

Doppelschlingen-Implantation als Modifikation der Laryngoplastik

Jutta Riedel¹, Andrea Robertz¹, Bernhard Ohnesorge² und Karl-Josef Boening¹

Tierärztliche Klinik für Pferde Telgte¹ und Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Klinik für Pferde, Hannover²

Zusammenfassung

Der therapeutische Goldstandard der Hemiplegia laryngis ist heute die Laryngoplastik nach Marks. Jedoch kommt es immer wieder zu einem Versagen der Implantatlager und so zu einem Ausreißen der Prothese. Dies bedingt ein Versagen der Laryngoplastik. In vitro wurde die Elastizität und Haltekraft des Processus muscularis nach doppelter und einfacher Durchstechung getestet. Es konnten signifikant höhere Kraft- [N] und Dehnungswerte [%] des Processus muscularis larynges (PML) bei der Doppelschlinge im Vergleich zur Einzelschlinge gemessen werden. Zusätzlich wurden je 20 Pferde mit einer linksseitigen Hemiplegia laryngis 3. oder 4. Grades in vivo einer Doppelschlingen- bzw. Einzelschlingenimplantation unterzogen. Der klinische Verlauf sowie die endoskopischen Befunde 24 Stunden, sechs Wochen und sechs Monate nach der Implantation lassen keine signifikanten Unterschiede der beiden Techniken erkennen. Grundsätzlich kann der Chirurg intra operationem manuell Kräfte erreichen, die ein erstes Einreißen des Processus muscularis bedingen. Die hierzu erforderlichen Kräfte sind bei zunehmendem Alter der Pferde geringer. Da die Doppelschlingen-Implantation die Knorpelhaltekraft und Dehnungsfähigkeit des Aryknorpels signifikant verbessert, kann ihre Anwendung das Risiko eines ersten Einreißen und Versagens der Laryngoplastik mindern und eine 100%ige Belastungsfähigkeit des Patienten wiederherstellen. Daher ist die modifizierte Laryngoplastik in Form einer Doppelschlinge generell zu empfehlen. Sie ist aber im Besonderen auch für ältere Patienten geeignet, deren Knorpel弹azität bereits nachlässt.

Schlüsselwörter: Doppelschlingen Implantation, Laryngoplastik, Knorpelhaltekraft, Hemiplegia laryngis, Chirurgie

Double loop implantation - a modification of laryngoplasty

After 30 years the gold standard surgery for horses suffering from laryngeal hemiplegia is still laryngoplasty. Within these 30 years multiple modifications of the original procedure have been published. Limiting factor and reason for repeated postoperative failure of the procedure is the insufficient elasticity and holding strength of the muscular process of the arytenoid. Within this in vitro study the tension and holding strength of the muscular process of the arytenoid were compared by using a single loop and a modified double loop implantation technique. In each group 40 specimen of cadaver laryngs were tested; the age range was from one year to thirty years. All specimen originated from slaughtered German warmblood horses. Using a ZWICK[®] material testing device in a specially designed cage tensile forces were applied to the implanted prosthesis until either failure of the arytenoid or of the suture material occurred. Significantly higher mean forces (166,2 N, $p = 0,001211$) and significantly higher mean tension (29,3 %, $p < 0,0001$) were found with the double loop implant. Consequently 20 horses suffering from left sided hemiplegia grade 3 and 4, Lycra[®]/Mersilene[®] implant was used with the double loop implantation technique. The outcome was compared to a second group of twenty horses with original single loop implantation. The postoperative outcome was monitored and compared after 24 hours, six weeks and six months. There were no differences found between these two groups of horses, concerning success rate, complications and final result. It has been demonstrated earlier that the surgical tensile forces applied to the muscular process during surgery are in a range of initial cartilage failure. These failure forces will decrease with aging of the horses. As double loop implantation technique improves significantly holding strength and dynamic elasticity of the arytenoid cartilage this technique prevents muscular process failure. This modified technique can be used in horses of all age with an emphasis for use in older horses.

Keywords: double loop implantation, laryngoplasty, retention force of the arytenoid, hemiplegia laryngis, surgery

Einleitung

Die Hemiplegia laryngis ist gekennzeichnet durch eine neurogene Atrophie der Kehlkopfmuskulatur, die eine gestörte Abduktion des linken Aryknorpels bedingt. Diese Parese oder Paralyse des zumeist linken Nervus laryngeus recurrens wird auch als „Recurrent Laryngeal Neuropathy“ (RLN) bezeichnet (Cahill und Goulden 1987). Sie beeinträchtigt die Leistungsfähigkeit der Pferde und hat bei Belastung ein inspiratorisches und eventuell expiratorisches Nebengeräusch zur Folge (Fjeldborg 1991).

Unter den bis heute beschriebenen Operationsmöglichkeiten gilt die Laryngoplastik nach Marks et al. (1970) weltweit als Methode der Wahl (Cahill und Goulden 1987, Honnas et al.

