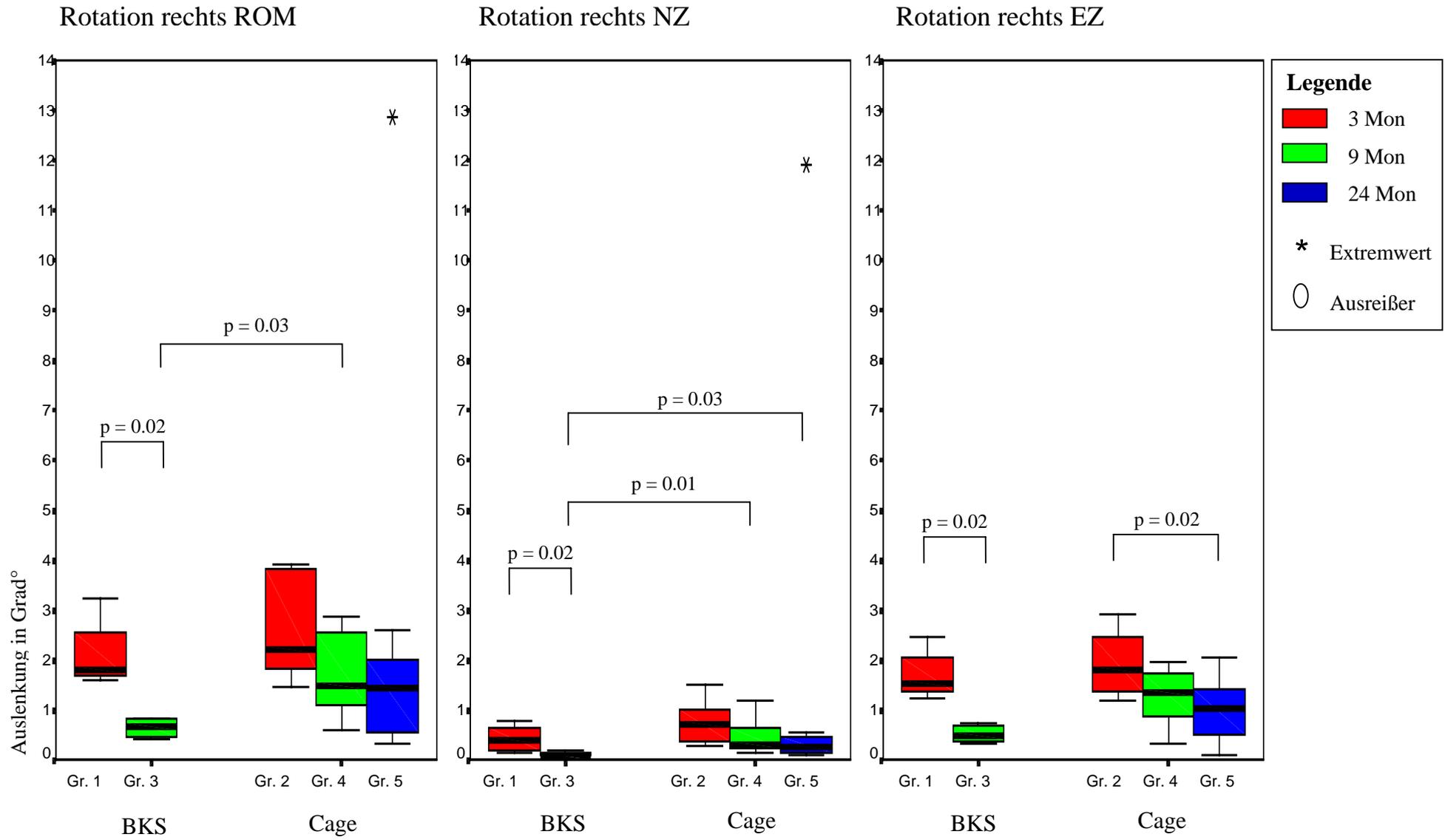


Abb. 3-1 Ergebnisse Rotation rechts

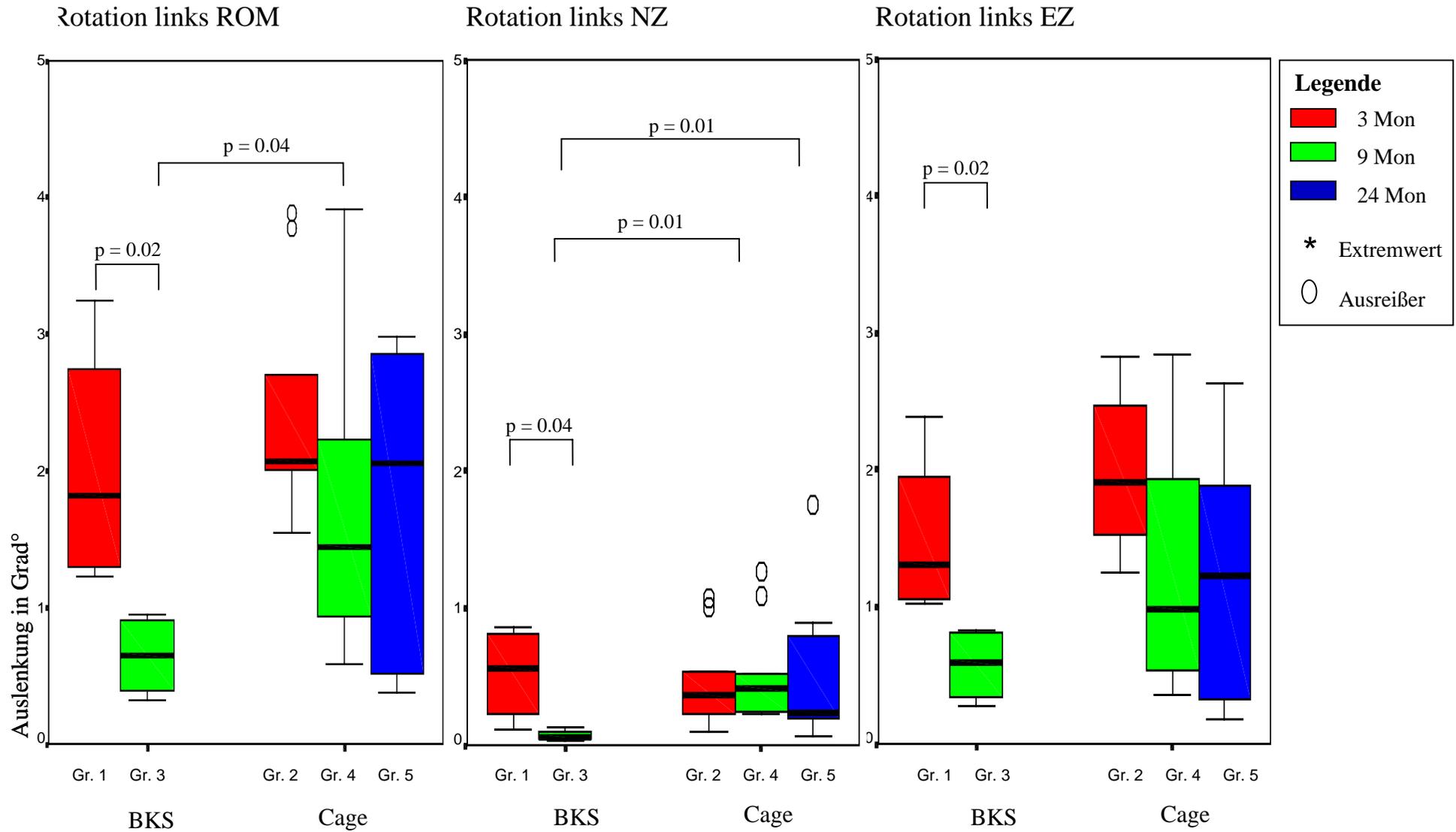


Abb. 3-3 Ergebnisse Rotation links

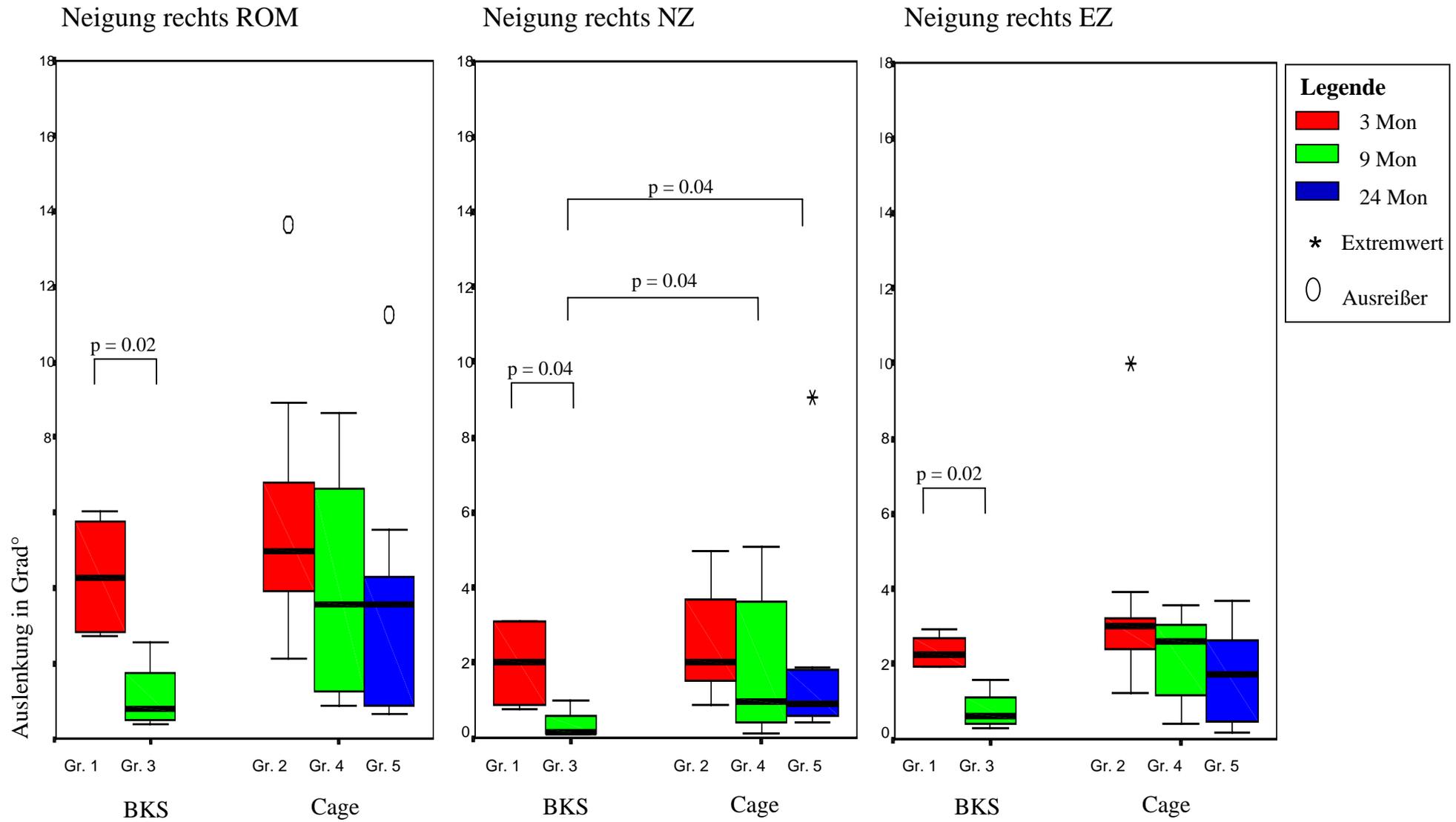


Abb. 3-5 Ergebnisse Neigung rechts

