

### 3. Diskussion

Für die Einteilung in larynxgesunde Pferde und in an Hemiplegia laryngis sinistra erkrankte Pferde wird das Stenosegeräusch im starken Galopp erfaßt und endoskopisch die Abduktionsstellung der Stellknorpel unmittelbar nach dem Abschlucken beurteilt. Die Kehlkopfpalpation und die Beurteilung des Cervico-Laryngeal-Reflexes mit dem "Slap"-Test sind ergänzende Maßnahmen. Unsichere Fälle bedürfen einer differenzierteren Diagnostik.

Das inspiratorische, laryngeale Atemgeräusch unter Belastung, aufgrund dessen die Patienten vorgestellt werden, ist mit etwas Routine für den Untersucher deutlich zu hören. Die Pferde werden in einer ruhigen Umgebung im Galopp longiert. Tritt ein gewisser Grad an Anstrengung ein, in der Regel nach 10 bis 15 Minuten, sind Bewegung und Atmung in der Weise gekoppelt, daß die Tiere pro Schrittzklus einmal atmen (COOK 1965). In dieser Belastungsphase ist ein Atemgeräusch eindeutig der Ein- oder Ausatmung zuzuordnen. Je nach Grad der Erkrankung hält der inspiratorische Stridor bei einer Hemiplegia laryngis nach Beendigung der Belastung noch eine Weile an oder ist nicht mehr wahrzunehmen (PLOCKI VON et al. 1988).

Die vom Besitzer häufig erwähnte gleichzeitige Leistungsminderung der an Hemiplegia laryngis erkrankten Pferde kann, nach CHRISTLEY et al. (1996) in hochgradigen Fällen durch eine im arteriellen Blut meßbare Hypoxie, kombiniert mit einer Hyperkapnie, erfaßt werden. Bei der Gradeinteilung nach LANE (1993) entspricht dies den Graden 4 und 5, d.h. diesen Pferden ist eine vollständige Abduktion der Stellknorpel zu keiner Zeit mehr möglich.

Über die Aussagekraft des Palpationsbefundes der Kehlkopfmuskulatur weichen die Meinungen der einzelnen Autoren stark voneinander ab. Je ausgeprägter die Bemuskelung des Pferdes, desto schwieriger ist es eine klare Aussage zu treffen. Kleinere, jüngere, noch allgemein schwachbemuskelte Pferde sind etwas einfacher zu beurteilen. Es darf hierbei nicht vergessen werden, daß bei an Hemiplegia laryngis sinistra erkrankten Pferden nicht ausschließlich der dorsale Ringknorpel-Stellknorpelmuskel atrophisch ist, sondern die gesamte vom linken kaudalen Kehlkopfnerve versorgte Muskulatur. Der Processus muscularis des Stellknorpels ist deshalb so gut palpierbar, da die atrophischen Erscheinungen am Musculus cricoarytaenoideus lateralis und am Musculus arytaenoideus transversus sehr viel deutlicher ausgeprägt sind als am Musculus cricoarytaenoideus dorsalis (CAHILL u. GOULDEN 1987 und DUNCAN et al. 1991a). Ein positiver Palpationsbefund ist nach Meinung von REUTTER et al. (1994) für die Diagnose

„ideopathische Hemiplegie des Kehlkopfes“ von Bedeutung, bei Zweifelsfällen kann er jedoch leicht zu Fehlinterpretationen führen. Deswegen reicht er als alleiniges klinisches Zeichen nicht aus.

Für die laryngoskopische Untersuchung werden die Pferde in einen Untersuchungsstand gebracht und der Kopf von einer Hilfsperson fixiert. Je nach Kooperation des Tieres wird eine Oberlippenstrickbremse angelegt oder ausnahmsweise mit einer Sedierung gearbeitet. Das flexible Endoskop wird i.d.R. über den rechten ventralen Nasengang vorgeschoben und möglichst zentral vor dem Kehlkopf plaziert.

Beurteilt werden die Stellung der Aryknorpel in Ruhe und die Beweglichkeit nach dem Abschlucken. Wichtig erscheint, daß bei der Beurteilung der Stellknorpel in Ruhe eine geringgradige Verzerrung des Bildes bedacht wird, da das Endoskop von der rechten Seite an den Kehlkopf herantritt (DUNCAN et al. 1977). In Zweifelsfällen kann das Endoskop zusätzlich über den linken ventralen Nasengang eingeführt werden und eine Beurteilung der Symmetrie des Kehlkopfes vorgenommen werden.

Als weiteres Beurteilungskriterium wird die Reaktion auf den „Slap“-Test herangezogen, der bei ruhigen nichtsedierten Pferden einfach durchzuführen ist, und beim Vorliegen einer Hemiplegia laryngis sinistra klar negativ ausfällt. Der kontralaterale Stellknorpel wird, bei einem Schlag mit der flachen Hand auf die rechte Sattelage, nicht adduziert.

Bei angespannten/ängstlichen Pferden ist der Reflex i.d.R. unterdrückt und verliert ebenso wie bei häufiger Wiederholung an Aussagekraft (SPEIRS et al. 1992).