1990, Huskamp 1980, Pascoe 1990). Hierbei wird ein geflochtenes Band, bestehend aus einer Lycra[®] Mersilene[®] Kombination, als Prothese zwischen dem Processus muscularis und dem Cricoid implantiert, um so den fehlenden abduktischen Muskeltonus zu ersetzen (Marks et al. 1970). Als häufige Komplikation treten eine postoperative Verminderung der Abduktion des Aryknorpels und die daraus resultierende Wiederkehr des abnormalen Atemgeräusches auf. Die Ursache dieses Abduktionsverlustes des Knorpels ist häufig in einem teilweisen Einschneiden oder vollständigen Ausreißen der Prothese begründet (Goulden und Anderson 1982, Marks et al. 1970b, Robertson 1995, Schumacher et al. 2000, Sloet van Oldruitenborgh-Osterbaan 1996). Vermutungen, dass die Aryknorpel von ein- und zweijährigen Pferden noch imma-

tur und weicher als beim adulten Pferd sind, und somit ein Ausreißen der Prothese begünstigen (Bathe 1993, Honnas et al. 1990, Robertson 2000) sind bereits wiederlegt. Der linke Processus muscularis zeigt mit zunehmendem Alter in vitro die Tendenz zu multiplen partiellen Nachgeben. Der rechte Processus muscularis lässt sogar eine signifikante Abnahme der Haltekraft erkennen (Boening et al. 2007).

Eine verringerte Haltekraft des Processus muscularis basiert nach Meinung der Autoren vor allem auf der Durchstechung einer zu geringen Knorpelmasse als Widerlager für das Implantat.

Die hier vorgestellte und getestete Implantationstechnik, die Doppelschlinge, ist eine Modifikation der Operationsmethode nach Marks et al. (1970). Die Implantation dieser Doppelschlinge in den PML führt zu einer Vergrößerung des Implantatlagers und soll so eine Steigerung der Haltekraft des Knorpels bewirken.

In vivo Anwendung der Doppelschlinge

Material und Methode

Untersuchungsmaterial

In der Tierärztlichen Klinik für Pferde in Münster-Telgte wurden 20 Warmblutwallache im Alter von 3-6 Jahren mit idiopathischer Hemiplegia laryngis sinistra der Doppelschlingen-Implantation unterzogen. Die Kontrollgruppe, ebenfalls 20 Warmblutwallache gleichen Alters mit linksseitiger IHL, wurden mit einer Einfachschnelle nach Marks et al. (1970) operiert. Zusätzlich wurde bei allen Pferden eine Ventrikulektomie und eine Teilresektion des linken Stimmbands durchgeführt. Alle 40 Pferde zeigten prä operationem unsediert laryngoskopisch eine IHL dritten oder vierten Grades nach Sloet van Oldruitenborgh-Osterbaan (1996) sowie ein kontinuierliches „tonartiges“ bis lautes Atemgeräusch.

Operationsmethode/Prothesenmaterial der Double-loop-Technik

Die Operation wurde unter Allgemeinanästhesie durchgeführt. In rechter Seitenlage und mit gestreckter Kopf/Hals-Haltung erfolgte die Vorbereitung und sterile Abdeckung des Operationsfeldes. Der 8 bis 10 cm lange Hautschnitt erstreckte sich zweifingerbreit hinter dem kaudalen Rand der Mandibeln bis zum ersten Trachealring. Durch eine stumpfe Präparation zwischen der V. linguofacialis und dem M. omohyoideus erfolgte die Darstellung der lateralen Kehlkopfstruktur. Mit Hilfe einer scharfen Gewebefasszange (AESCULAP EO105) wurde der kaudale Rand des Ringknorpels fixiert und der gesamte Kehlkopf in die Operationswunde vorgelagert, um die Einstichstelle für die Unterstechung des Ringknorpels zu exponieren.

Der Chirurg orientierte sich an der am kaudalen Ende des Ringknorpels deutlich tastbaren Incisura cricoidea caudalis. Mit geringgradig nach dorsal gerichteter Nadelführung wurde eine Halbkreis-Trokar-Nadel mit eingefädeltm Führungsfaden rostradorsal der Incisura cricoidea caudalis eingestochen und in der Submukosa verbleibend etwa 3-4 cm parallel zur

Lumenoberfläche nach kranial geführt. Der Ausstich befand sich etwa 10 mm ventral der Christa mediana (Abb. 1). Die Einstichtiefe in den Ringknorpel war abhängig von der Beurteilung des Knorpels durch den Chirurgen. Es war einerseits notwendig, die Prothese sicher zu fixieren, um die Gefahr des Ausreißen zu minimieren; andererseits musste eine Perforation der Submukosa unbedingt vermieden werden, da diese zu Fistelbildungen führt. Dann erfolgte eine stumpfe Präparation direkt kranial des neuromuskulären Versorgungsteils des M. omohy-



Abb 1 Fixation der Prothese in den Cartilago cricoidea (Abb 1 bis 6 sind in vitro Präparate - der Musculus cricopharyngeus ist entfernt.) Prosthesis through the cricoid cartilage (fig. 2 - 7: cadaveric larynx without Musculus cricopharyngeus).



Abb 2 Vorbohrung des PML mit einer 1,62 mm Kanüle. Pre drilling of the muscular process with a 16 gauge needle.

oideus und des M. sternothyreochoideus. Das Septum zwischen dem M. cricopharyngeus und dem M. thyreopharyngeus wurde eröffnet und der PML mittels scharfer Präparation dargestellt. Er wurde ebenfalls nach Fixation mit einer scharfen Gewebefasszange in den Wundrand sichtbar vorgelagert. Mit einer 16 gauge (1,62 mm) Kanüle wurde 10 mm kranial der Insertionsstelle des M. cricoaryt. dors. parallel zur Längsachse des Articulatio cricoarytaenoidea von lateral nach medial ein Kanal gebohrt (Abb. 2). In diesen Stichkanal wurde eine Häkelnadel Nr. 2 eingeführt. Der Führungsfaden der Prothese wurde mit Hilfe der Häkelnadel in mediolateraler Richtung durch den PML gezogen (Abb. 3). Bei der einfachen Implantationsmethode wurde anschließend mittels eines chirurgischen und zwei einfacher Knoten unmittelbar kaudal des PML die Prothese fixiert und somit eine Abduktionsstellung des linken Aryknorpels erreicht. Bei der doppelten Implantation erfolgte die zweite Durchstechung parallel und kranial zum ersten Stichkanal im Abstand von 5 mm (Abb. 4). Die Prothese wurde in gleicher Weise in mediolateraler Richtung durch den PML gezogen, angespannt und anschließend mit einem chirurgischen und zwei einfachen Knoten befestigt (Abb. 5 und 6). Hier wurde der Knoten an den Ringknorpel gelegt, da die doppelte