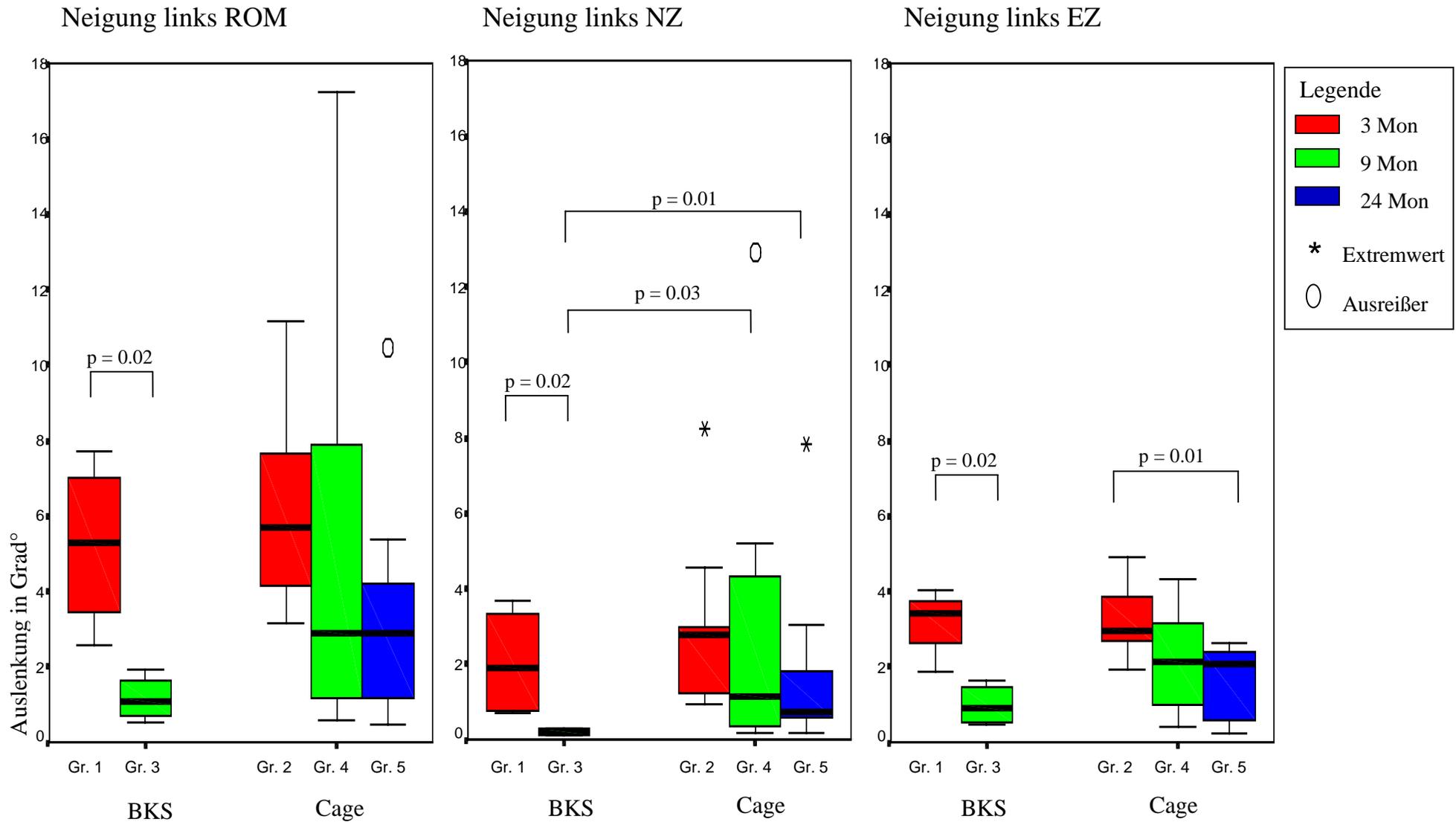


Abb. 3-6 Ergebnisse Neigung links

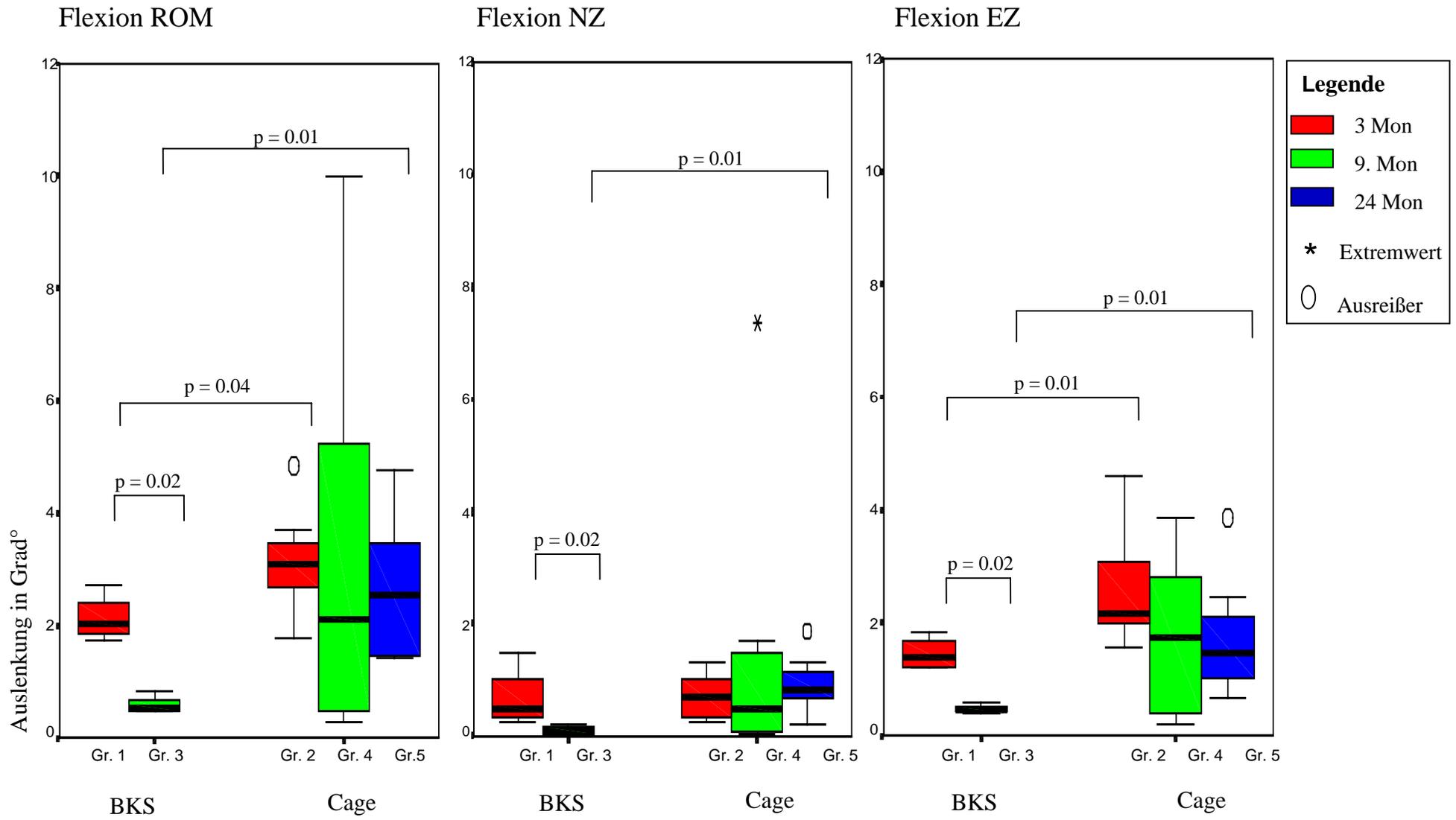


Abb. 3-8 Ergebnisse Flexion

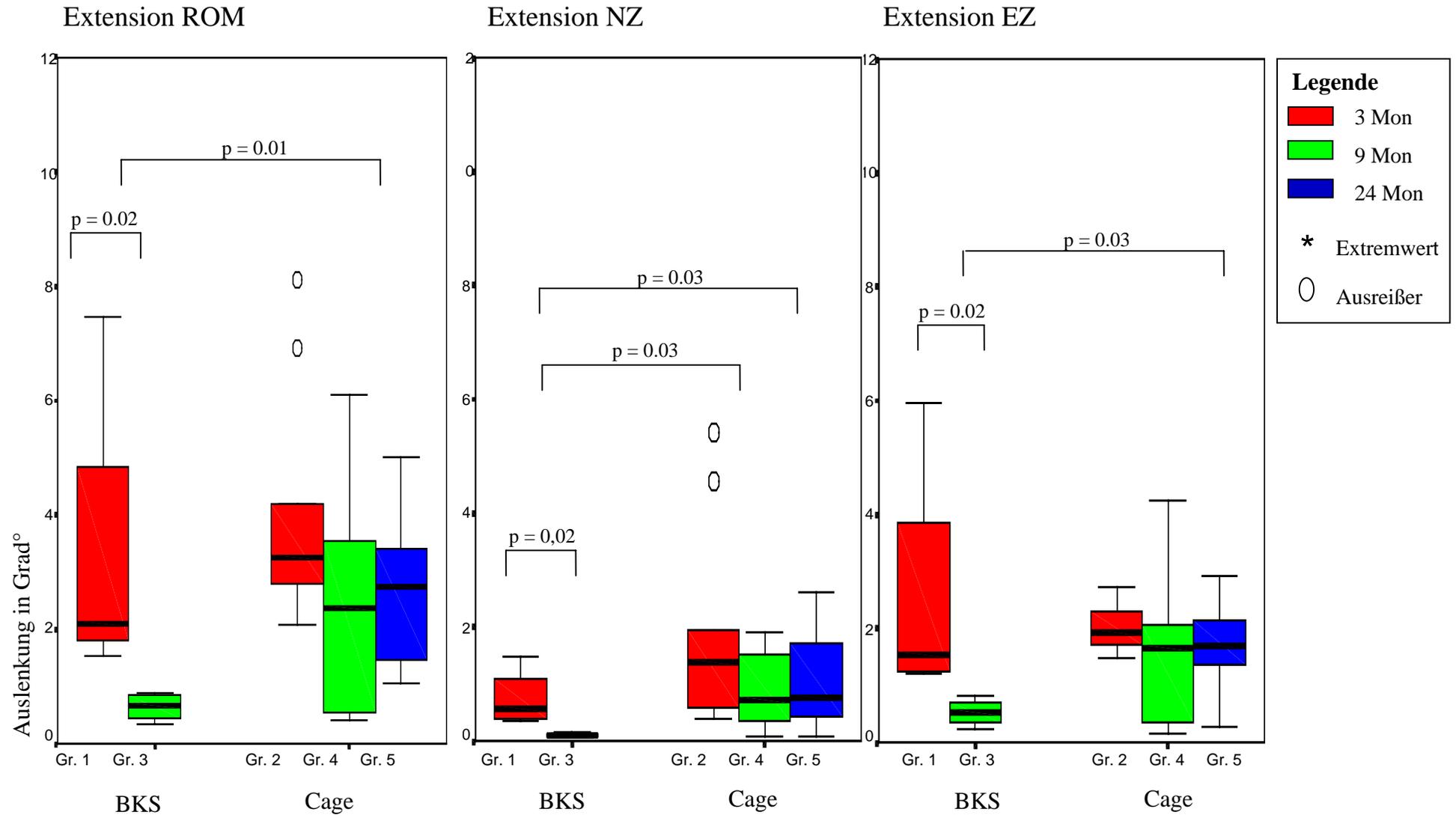


Abb. 3-9 Ergebnisse Extension

In den folgenden Tabellen ist der Bewegungsumfang mit neutraler und elastischer Zone 3 Monate, 9 Monate und 24 Monate postoperativ als Median mit der 25. und der 75. Perzentile sowie als Mittelwert \pm Standardabweichung für Rotation rechts und links, Neigung rechts und links, Extension und Flexion dargestellt.