Mithilfe der Elektromyographie kann eine Denervation von Muskulatur frühzeitig erkannt werden. Sind im Elektromyogramm der linksseitigen intrinsischen Kehlkopfmuskulatur ein vermindertes Einsetzen der Aktivität und Fibrillationspotentiale erkennbar, können diese als Anzeichen einer Denervation angesehen werden. Ursächlich liegt hierbei eine distale Axonopathie des linken Nervus laryngeus caudalis zugrunde. Ein Elektromyogramm des Musculus cricoarytaenoideus lateralis kann als ebenso aussagekräftig gelten wie das des Musculus cricoarytaenoideus dorsalis (SCHMIDT u. THEWS 1983, CAHILL u. GOULDEN 1986b und BRICKWEDEL 1996).

Eine Reihe pathologischer Befunde sind bei einer Hemiplegia laryngis sinistra regelmäßig vorzufinden.

Der Nervus laryngeus recurrens sinister erscheint makroskopisch hellgrau bis graurot. Es handelt sich um eine Nervenfaseratrophie vom Typ der WALLERschen Degeneration.

Diese geht mit Axondegeneration d.h. Zerfall von Markscheide und Achsenzylinder einher. Chronische De- und Remyelinisierungsprozesse können beobachtet werden (VENNERHOLM 1907, COLE 1946, DUNCAN u. GRIFFITHS 1973, SPENCER u. SCHAUMBURG 1977, PONCET et al. 1989, DUNCAN et al. 1991b, ROSE u. HODGSON 1993).

Der Musculus cricoarytaenoideus dorsalis sinister, sowie die weiteren intrinsischen Muskeln, welche vom Nervus laryngeus caudalis innerviert werden, erscheinen neurogen atrophiert mit den typischen Erscheinungen wie hyalin - scholligem Zerfall, fettiger Degeneration, Zellkernverklumpungen und -aneinandereihungen. Die Muskelfasern als solche bleiben jedoch über Jahre der Denervation erhalten und nachweisbar (CONLEY et al. 1974).

Die Funktionskreise efferenter und afferenter Nervenverbindungen zwischen Rückenmark bzw. motorischen Kernen und Muskelfasern sind i.d.R. noch erhalten, die Gesamtheit der Axone und deren Verteilung im Muskel erlauben nur eine Mindererregung, welche nicht in der Lage ist eine Muskelkontraktion zu erzeugen (ELSBURG 1917, EDDS 1949/1953, GWYNN u. AITKEN 1966 und DAHME u. WEISS 1988).

Aus pathophysiologischer Sicht werden einige Bedenken für eine mögliche Reinnervation der Kehlkopfmuskulatur geäußert. Schwach innervierte Muskelfasern akzeptieren keine additive Innervation über eine Nerven-Transplantation. Bei der partiellen Lähmung des Musculus cricoarytaenoideus dorsalis sinister wird jedoch davon ausgegangen, daß alle Muskelfasern über eine motorische Endplatte noch Kontakt zu einem Axon besitzen (ELSBURG 1917, EDDS 1949/1953 und GWYNN u. AITKEN 1966). Intakte motorische Endplatten sind umgeben von dem Axoneinsprossungshemmungsfaktor, der weiteres Axoneinsprossen in dieser Region hemmt (DIAMOND et al. 1976).

Die deutlichen Anzeichen der Axondegeneration des Nervus laryngeus recurrens beim Vorliegen einer Hemiplegia laryngis sinistra hingegen zeigen, daß die motorischen Endplatten nicht mehr als intakt angesehen werden können (VENNERHOLM 1907, DUNCAN u. GRIFFITHS 1973, PONCET et al. 1989, DUNCAN et al. 1991b und ROSE u. HODGSON 1993).

In der distalen Region eines degenerierten Axons befindet sich neben den motorischen Endplatten der für die Stimulation des Einsprossens von neuen Axonen in einen Muskel verantwortliche „Nerv-Growth-Factor“. Er wird außerdem für ein beschleunigtes Einsprossen von Axonen verantwortlich gemacht (HOFFMANN 1950, HOFFMANN u. SPRINGELL 1951, DIAMOND et al. 1976 und VAN HARREVELD 1945). Demzufolge