Schlingenführung durch den PML keine weitere Bewegung der Fadenprothese mehr erlaubt. Die Unterhaut wurde fortlaufend mit einem Polysorb 3 Metric Faden genäht. Für die Hauthefte wurde ein Surgripo 3,5 Metric Monofilamentfaden verwendet. Als Hauttamponade diente eine längs auf der Wundnaht mittels dreier gekreuzter U-Hefte fixierte Mullbinde.

Das Pferd wurde für die anschließende Ventrikulektomie in Rückenlage verbracht. Kopf und Hals lagen in gestreckter Haltung.

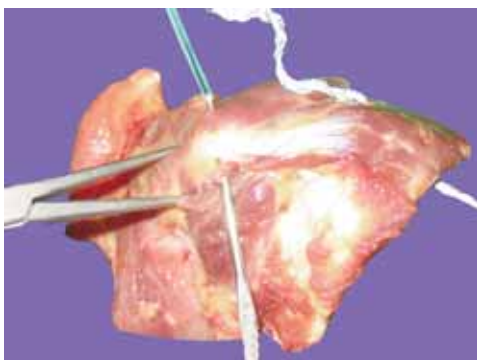


Abb 3 Einführen der Prothese in den ersten Kanal
Prosthesis in the first cannal.

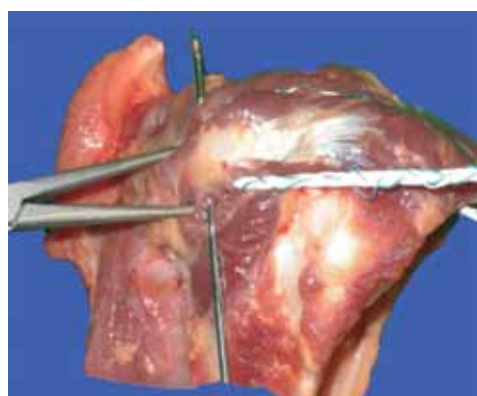


Abb 4 Vorbohrung des zweiten Kanals
Pre drilling of the second cannal.

Der Hautschnitt verlief ventral am Hals in der Medianen vom rostralen Ende der Incisura thyroidea zum rostralen Ende des Ringknorpels. Als Orientierungshilfe diente eine die Kaudalränder der Mandibula miteinander verbindende Linie, welche quer über der Incisura thyroidea caudalis verlief. Nach Durchtrennen des Septums zwischen den paarigen Mm. sternohyoidei war das Ligamentum cricothyroideum sichtbar. Dieses wurde zusammen mit der innen anliegenden Kehlkopfschleimhaut durch eine Stichinzision längs eröffnet, so dass die Stimmtaschen erreichbar waren. Nach Fixation der linken Stimmtasche

mit einer Klemme erfolgten die Ventrikulektomie sowie eine Teilresektion des linken Stimmbandes. Anschließend wurden die Ränder des Ventriculus laryngis mit einem Einzelheft adaptiert. Die Operationswunde wurde nicht verschlossen.

Die Prothese bestand aus 12 Strängen einer 3300 denier Lycra®, DuPont, und 2 Strängen eines 3,5 metric starken Mersilene® Fadens. Sie war 20 cm lang und verbunden mit einem 15 cm langen 3,5 metric starken Mersilene® „Führungsfaden“.



Abb 5 Sitz der Prothese in beiden Kanälen parallel zum Cricoarytenoidgelenk.
Prosthesis in both cannels parallel to the cricoarytenoid articulation.



Abb 6 Knotenfixierung
Double loop fixation

den“. (denier = Maß für die Fadenstärke bei Seiden und Chemiefasern). Vor der Implantation wurde die Prothese doppelt verpackt und autoklaviert.

Ergebnisse

Die Patienten wurden 24 Stunden, 6 Wochen und 6 Monate post operationem untersucht. Ein signifikanter Einfluss der Implantationstechnik auf die postoperativen Komplikationen konnte nicht festgestellt werden ($p=0,574$). So entwickelte aus jeder Gruppe ein Pferd eine pharyngeale follikuläre Hyperplasie, und ein Pferd der Doppelschlingen-Implantation

Tab1 Komplikationen in Abhängigkeit zur Implantationstechnik post operationem, Angaben in Anzahl der Patienten (n), PHL= pharyngeale follikuläre Hyperplasie, AG= Atemgeräusch
Post operative complications within depende of the implantation technique, PHL = pharyngeal follicular hyperplasia, AG = wheeze

Befund	Doppelschlingen-Implantation (n=20)	Einfachschlingen-Implantation (n=20)
PHL	1	1
Husten	1	0
AG ggr. reduziert	1	1
AG nicht reduziert	0	1

Tab 2 Ermittelte Daten für die Einzelschlingenimplantation, o.E. = ohne Ergebnis. *Results of the single-loop, o.E. = without result*