**Tabelle 3-2 Bewegungsumfang mit NZ und EZ 3, 9 und 24 Monate postoperativ
für Rotation rechts und links**

ROM								
3 Mon	BKS (Gruppe 1)		Rot-re			Rot-li		
			ROM	NZ	EZ	ROM	NZ	EZ
		Med	1,80	0,39	1,55	1,82	0,56	1,30
		25.P	1,64	0,16	1,29	1,26	0,18	1,04
		75.P	2,88	0,70	2,25	3,00	0,84	2,16
	Mtw \pm SD	2,11 \pm 0,75	0,42 \pm 0,28	1,69 \pm 0,54	2,02 \pm 0,93	0,52 \pm 0,35	1,50 \pm 0,62	
	CAGE (Gruppe 2)		Rot-re			Rot-li		
			ROM	NZ	EZ	ROM	NZ	EZ
		Med	2,19	0,72	1,81	2,07	0,36	1,91
		25.P	1,77	0,34	1,38	1,83	0,18	1,50
75.P		3,85	1,11	2,52	3,24	0,78	2,62	
Mtw \pm SD	2,64 \pm 1,00	0,73 \pm 0,44	1,90 \pm 0,61	2,46 \pm 0,86	0,46 \pm 0,36	2,00 \pm 0,58		
9 Mon	BKS (Gruppe 3)		Rot-re			Rot-li		
			ROM	NZ	EZ	ROM	NZ	EZ
		Med	0,65	0,09	0,50	0,65	0,06	0,59
		25.P	0,43	0,50	0,00	0,35	0,05	0,31
		75.P	0,81	0,00	0,65	0,93	0,11	0,81
	Mtw \pm SD	0,63 \pm 0,20	0,11 \pm 0,06	0,52 \pm 0,18	0,64 \pm 0,30	0,07 \pm 0,04	0,57 \pm 0,28	
	CAGE (Gruppe 4)		Rot-re			Rot-li		
			ROM	NZ	EZ	ROM	NZ	EZ
		Med	1,49	0,29	1,36	1,44	0,41	0,99
		25.P	0,86	0,22	0,00	0,84	0,25	0,50
75.P		2,57	0,81	2,80	2,80	0,80	2,02	
Mtw \pm SD	1,70 \pm 0,88	0,49 \pm 0,37	1,27 \pm 0,63	1,84 \pm 1,18	0,52 \pm 0,39	1,31 \pm 0,87		
24 Mon	CAGE (Gruppe 5)		Rot-re			Rot-li		
			ROM	NZ	EZ	ROM	NZ	EZ
		Med	1,41	0,23	1,02	2,05	0,23	1,23
		25.P	0,49	0,13	0,39	0,50	0,18	0,33
		75.P	2,30	0,50	1,47	2,91	0,85	1,97
		Mtw \pm SD	2,57 \pm 3,94	1,56 \pm 3,88	1,01 \pm 0,63	1,69 \pm 1,12	0,51 \pm 0,55	1,18 \pm 0,87

Tabelle 3-3 Bewegungsumfang mit NZ und EZ 3, 9 und 24 Monate postoperativ
für Neigung rechts und links.

ROM								
3 Mon	BKS (Gruppe 1)		Nei-re			Nei-li		
			ROM	NZ	EZ	ROM	NZ	EZ
		Med	4,25	2,05	2,23	5,30	1,89	3,41
		25.P	2,78	0,82	1,93	3,01	0,73	2,25
		75.P	5,90	3,08	2,82	7,35	3,50	3,88
	Mtw ± SD	4,31 ± 1,71	1,98 ± 1,26	2,33 ± 0,48	5,22 ± 2,25	2,04 ± 1,50	3,18 ± 0,91	
	CAGE (Gruppe 2)		Nei-re			Nei-li		
			ROM	NZ	EZ	ROM	NZ	EZ
		Med	4,98	1,99	2,99	5,71	2,77	2,93
		25.P	3,59	1,39	1,91	4,03	1,22	2,43
75.P		7,86	3,71	3,57	7,98	3,77	4,10	
Mtw ± SD	5,87 ± 3,54	2,43 ± 1,37	3,44 ± 2,60	6,23 ± 2,53	2,96 ± 2,28	3,27 ± 0,99		
9 Mon	BKS (Gruppe 3)		Nei-re			Nei-li		
			ROM	NZ	EZ	ROM	NZ	EZ
		Med	0,78	0,16	0,62	1,11	0,20	0,91
		25.P	0,45	0,09	0,36	0,61	0,10	0,48
		75.P	2,13	0,79	1,35	1,81	0,30	1,54
	Mtw ± SD	1,12 ± 0,97	0,35 ± 0,42	0,77 ± 0,55	1,18 ± 0,62	0,20 ± 0,10	0,98 ± 0,56	
	CAGE (Gruppe 4)		Nei-re			Nei-li		
			ROM	NZ	EZ	ROM	NZ	EZ
		Med	3,56	0,98	2,58	2,87	1,13	2,15
		25.P	1,07	0,37	0,80	1,17	0,28	0,91
75.P		7,22	3,93	3,29	8,03	4,77	3,36	
Mtw ± SD	4,01 ± 3,08	1,92 ± 1,92	2,09 ± 1,25	5,20 ± 5,32	2,98 ± 4,16	2,23 ± 1,36		
24 Mon	CAGE (Gruppe 5)		Nei-re			Nei-li		
			ROM	NZ	EZ	ROM	NZ	EZ
		Med	3,55	0,90	1,74	2,87	0,75	2,09
		25.P	0,85	0,54	0,35	1,07	0,51	0,43
		75.P	4,92	1,86	2,78	4,78	2,42	2,50
Mtw ± SD	3,56 ± 3,38	1,92 ± 2,72	1,64 ± 1,31	3,41 ± 3,13	1,86 ± 2,40	1,55 ± 1,03		