Probe Specimen	Alter Age	Kraft [N] bis zum Ausriss	Kraft [N] bis zum ersten partiellen Einriss	Dehnung [%] bis zum Ausriss
		Force [N] until complete cartilage failure	Force [N] until the first partial muscular process failure	Tension [%] until complete cartilage failure
1	1	53,2	48	12,4
2	2	188,1	47	16,18
3	2	142,84	48	14,42
4	4	132,51	82	14,52
5	4	68,11	57	19,13
6	4	113,63	55	11,21
7	7	157,31	91	23,34
8	7	144,78	o.E.	11,92
9	8	112,22	57	14,1
10	8	152,72	51	13,89
11	8	214,03	164	16,68
12	9	172,57	93	21,78
13	9	122,28	o.E.	10,25
14	9	151,57	o.E.	10,22
15	10	164,98	147	19,44
16	10	141,16	50	14,52
17	13	143,9	100	12,95
18	14	103,67	51	16,77
19	15	163,04	o.E.	12,49
20	15	134,01	o.E.	11,2
21	15	160,66	78	23,77
22	16	159,86	61	17,18
23	16	157,92	53	15,82
24	17	74,021	o.E.	7,02
25	18	125,37	o.E.	10,85
26	18	167,54	69	17,72
27	20	123,96	o.E.	11,28
28	20	75,521	o.E.	7,49
29	20	39,525	o.E.	3,68
30	21	163,92	85	19,89
31	22	205,04	87	16,16
32	24	174,07	o.E.	15,31
33	24	113,55	71	18,36
34	25	250,38	o.E.	14,19
35	26	102,61	o.E.	6,43
36	27	111,34	o.E.	9,94
37	27	76,492	o.E.	9,34
38	28	112,05	66	24,39
39	28	167,98	128	15,35
40	29	67,404	28	9,14

hustete gehäuft während der Futteraufnahme, jedoch nicht während des Reitens (Tab. 1).

Das inspiratorische Atemgeräusch konnte bei jeweils einem Pferd jeder Gruppe nur geringgradig reduziert werden. Bei einem Pferd der Einzelschlingen-Implantation wurde das

Atemgeräusch nicht reduziert. Der Zusammenhang zwischen der Implantationstechnik und der postoperativen Atemgeräusch-Reduktion war somit nicht signifikant ($p=0,751$).

Im Bezug auf die postoperative Stellung des linken Aryknorpels war der Unterschied zwischen den Implantationstechni-

Tab 3 Ermittelte Daten für Doppelschlingenimplantation, o.E.=ohne Ergebnis. *Results of the double-loop, o.E.=without result*

Probe Specimen	Alter Age	Kraft [N] bis zum Ausris Force [N] until complete cartilage failure	Kraft [N] bis zum ersten partiellen Einriss Force [N] until the first partial muscular process failure	Dehnung [%] bis zum Ausriss Tension [%] until complete cartilage failure
1	2	170,519	127	32,84
2	2	127,757	o.E.	15,03
3	3	169,373	127	29,36
4	3	121,497	o.E.	15,83
5	4	167,169	152	34,97
6	4	163,73	110	35,82
7	5	164,171	107	21,83
8	5	155,971	80	35,47
9	6	228,446	135	30,37
10	6	148,83	77	40,68
11	6	245,198	115	40,24
12	6	110,917	102	31,97
13	7	228,006	113	41,77
14	7	145,038	122	19,84
15	8	124,583	114	15,86
16	8	161,702	98	36,92
17	8	128,286	123	16,8
18	9	116,648	54	24,67
19	9	209,049	127	38,18
20	12	164,524	128	40,12
21	12	174,84	118	34,47
22	12	158,793	117	35,27
23	14	220,511	119	35,45
24	14	163,818	112	26,84
25	16	139,836	114	15,25
26	18	167,873	117	33,16
27	18	185,772	163	15,19
28	19	261,774	105	40,54
29	19	155,266	129	35,49
30	19	215,485	105	36,39
31	20	123,789	o.E.	10,96
32	20	157,382	97	24,19
33	21	131,019	123	24,68
34	23	216,808	132	28,72
35	25	132,518	129	33,08
36	26	195,03	82	18,61
37	28	182,775	160	15,96
38	28	135,34	68	31,86
39	28	134,987	106	28,39
40	30	145,32	102	29,19

ken ebenfalls nicht signifikant ($p=0,513$). Die Rima glottis war bei 18 Pferden der Doppelschlingen-Implantation laryngoskopisch symmetrisch. Zwei Patienten zeigten ein überabduziertes Bild. Eine Überabduktion und eine Unterabduktion wurde bei den einfach-implantierten Pferden festgestellt

In vitro Zugversuche

Material und Methode

Untersuchungsmaterial

Als Untersuchungsmaterial dienten 80 Processi musculares aus der jeweils linken Kehlkopfseite dem Vergleich der

Implantationstechnik. Alle Kehlkopfpräparate entstammen ein- bis dreißigjährigen frisch geschlachteten oder euthanasierten, ausschließlich larynxgesunden Warmblutpferden. Die Arytaenoidknorpel wurden aus dem Cricoarytaenoidgelenk exartikuliert und von allen Sehnen und Muskelanteilen isoliert. Jede der Proben wurde einzeln vakuumverpackt, bis zur Versuchsdurchführung bei -20° Celsius tiefgefroren und 24 Stunden vor Versuchsbeginn bei Raumtemperatur aufgetaut.

Implantationstechnik

Unmittelbar vor Beginn des Versuchs erfolgte mit Hilfe einer Kanüle für Punktion und Anästhesie, Größe 2.0, mit Luer-Lock-Ansatz der Firma Acufirm bei 40 linken Aryknorpeln die doppelte Implantation. In den PML wurde 10 mm cranial des Muskelansatzes des M. cricoaryt. dors. der erste Kanal platziert. Der Abstand zwischen Ein- und Ausstich betrug 10 mm und die Stichführung erfolgte parallel zur Längsachse des Cricoarytaenoidgelenkes. Der zweite Kanal wurde im Abstand von 5 mm parallel und rostral zu dem ersten ausgestanzt. In dieses Nahtlager wurde die Prothese zunächst von medial nach lateral durch den kaudal gelegenen und dann, ebenfalls von medial nach lateral, durch den rostral gelegenen Kanal gezogen (Abb. 4). Zum Durchziehen der Prothese, ein Mersilene® Faden metric 6 der Firma Ethicon GmbH & Co KG¹, wurde eine Häkelnadel der Größe 2 verwendet. Bei

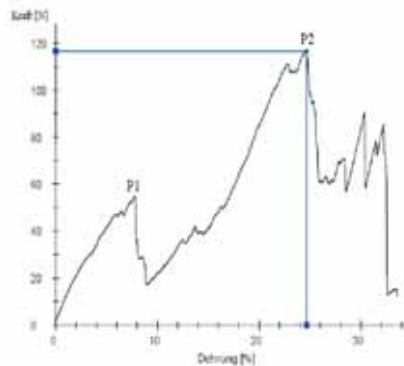


Abb 7 Kraft-Dehnungsdiagramm für Zugbelastung einer Doppelschlingen-Prothese mit Ausriss der Prothese aus dem Knorpel. P1= Zugkraft-Peak vor dem ersten Einreißen des Knorpels, P2= Zugkraft-Peak vor dem Ausriss der Prothese. *Load displacement graph showing double loop implantation with complete muscular process failure. P1=Peak before first partial failure of the muscular process, P2=Peak before complete muscular process failure.*

weiteren 40 linken Aryknorpeln wurde nur ein Kanal 10 mm distal des Muskelansatzes des M. cricoaryt. dors. parallel zur Längsachse des Cricoarytaenoidgelenks mit bereits genannter Kanüle vorgebohrt. Der Abstand zwischen Ein- und Ausstich betrug ebenfalls 10 mm.

Mechanische Tests/Untersuchungen

Die biomechanischen Zugprüfungen an den Processi musculares erfolgten mit einem ZWICK-Materialprüfgerät² im Besitz der Firma tBU GmbH, Greven, Germany³. Ein speziell von der Firma Ethicon GmbH & Co KG¹ entwickeltes Stahlgehäuse wurde zwischen den unteren Spannbacken des Probenhalters

fixiert und der Aryknorpel eingelegt. Die beiden freien Fadenden der Prothese wurden durch die schlitzförmige Dachöffnung des Stahlgehäuses gezogen und parallel zueinander in proximaler Richtung in den Spannbacken des oberen Probenhalters befestigt. Während der Zugversuche wurden zu jeder Probe Kraft/Dehnungs-Diagramme aufgezeichnet. Die Einspannlänge, das heißt der Abstand zwischen dem oberen Probenhalter und dem Stahlgehäuse, betrug 98,08 mm. Zur Vorkraftaufnahme wurden proximal gerichtete Zugkräfte mit zwei Newton (1 Newton = 1 mkg/sec²) auf die beiden freien Fadenden ausgeübt. Am Ende dieser Vorkraft waren die Fäden gleichmäßig gespannt und der Knorpel hatte festen Kontakt mit dem Dach des Stahlgehäuses. Die Vorkraftaufnahme wurde

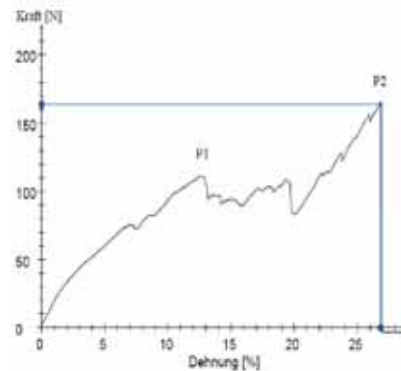


Abb 8 Kraft-Dehnungsdiagramm für Zugbelastungen einer Doppelschlingen-Prothese mit Abriss der Prothese. P1=Zugkraft-Peak vor dem ersten Einreißen des Knorpels, P2=Zugkraft-Peak vor dem Abriss der Prothese. *Load displacement graph showing double loop implantation with laryngoplasty avulsion. P1=Peak before first partial failure of the muscular process, P2=Peak before laryngoplasty avulsion.*

mit einer Geschwindigkeit von 10 mm pro Minute erreicht. Bei der eigentlichen Zugprüfung wurden die Zugkräfte dann so lange auf die implantierte Prothese ausgeübt, bis hieraus der Ausriss des Fadens aus dem Knorpel bzw. der Riss der Prothese selbst resultierte. Die Zugprüfung wurde mit einer Geschwindigkeit von 25 mm pro Minute durchgeführt. Ein Kraftsensor erfasste die aufgewendeten Zugkräfte und ein Längenänderungsaufnehmer registrierte die prozentuale Längenänderung bezogen auf die Einspannlänge. Am Ende jeder Zugprüfung erfolgte automatisch eine Ergebnismarkierung der maximalen Kraft- und Dehnungswerte. Mit Hilfe der Software