**Tabelle 3-4 Bewegungsumfang mit NZ und EZ 3, 9 und 24 Monate postoperativ
für Extension und Flexion**

ROM								
3 Mon	BKS (Gruppe 1)		Flexion			Extension		
			ROM	NZ	EZ	ROM	NZ	EZ
		Med	2,03	0,48	1,37	2,11	0,56	1,55
		25.P	1,79	0,31	1,22	1,67	0,38	1,23
		75.P	2,56	2,56	1,74	6,15	1,30	4,92
	Mtw ± SD	2,12 ± 0,43	0,68 ± 0,56	1,44 ± 0,29	3,31 ± 2,79	0,75 ± 0,52	2,56 ± 2,28	
	CAGE (Gruppe 2)		Flexion			Extension		
			ROM	NZ	EZ	ROM	NZ	EZ
		Med	3,07	0,70	2,17	3,26	1,40	1,93
		25.P	2,69	0,30	1,84	2,45	0,55	1,70
75.P		3,58	1,02	3,12	5,56	3,24	2,32	
Mtw ± SD	3,18 ± 0,84	0,69 ± 0,38	2,49 ± 0,96	3,99 ± 2,12	1,95 ± 1,80	2,04 ± 0,39		
9 Mon	BKS (Gruppe 3)		Flexion			Extension		
			ROM	NZ	EZ	ROM	NZ	EZ
		Med	0,54	0,12	0,43	0,67	0,11	0,54
		25.P	0,48	0,06	0,41	0,39	0,09	0,29
		75.P	0,75	0,20	0,56	0,87	0,14	0,77
	Mtw ± SD	0,59 ± 0,15	0,12 ± 0,08	0,47 ± 0,09	0,64 ± 0,25	0,11 ± 0,03	0,53 ± 0,25	
	CAGE (Gruppe 4)		Flexion			Extension		
			ROM	NZ	EZ	ROM	NZ	EZ
		Med	2,09	0,49	1,73	2,37	0,73	1,66
		25.P	0,44	0,09	0,35	0,52	0,26	0,36
75.P		5,39	1,59	3,27	4,31	1,69	2,60	
Mtw ± SD	3,29 ± 3,21	1,37 ± 2,32	1,92 ± 1,43	2,61 ± 2,02	0,90 ± 0,72	1,71 ± 1,35		
24 Mon	CAGE (Gruppe 5)		Flexion			Extension		
			ROM	NZ	EZ	ROM	NZ	EZ
		Med	2,55	0,85	1,46	2,76	0,76	1,70
		25.P	1,45	0,67	0,91	1,26	0,41	1,02
		75.P	3,50	1,25	2,29	4,13	1,82	1,82
Mtw ± SD	2,65 ± 1,25	0,94 ± 0,50	1,71 ± 1,03	2,69 ± 1,51	1,08 ± 0,84	1,08 ± 0,84		

3.3.1.1 Vergleich BKS mit Cage

Der Bewegungsumfang der mit einem Cage operierten Bewegungssegmente, bei Betrachtung der Mediane für ROM, NZ und EZ, übertraf in fast allen getesteten Bewegungsrichtungen sowohl 3 als auch 9 Monate postoperativ den Median des Bewegungsumfangs der mit einem BKS versorgten Säulen. Ausnahmen waren die NZ der Rotation links und der Neigung rechts sowie die EZ der Neigung links. Hierzeigte sich für die 3-Monatsresultate ein geringerer Median der Cage-Gruppe.

Auch der Vergleich der 24 Monate postoperativ erhobenen Daten der Cage-Gruppe mit den 9 Monate postoperativ getesteten, BKS-versorgten Säulen zeigte für alle Bewegungsrichtungen für die Cage-Gruppe weiterhin größere Bewegungsausmaße in ROM, EZ und NZ.

Die mit dem Mann-Whitney-U-Test festgestellten signifikanten Unterschiede werden im Folgenden aufgeführt und Tendenzen aufgezeigt.

BKS versus Cage 3 Monate postoperativ:

Im Vergleich der 3-Monats-Gruppen zeigte sich bei der Cage-Gruppe ein signifikant höheres Ergebnis für die ROM und die EZ der Flexion.

BKS versus Cage 9 Monate postoperativ:

Bei der Auswertung der nach 9 Monaten erhobenen Daten konnte für die Rotation rechts und links, jeweils für die ROM und die NZ in der Cage-Gruppe ein signifikant höheres Bewegungsausmaß festgestellt werden. Die p-Werte für die EZ lagen mit 0.08 (Rotation rechts) und 0.09 (Rotation links) nur knapp unter der Signifikanzgrenze und können als Tendenzen gewertet werden. Die Neigung rechts und links sowie die Extension wiesen in der NZ ein signifikant höheres Bewegungsausmaß für die Cage-Gruppe auf. Die p-Werte der ROM der Neigung rechts und links mit 0.06 und 0.09 lagen nur geringfügig außerhalb des gewählten Vertrauensintervalls und bezeugen auch hier ein tendenziell höheres Bewegungsausmaß. In gleicher Weise gilt dies für die NZ der Flexion mit einem p-Wert von 0.1.

BKS 9 Monate versus Cage 24 Monate postoperativ:

Selbst nach 24 Monaten ist die weiterhin mögliche Bewegung der mit einem Cage versorgten Segmente in der NZ für alle Bewegungsrichtungen signifikant größer, als für die mit einem BKS versorgten Segmente 9 Monate postoperativ. Für Flexion und Extension gilt dies nicht nur für die NZ sondern auch für ROM und EZ. Die ROM der Neigung rechts liegt mit einem p-Wert von 0.09 nur knapp über dem Vertrauensintervall und kann als Tendenz angesehen werden.

3.3.1.2 Betrachtung beider Methoden unabhängig voneinander im zeitlichen Verlauf

BKS

Vergleich 3 und 9 Monate:

Bei Betrachtung der Mediane der BKS-Gruppe der 3-Monatsergebnisse im Vergleich zu den 9-Monatsergebnissen fällt bereits die Abnahme des Bewegungsausmaßes für alle Bewegungsrichtungen in ROM, NZ und EZ auf.

Die statistische Varianzanalyse mittels Mann-Whitney-U-Test bestätigte diese Beobachtung und ergab für den Vergleich der 3 Monate postoperativ getesteten BKS-Gruppe mit den 9 Monate postoperativ bestimmten Werten für alle Bewegungsrichtungen eine signifikante Verminderung des Bewegungsumfanges der gesamten ROM, der NZ und der EZ.

Cage

Betrachtet man die Mediane der ROM, NZ und EZ der Cage-Gruppen über die Zeit, zeigt sich, dass es nicht wie erwartet in allen Bewegungsrichtungen zu einer kontinuierlichen Abnahme von den 3- bis zu den 24-Monatsergebnissen kommt.

Vergleich 3 und 9 Monate:

Für alle Bewegungsrichtungen kommt es für ROM und EZ zu einer Verminderung des Medians von 3 zu 9 Monaten.

Die Veränderung der NZ zeigt sich fast genauso homogen im Vergleich der 3- und 9-Monatsresultate - mit einer Ausnahme: Die NZ der Rotation links zeigt statt einer Verminderung eine minimale Erhöhung der NZ.

Vergleich 9 und 24 Monate:

Im weiteren zeitlichen Verlauf des Medians der 9- und 24-Monatsergebnisse kommt es für die Rotation rechts und Neigung rechts in ROM, NZ und EZ zu einer, wenn auch zum Teil minimalen Verminderung der Bewegung über die Zeit.

Die Neigung links zeigt fast das gleiche Verhalten mit der Ausnahme, dass der Median der ROM der 9- und 24-Monatsergebnisse nicht verkleinert wird sondern gleich bleibt. Der Median der Rotation links zeigt zwischen den 9- und 24-Monatsergebnissen für ROM und

EZ, der Median der Flexion für ROM und NZ und der Median der Extension für ROM, EZ und NZ eine Vergrößerung.

Vergleich 3 und 24 Monate:

Auch bei Zunahme des Bewegungsausmaßes zwischen den 9- und 24-Monatsergebnissen bleibt der Median der 24-Monats-Gruppe immer unter dem der 3-Monatsergebnisse. Ausnahme bildet die NZ der Flexion. Hier liegt der Median der 24-Monatergebnisse oberhalb des Medians der 3-Monatsergebnisse.

Zusammenfassung:

Bis zum 9-Monatszeitpunkt kommt es zu einer weitgehend einheitlichen Verminderung des Medians aller Bewegungsparameter in allen Bewegungsrichtungen (Ausnahme: NZ der Rotation links). Danach sieht man bei 2 Bewegungsrichtungen (Rotation rechts und Neigung rechts jeweils ROM, NZ und EZ) eine weitere Abnahme, bei einer eine Stagnation (Neigung links ROM) und bei den 3 weiteren Bewegungsrichtungen eine Zunahme des Bewegungsausmaßes (Rotation links ROM und EZ, Extension ROM und NZ, Flexion ROM, NZ und EZ) bis zum 24-Monatszeitpunkt, wobei die Zunahme des Bewegungsausmaßes meist unter dem der 3-Monatsergebnisse bleibt.

Die mittels des Kruskal-Wallis-Test ermittelten und anschließend durch den Mann-Whitney-U-Test verifizierten Signifikanzen werden nachfolgend dargestellt und Tendenzen aufgezeigt.

Eine signifikante Minderung des Bewegungsausmaßes findet man für die EZ der Rotation rechts und die Neigung links, wobei diese auf dem Unterschied zwischen den 3- und den 24-Monatsergebnissen beruht. Das Bewegungsausmaß der EZ der Rotation links mit einem p-Wert von 0.09 im Kruskal-Wallis-Test kann als sich tendenziell über die Zeit vermindert angesehen werden. Ebenso zeigt die ROM der Neigung links mit einem p-Wert von 0.1 eine Tendenz zur Verminderung.

3.3.1.3 Zusammenfassung der Ergebnisse des Bewegungsumfangs (ROM)

Eine signifikante Verminderung des Bewegungsumfangs über die Zeit kann bei Cage-versorgten Segmenten, wenn überhaupt nur bei den Bewegungsrichtungen festgestellt werden, bei denen keine Erhöhung des Medians nach 9 Monaten stattgefunden hat und bei

diesen auch erst nach 24 Monaten. Somit zeigt sich eine Bewegungsminderung der mit Cage versorgten Segmente erst wesentlich später und in deutlich inkonstanterer Weise, als bei den mit einem Beckenkammspan stabilisierten Segmenten.

Die Verbesserung reicht insgesamt nicht aus, um am Endpunkt der Untersuchung nach 24 Monaten ein dem BKS gleichwertiges Ergebnis zu erzielen. Selbst im Vergleich zu den nach 9 Monaten erhobenen BKS-Ergebnissen zeigen die 24-Monatesergebnisse der Cage-Gruppe z. T. signifikant schlechtere Ergebnisse.

3.3.2 Steifigkeit

Die nachfolgenden Abbildungen 3-7 bis 3-9 zeigen die Ergebnisse der Steifigkeit für alle Bewegungsrichtungen. In einem Boxplotquader ist jeweils für alle 5 Gruppen die Steifigkeit, die sich aus der Gesamtbewegung des Segments (ROM) ergibt, für eine Bewegungsrichtung mit Angabe von Ausreißern und Extremwerten dargestellt. Die 3-Monats-Gruppen sind in rot dargestellt die 9-Monats-Gruppen in grün und die 24-Monats-Gruppe in blau. Die beiden linken Boxplots entsprechen jeweils den mit einem BKS versorgten Gruppen, die drei rechten den mit Cages versorgten Gruppen.