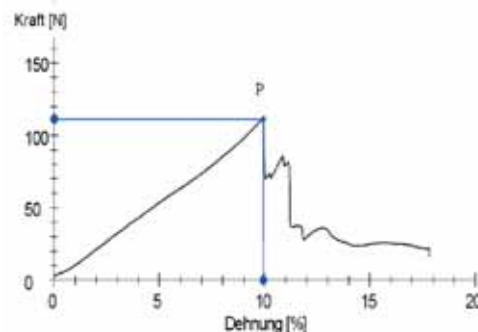


Abb 9 Kraft-Dehnungsdiagramm für Zugbelastungen einer Einzelschlingen-Prothese mit Ausriss der Prothese aus dem Knorpel. P=Zugkraft-Peak beim Ausriss der Prothese. *Load displacement graph showing single loop implantation with complete muscular process failure. P=single loop avulsion.*

testXpert V 11,0 wurden die ermittelten Daten ausgewertet. Jeder Zugversuch begann mit einem kontinuierlichen Anstieg der Kraft [N] und der Dehnung [%]. Bei einem großen Teil der Proben kam es zu einem ersten Einschneiden der Prothese in den Knorpel (Abb. 7 und 8). Durch diesen Einschnitt wurde der Zug auf den Knorpel kurzzeitig gelockert, was sich in der Grafik durch eine mehr oder weniger ausgeprägte Plateauphase darstellte. Danach erfolgte ein erneuter Kraftanstieg, bis entweder der Mersilene® Faden aus dem Aryknorpel ausgerissen ist (Abb. 7) bzw. der Faden selbst abbriss (Abb. 8). Demgegenüber standen Zugversuche, bei denen es nicht zu einem ersten Einschneiden in den Aryknorpel kam. Diese Kurvenverläufe waren

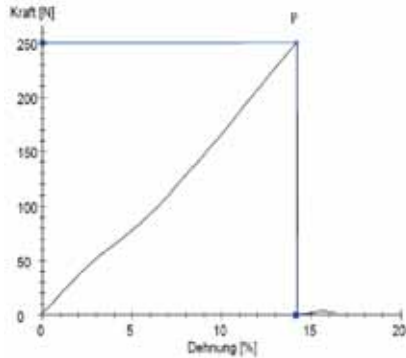


Abb 10 Kraft-Dehnungsdiagramm für Zugbelastungen einer Einfachschlingen-Prothese mit Abriss der Prothese. P=Zugkraft-Peak beim Abriss der Prothese.
Load displacement graph showing single loop implantation with laryngoplasty avulsion. P=laryngoplasty avulsion.

charakterisiert durch einen kontinuierlichen Anstieg der Kraft- und Dehnungswerte, bis zum plötzlichen Ausriss aus dem Knorpel (Abb. 9) oder einem Abriss der Prothese (Abb. 10).

Statistische Auswertung

Zur Überprüfung der Normalverteilungsannahme wurden für alle Gruppen Kolmogoroff-Smirnoff-Tests auf Normalverteilung durchgeführt. Keiner dieser Tests war auf einem Niveau von 10% signifikant, das heißt für keine der Gruppen konnte eine signifikante Abweichung von der Normal-

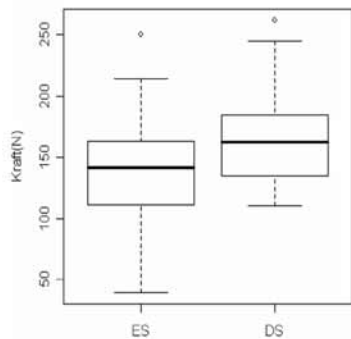


Abb 11 Kraft [N] bei Materialversagen (Aryknorpel oder Mersilene® Prothese) in Abhängigkeit zur Implantationsmethode. ES = Einfachschlingen-Implantation. DS = Doppelschlingen-Implantation
Force [N] by failure of the muscular process or Mersilene® prosthesis. ES=single loop, DS=double loop

verteilung nachgewiesen werden. Deswegen wurde im Weiteren von normalverteilten Daten ausgegangen und die Mittelwertvergleiche mit dem t-Test für unverbundene Stichproben angestellt. Es zeigte sich, dass für alle Fragestellungen die Methode der Doppelschlingen-Implantation zum Niveau 5% signifikant höhere Kräfte und Dehnungen aufwies als die Methode der Einfachschlingen-Implantation. Für die Irrtumswahrscheinlichkeit p wurden folgende Signifikanzstufen zugrunde gelegt: $p > 0,05$ = nicht signifikant, $p < 0,05$ = signifikant

Ergebnisse

Der Vergleich von 40 Einfach- und 40 Doppelschlingen Implantationen zeigte signifikant höhere Werte bei der modifizierten Operationstechnik (Tab. 1 und 2). Die durchschnittlich erreichte Kraft [N] und Dehnung [%] betrug 166,2N ($p=0,001211$) und 29,3% ($p<0,0001$) für die Doppelschlingentechnik. Die Einfachschlingenpräparate erreichten durchschnittlich eine maximale Kraft von 135,1N und Dehnung von 14,2% (Abb. 11 und 12). Bei 20 Präparaten (50%) mit doppelter Schlingenführung endeten die Zugprüfungen mit einem Fadenabriss, und genauso häufig resultierte ein Ausriss des Fadens aus dem Muskelfortsatz des Aryknorpels. Bei Präparaten mit einfacher Schlingenführung kam es hingegen 37 mal (92,5%) zu einem Knorpelausriss und nur dreimal (7,5%) zu einem Fadenabriss. Diese Ergebnisse belegen, dass durch die Implantation der Prothese als Dop-

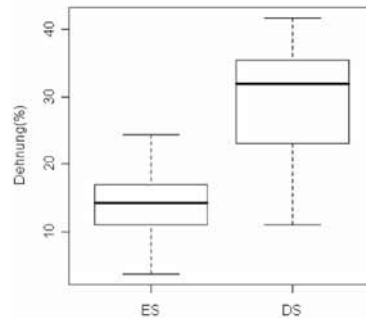


Abb 12 Dehnung [%] bei Materialversagen (Aryknorpel oder Mersilene® Prothese) in Abhängigkeit zur Implantationsmethode. ES=Einfachschlingen-Implantation, DS=Doppelschlingen-Implantation
Tension [%] by failure of the muscular process or Mersilene® prosthesis. ES=single loop, DS=double loop.

pelschlinge die Knorpelhaltekraft und Dehnungsfähigkeit erhöht wurde. Der Vergleich im Hinblick auf die Knorpelausrisspräparate zeigte mit durchschnittlichen 152,3N ($p=0,01596$) und 29,4% ($p<0.0001$) einen statistisch signifikanten Unterschied der erreichten Kraft und Dehnung bei der Doppelschlingen-Implantation. Die mittlere Kraft der Einfachschlingen-Implantation lag bei 128,8N und die mittlere Dehnung bei 14,0%. Neben dem Knorpelausriss und dem Versagen des Implantats konnte bei beiden Implantationstechniken im Rahmen der Zugprüfungen auch ein erstes partielles Einreißen der Prothese aus dem Aryknorpel beobachtet werden. Dieser partielle Einriss trat bei der Doppelschlingen-Implantation bei signifikant höherer durchschnittlicher Kraft

(113,7N) und Dehnung (13,6%) auf, als bei der Einfachen-Implantation (74,6N bzw. 6,7%), ($p=0,0001$).

Diskussion

Wird eine Fadenprothese in Form einer Doppelschlinge in den PML implantiert, so resultiert hieraus im Vergleich zur einfachen Schlingenführung eine vergrößerte Auflagefläche des Mersilene® Implantats. Dadurch scheint sich der Druck auf dem Knorpel optimal zu verteilen, was sich positiv auf die Halteeigenschaften und Dehnungsfähigkeit sowie auf die Tendenz der Prothese, in den Knorpel einzuschneiden, auswirkt. So zeigen die durchschnittlichen maximalen Kraft- [N] und Dehnungswerte [%] bis zum vollständigen Materialversagen mit 166,2 N und 29,3% bei der Doppelschlingen-Technik im Vergleich zu 135,1 N und 14,2% bei der Einfachschlingen-Implantation eine deutliche Überlegenheit.

Die Doppelschlinge gewährleistet ein hohes Maß an Zugfestigkeit des PML. So kam es hier nur in 50% der Zugversuche zu einem Versagen der Prothese aufgrund eines Zerreißen der Implantatlager. Dagegen kam es bei 92,5% der Einfachschlingen-Zugversuche zu einem Ausreißen des Implantats aus dem PML. Auch trat ein erstes partielles Einreißen des PML bei der Doppelschlinge erst bei signifikant höheren Kraft- und Dehnungswerten auf.

Die Knorpelqualität des Processus muscularis nimmt entscheidenden Einfluss auf das Operationsergebnis einer Laryngoplastik. Ein häufigeres Einreißen bzw. Ausreißen der Prothese aus dem PML konnte bei jungen Tieren nicht nachgewiesen werden. Mit zunehmendem Alter der Pferde ist speziell für den linken PML gehäuft ein partielles Einreißen zu beobachten. Teilweise kommt es bereits intra operationem, während der Knotenfixierung, zu einem Ausreißen der Prothese aus dem Muskelfortsatz des Aryknorpels. Die für ein partielles Einreißen erforderlichen Kräfte, 77,5 N für den linken und 75,65 N für den rechten PML, können bereits durch manuellen Zug des Chirurgen an der Prothese entstehen. Dieses akute mechanische Versagen des Implantats wird verdeutlicht durch eine endoskopisch sichtbare Arytaenoidrelaxation wenige Tage nach der Operation (Boening et al. 2007). Möglicherweise sind individuelle und altersbedingte Unterschiede in der Zell-, Faser-, und Matrixstruktur, insbesondere im Randbereich des Knorpels, ursächliche Faktoren für das Versagen der Laryngoplastik.

Orsini et al. (1989) stellten durch xeroradiographische Untersuchungen des Processus muscularis einen signifikanten Anstieg der Mineralisation (Kalzifikation) mit zunehmendem Alter fest. Honnas et al. (1990) glauben, dass die Kehlkopfknorpel und das Cricoarytaenoidgelenk mit zunehmendem Alter ungeschmeidiger werden und es folglich schwieriger wird den Aryknorpel aus dem Luftweg zurückzuziehen.

Im Knorpel entstandene Mikrofissuren reduzieren ebenso seine Resistenz gegenüber dem Implantat. Rossignol et al. (2006) konnte keine signifikanten Unterschiede der Haltekraft in Abhängigkeit von der Implantationstechnik, mit einer einfachen Nadel oder einer Vorbohrung des Knorpels wie von Marks et al. (1970) beschrieben, feststellen. Jedoch besitzen vorgebohrte Aryknorpel signifikant weniger Mikrofissuren

(Rossignol 2006). Daher wurden alle Präparate dieser Versuchsreihe mit einer Hohl-nadel vorgebohrt.