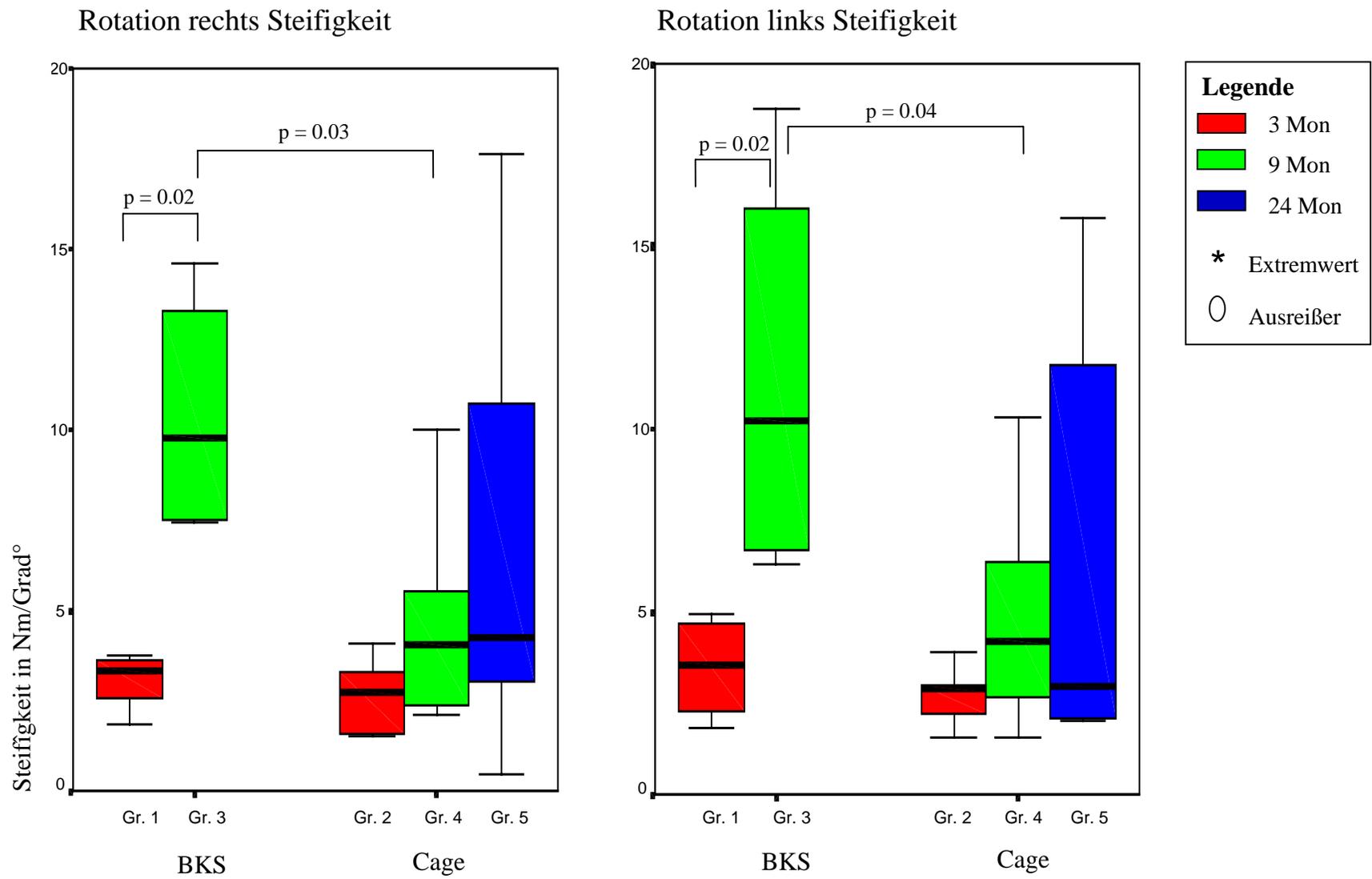


Abb. 3-10 Ergebnisse Steifigkeit Rotation rechts und links

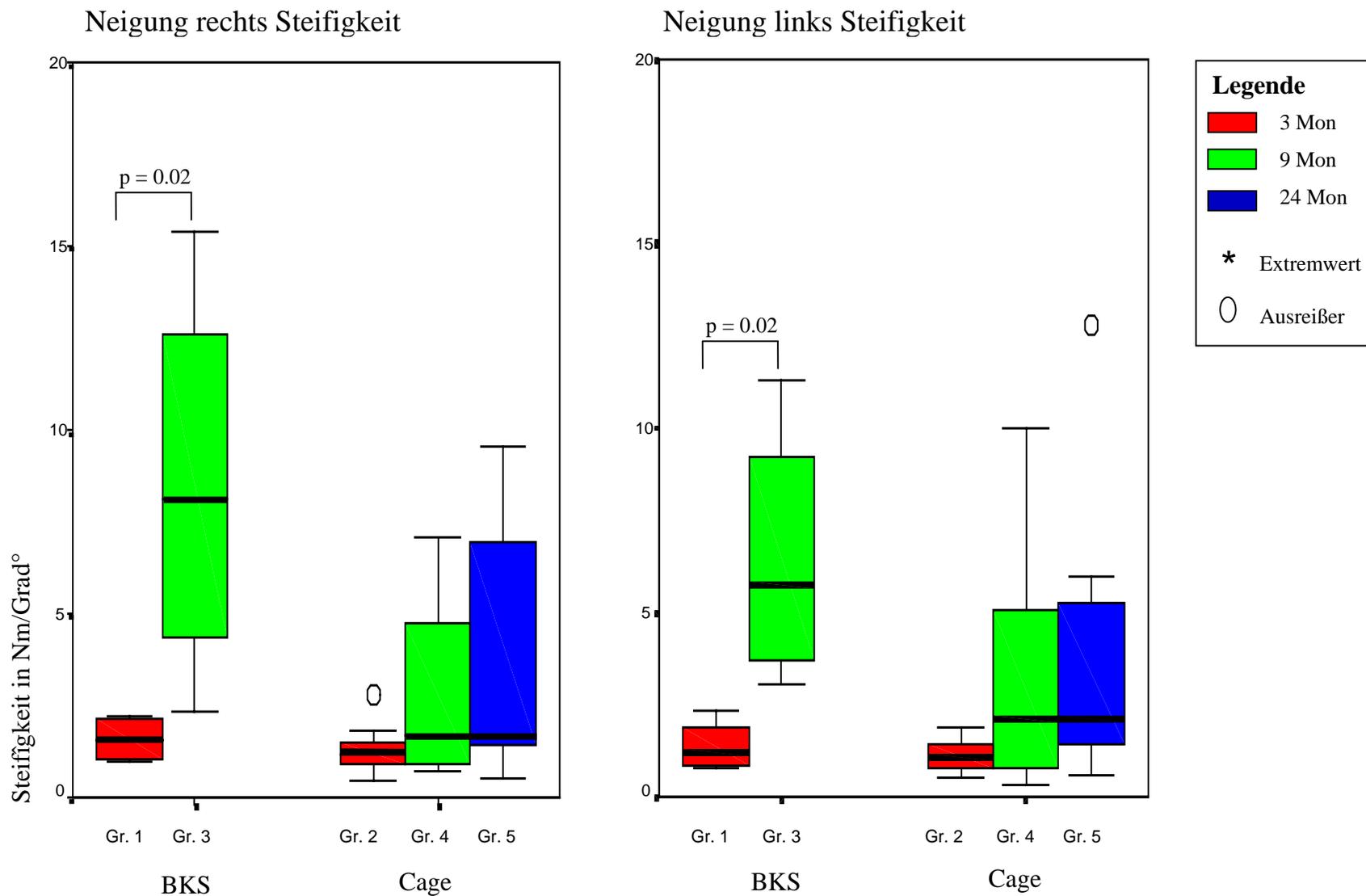


Abb. 3-11 Ergebnisse Steifigkeit Neigung rechts und links

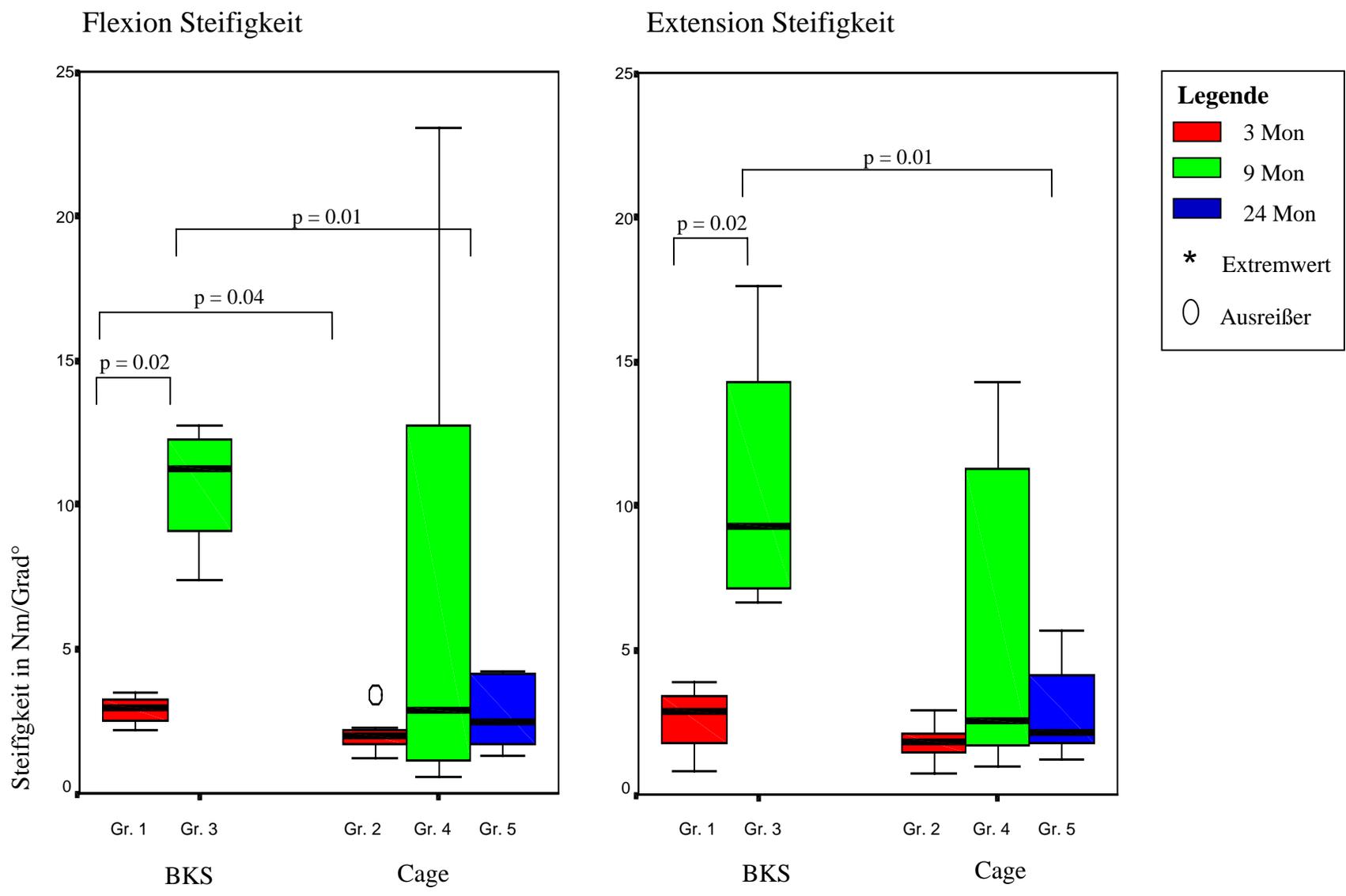


Abb. 3-12 Ergebnisse Steifigkeit Flexion und Extension

In der folgenden Tabelle ist der Median mit der 25. und der 75. Perzentile sowie der Mittelwert \pm Standardabweichung der Steifigkeit 3 und 9 Monate postoperativ für die BKS-Gruppen und 3, 9 und 24 Monate postoperativ für die Cage-Gruppen dargestellt.