Technisch unterscheidet sich die Doppelschlinge von der Einfachschlinge vor allem in ihrer zweifachen parallelen Durchstechung des Aryknorpels sowie der Lagerung des fixierenden Knotens. Bei der Laryngoplastik nach Marks et al. (1970) wird dieser nah am PML platziert. Die Doppelschlinge erfordert jedoch eine andere Art der Anspannung. Hier muss die Platzierung des Knotens möglichst weit kaudal am Ringknorpel erfolgen. Nur so ist für die dorsolaterale Fixierung des Aryknorpels ein ausreichender und gleichmäßiger Zug zu erreichen.

Im Zusammenhang mit post operativen Komplikationen, wie einer erfolgten Überabduktion des Aryknorpels, Dysphagien, Fistelbildung, chronischem Husten oder Chondritis kann die Entfernung einer Doppelschlinge erforderlich werden. Vermutlich ist das Lösen einer Doppelschlinge schwieriger als das Entfernen einer einfach implantierten Prothese.

Die insgesamt positiven Ergebnisse der klinischen Anwendung der Doppelschlinge in Kombination mit einer Ventrikulektomie und Teilresektion des linken Stimmbands verdeutlichen den Erfolg dieser modifizierten Operationsmethode. Sie kann durchaus routinemäßig bei Pferden aller Altersklassen und Konstitutionstypen angewendet werden. Schwerpunktmäßig ist sie vor allem bei älteren Pferden in Betracht zu ziehen, da deren Knorpel bereits einen geringere Haltekraft und Elastizität, das heißt eine erhöhte Gefahr des Ausreißen aufweist. Pferde, deren Processus muscularis intra operationem aufgrund chirurgischer Erfahrung als fragwürdig im Bezug auf seine Haltekraft beurteilt wird, können mit dieser Methode ebenfalls mit einem deutlich verminderten Rezidivrisiko therapiert werden.

Herstelleradressen

- ¹ ETHICON GmbH & Co KG, Robert-Koch-Straße, 22851 Norderstedt, Germany
- ² ZWICK GmbH & Co KG, August-Nagel-Straße 11, 89079 Ulm, Germany
- ³ Fa. tBU GmbH, Gutenbergstraße 29, 48268 Greven, Germany

Literatur

- Boening I., Sasse H. H. L. und Boening K. J. (2007) Zugversuche am Processus muscularis des Arytaenoid zur Bestimmung der altersabhängigen Haltekraft. *Pferdeheilkunde* 5, 517-525
- Bathe A. P. (1993) Left laryngeal hemiplegia in the horse: a survey of diagnostic criteria and management practices employed by 20 veterinary surgeons in Europe. *Equine Vet. Educ.* 5, 84-85
- Cahill J. I. und Goulden B. E. (1987) The pathogenesis of equine laryngeal hemiplegia - a review. *N. Z. vet. J.* 35, 82-90
- Fjeldborg J. (1991) Resultate der chirurgischen Korrektur der Hemiplegia larynges sinistra mit Hilfe der modifizierten Methode nach Mackay-Smith und Marks, *Pferdeheilkunde* 7, 133-135
- Goulden B. E. und Anderson L. J. (1982) Equine laryngeal hemiplegia. Part 3. Treatment by laryngoplasty. *N. Z. vet. J.* 30, 1-5
- Honnas C., Schumacher J. und Dean P. W. (1990) Laryngeal hemiplegia in horses: Diagnosis and surgical management. *Vet. Med.: 1990*, 752-763

- Huskamp B.* (1980) Komplikationen nach Kehlkopfpeiferoperationen. *Prakt. Tierarzt* 4, 302-306
- Mackey-Smith M. P., Johnson J. H. und Baker R. H.* (1973) Laryngoplasty- A progress report. *Proc. Am. Equine Pract.* 13,133
- Marks D., Mackay-Smith M. P., Cushing L. S. und Leslie J. A.* (1970) Use of Prosthetic Device for Surgical Correction of Laryngeal Hemiplegia in Horses. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 157, 157-163
- Orsini P. G., Raker C. W., Reid C. F. und Mann P.* (1989) Xeroradiographic evaluation of equine larynx. *Am. J. Vet. Res.* 50, 845-849
- Pascoe J. R.* (1990) Pathophysiology of Upper Airway Obstruktion. *Current Practice of Equine Surgery* 13-216
- Riedel J.* (2006): Vergleichende In vitro-Studie zur Biomechanik unterschiedlicher Verfahren der Laryngoplastik beim Pferd und deren Anwendung am Patienten, *Vet. Med. Diss. Hannover*
- Robertson J. T.* (1995) Complicazioni ed insuccessi della chirurgia laringea nel cavallo, Laryngeal surgery in the horse: complications and failures, *Ippologia* 6, 25-48
- Robertson J. T.* (2000) Laryngoplasty: a novel prosthesis. *Equine Vet. J.* 32, 5-6
- Rossignol F., Perrin R., Desbrosse F. und Elie C.* (2006): In vitro comparison of two techniques for suture prosthesis placement in the muscular process of the equine arytenoids cartilage. *Vet. Surg.* 35, 49-54
- Schumacher J., Wilson A. M., Pardoe C. und Easter J. L.* (2000) In vitro evaluation of a novel prosthesis for laryngoplasty of horses with recurrent laryngeal neuropathy. *Equine vet. J.* 32, 43-46
- Sloet van Oldruitenborgh-Osterbaan M. M.* (1987) Review of respiratory noises in the horse. *Pferdeheilkunde* 12, 698-702, 1996

Dr. Karl-Josef Boening
Tierärztliche Klinik für Pferde in Telgte
Kiebitzpohl 35
48291 Telgte
boening@tierklinik-telgte.com