Tabelle 3-5 Steifigkeit 3, 9 und 24 Monate postoperativ

Steifigkeit								
3 Mon	BKS (Gruppe 1)		Rot-re	Rot-li	Nei-re	Nei-li	Flexion	Extension
		Med	3,34	3,52	1,56	1,17	2,97	2,86
		25.P	2,20	2,05	1,02	0,82	2,38	1,29
		75.P	3,66	4,79	2,17	2,10	3,38	3,64
		Mtw \pm SD	3,07 \pm 0,83	3,45 \pm 1,44	1,58 \pm 0,63	1,36 \pm 0,69	2,91 \pm 0,53	2,60 \pm 1,29
	CAGE (Gruppe 2)		Rot-re	Rot-li	Nei-re	Nei-li	Flexion	Extension
		Med	2,74	2,90	1,20	1,05	1,95	1,84
		25.P	1,56	1,91	0,78	0,75	1,68	1,15
		75.P	3,40	3,31	1,69	1,49	2,24	2,51
		Mtw \pm SD	2,59 \pm 0,95	2,68 \pm 0,82	1,34 \pm 0,71	1,11 \pm 0,44	2,02 \pm 0,60	1,84 \pm 0,76
9 Mon	BKS (Gruppe 3)		Rot-re	Rot-li	Nei-re	Nei-li	Flexion	Extension
		Med	9,80	10,20	8,11	5,75	11,24	9,30
		25.P	7,46	6,51	3,37	3,40	8,24	6,93
		75.P	13,97	17,40	14,00	10,28	12,52	15,97
		Mtw \pm SD	10,41 \pm 3,53	11,37 \pm 5,84	8,49 \pm 5,51	6,47 \pm 3,65	10,66 \pm 2,33	10,73 \pm 4,95
	CAGE (Gruppe 4)		Rot-re	Rot-li	Nei-re	Nei-li	Flexion	Extension
		Med	4,03	4,17	1,69	2,09	2,87	2,53
		25.P	2,34	2,24	0,84	0,75	1,12	1,44
		75.P	7,51	7,25	5,85	5,13	13,70	11,54
		Mtw \pm SD	4,82 \pm 3,05	4,78 \pm 3,03	3,06 \pm 2,62	3,06 \pm 3,16	6,75 \pm 8,08	5,41 \pm 5,37
24 Mon	CAGE (Gruppe 5)		Rot-re	Rot-li	Nei-re	Nei-li	Flexion	Extension
		Med	4,26	2,93	1,69	2,09	2,48	2,17
		25.P	2,67	2,07	1,24	1,28	1,71	1,50
		75.P	12,67	12,13	7,06	5,63	4,14	4,88
		Mtw \pm SD	6,80 \pm 6,03	6,49 \pm 5,42	3,80 \pm 3,30	3,93 \pm 3,86	2,77 \pm 1,25	3,03 \pm 1,77

3.3.2.1 Vergleich BKS mit Cage

Bei Betrachtung der Mediane blieb in allen getesteten Bewegungsrichtungen die Steifigkeit der mit einem Cage operierten Bewegungssegmente sowohl 3 als auch 9 Monate postoperativ hinter der Steifigkeit der mit einem BKS versorgten Säulen zurück. Auch der Vergleich der 24 Monate postoperativ erhobenen Daten der Cage-Gruppe mit den 9 Monate postoperativ getesteten BKS-versorgten Säulen zeigt für alle Bewegungsrichtungen für die Cage-Gruppe weiterhin eine geringere Steifigkeit.

Die mit dem Mann-Whitney-U-Test festgestellten signifikanten Unterschiede werden im Folgenden aufgeführt.

BKS versus Cage 3 Monate postoperativ:

Im Vergleich der 3-Monats-Gruppen zeigte sich bei der Cage-Gruppe ein signifikant niedrigeres Ergebnis für die Steifigkeit der Flexion.

BKS versus Cage 9 Monate postoperativ:

Für die Rotation rechts und links zeigte sich nach 9 Monaten eine signifikant geringere Steifigkeit in der Cage-Gruppe gegenüber der BKS-Gruppe.

Die Ergebnisse der Neigung rechts und links blieben mit p-Werten von 0.06 und 0.09 nur wenig unter dem festgelegten Signifikanzniveau und sind somit tendenziell ebenfalls geringer als die der BKS-Gruppe.

BKS 9 Monate versus Cage 24 Monate postoperativ:

Selbst nach 24 Monaten ist die Steifigkeit der mit einem Cage versorgten Segmente für Flexion und Extension signifikant kleiner, als die mit einem BKS versorgten Segmente nach 9 Monaten.

3.3.2.2 Betrachtung der Cage- und der Beckenkammgruppen im zeitlichen Verlauf

BKS

Bei Betrachtung der Mediane der BKS-Gruppe der 3-Monatsergebnisse im Vergleich zu den 9-Monatsergebnissen fällt bereits die Zunahme der Steifigkeit für alle Bewegungsrichtungen auf.

Die statistische Varianzanalyse mittels Mann-Whitney-U-Test ergab für den Vergleich der 3 Monate postoperativ getesteten BKS-Gruppe mit den 9 Monaten postoperativ bestimmten Werten der BKS-Gruppe für alle Bewegungsrichtungen eine signifikante Zunahme der Steifigkeit.

Cage

Betrachtet man die Mediane der Cage-Gruppen über die Zeit, zeigt sich, dass es nicht wie erwartet in allen Bewegungsrichtungen zu einer kontinuierlichen Zunahme von den 3- bis zu den 24-Monatsergebnissen kommt.

Vergleich 3 und 9 Monate:

Alle Bewegungsrichtungen zeigen zunächst eine Zunahme des Medians der Steifigkeit von 3 zu 9 Monaten.

Vergleich 9 und 24 Monate:

Im weiteren zeitlichen Verlauf von 9 zu 24 Monaten kommt es für die Rotation rechts zu einer Erhöhung des Medians der Steifigkeit über die Zeit.

Die Neigung links und rechts zeigen 9 und 24 Monate postoperativ gleich bleibende Mediane für die Steifigkeit.

Bei der Rotation links, der Flexion und der Extension kommt es zu einer Verminderung der Steifigkeit.

Vergleich 3 und 24 Monate:

Der Vergleich der Ergebnisse nach 3 und nach 24 Monaten zeigt eine Zunahme des Medians der Steifigkeit für alle Bewegungsrichtungen. Bei Abnahme der Steifigkeit von den 9- zu den 24-Monatsergebnissen bleibt der Median der 24 Monate immer über dem der 3-Monatsergebnisse.

Zusammenfassung:

Bis zum 9-Monatszeitpunkt kommt es zu einer einheitlichen Erhöhung der Steifigkeit in allen Bewegungsrichtungen. Danach sieht man bei einer Bewegungsrichtung (Rotation rechts) eine weitere Zunahme der Steifigkeit, bei zwei Bewegungsrichtungen (Neigung rechts und links) eine Stagnation und bei 3 Bewegungsrichtungen (Rotation links, Extension, Flexion) eine Abnahme der Steifigkeit bis zu den 24-Monatsergebnissen, die jedoch oberhalb der 3-Monatssteifigkeit bleibt.

Mittels des Kruskal-Wallis-Tests konnte keine signifikante Verminderung der Steifigkeit für die Cage-Gruppen festgestellt werden.

3.3.2.3 Zusammenfassung der Ergebnisse der Steifigkeit

Es kann am Endpunkt der Untersuchung nach 24 Monaten kein dem BKS gleichwertiges Ergebnis erzielt werden. Selbst im Vergleich zu den nach 9 Monaten erhobenen BKS-Ergebnissen zeigen die 24-Monatsergebnisse der Cage-Gruppe z. T. eine signifikant geringere Steifigkeit.