wäre bei einer Kehlkopfoperation beim Pferd, nach Stellung einer eindeutigen Diagnose von Hemiplegia laryngis sinistra eine Nerventransplantation als erfolgversprechend zu beurteilen. Der Aussage, daß sich z.B. in einem kompletten Nerv-Muskelteilchen weder degenerierte Axone, noch degenerierte Muskelfasern befinden, weshalb kein „Nerv-Growth-Factor“ entsteht und demnach eine Axoneinsprossung lt. HOFFMANN (1950/1951) bzw. lt. VAN HARREVELD (1945) nicht zu erwarten ist, steht entgegen, daß eine Nerv-Muskelteilchenverpflanzung wie auch jede andere Reinnervationstechnik am Kehlkopf des Pferdes ausschließlich in neurogen atrophiierte Muskulatur erfolgt. Das Vorliegen eines „Nerv-Growth-Factors“ in diesem Muskel müßte noch nachgewiesen werden. Es ist jedoch nicht zu übersehen, daß es einer Reihe von Operateuren bereits gelungen ist, durch eine Nerventransplantation die Kehlkopfmuskulatur beim Tier, speziell den Musculus cricoarytaenoideus dorsalis, wieder zu reaktivieren (TAKENOUCI et al. 1967, 1968 und 1971, DOYLE et al. 1967 u. 1968, FEX 1970, TUCKER et al. 1970, HENGERER u. TUCKER 1973, MORLEDGE et al. 1973, MIGLETS et al. 1974, TUCKER 1976, APPLEBAUM 1979, MAY et al. 1980, CRUMLEY 1982, FERNANDES et al. 1987, GREENFIELD et al. 1988, DUCHARME et al. 1989a/b und FULTON 1991). FULTON (1997) kommt zu dem Schluß, daß der zur Reinnervation genutzte Nerv und der Nervus laryngeus recurrens sich gegenseitig nicht behindern. Eine Durchtrennung des Nervus laryngeus recurrens für die Reaktivierung des Musculus cricoarytaenoideus dorsalis sinister mithilfe der Nerv-Muskelteilchenverpflanzungsmethode hält er für unnötig. TUCKER et al. (1970,1972,1973, 1976 und 1982) gehen von einer direkten Nervenimpulsübermittlung durch das Nerv-Muskelteilchen hindurch in die neu angrenzende Muskulatur aus. Histologische Studien haben gezeigt, daß die Mehrzahl (80%) der Nervenfasern in einem transplantierten Muskelstück nicht degenerieren (OGURA et al. 1970 und TUCKER et al. 1970).

Ziel der Reinnervation des Kehlkopfes beim Pferd ist die Wiederherstellung der Kehlkopffunktion, die neben der Beseitigung des Atemgeräusches auch eine Anpassung der Leistung an das für das Tier mögliche Maß erlaubt.

Welche Art der Reinnervation hierfür die erfolgreichste Methode darstellt ist von einer Vielzahl von Faktoren abhängig. Die Tierart, der zu reinnervierende Muskeltyp, Dauer der neurogenen Atrophie des Muskels, sowie das Auffinden eines zur Transplantation geeigneten Nerven in unmittelbarer Nähe zum geschädigten Muskel spielen hierbei die entscheidenden Rollen.

Eine Nerv-zu-Nervanastomose am Kehlkopf mit einer Anastomosierung an den Nervus laryngeus recurrens bzw. Nervus laryngeus caudalis vor seiner Aufzweigung an die intrinsische Kehlkopfmuskulatur birgt die Gefahr der fehlgeleiteten Innervation in sich. Es wachsen Axone aus, die die adduktorischen und den abduktorischen Muskel in gleichem Maße reinnervieren, so daß bei einer Nervenaktivität das feine zyklische Zusammenspiel nicht mehr gegeben ist (SHIMAZAKI 1957, HIROTO et al. 1968, BOLES u. FRITZELL 1969 und CRUMLEY 1982). Aufgrund der fehlgerichteten Reinnervation werden außerdem die verschiedenen Muskelfasertypen (langsame Typ I und schnelle Typ IIa Fasern) unterschiedlich stark reinnerviert, so daß die schnell - langsam - Bewegungsverhältnisse der Muskulatur ebenfalls gestört wären (DOYLE 1964, HAST 1967, GORDON u. McCABE 1968, MURAKAMI u. KIRCHNER 1971 und IWAMURA 1974). Hieraus läßt sich vor allem die Gefahr der Aspiration von Futterbestandteilen ableiten. Es bleibt auch die Frage, ob mit dieser Methode eine Verbesserung des Inspirationsvolumens erreicht werden kann, da die Aktivität der adduktorischen Muskulatur in gleichem Maße wie die des abduktorischen Muskels gesteigert wird und eine ausreichende Öffnung des Kehlkopfes zum richtigen Zeitpunkt damit nicht gewährleistet wäre. Auch DUCHARME et al. (1989c) konnten bei ihren Nerv-zu-Nervanastomosen am Kehlkopf des Pferdes keine Verringerung des inspiratorischen Widerstandes erreichen.

Die Implantation eines Nerven in den Musculus cricoarytaenoideus dorsalis, sowie die Nerv-Muskelteilchenverpflanzung müssen als erfolgversprechende Methoden zur funktionellen Wiederherstellung des Kehlkopfes angesehen werden.

Da bei diesen Methoden ausschließlich der die Stimmritze erweiternde Musculus cricoarytaenoideus dorsalis reinnerviert wird, werden Probleme in Form von fehlgerichteter, gekreuzter Reinnervation wie sie bei TUCKER et al. 1970, HENGERER u. TUCKER 1973, LYONS u. TUCKER 1974 und bei TUCKER 1976 u. 1978 nach End-zu-Endanastomosen mit dem Nervus laryngeus recurrens beschrieben sind, nicht zu erwarten sein.

Einer Reihe von Autoren gelang die erfolgreiche Reinnervation von Kehlkopfmuskulatur verschiedener Tierarten einschließlich des Menschen durch eine Nervenimplantation, wobei verschiedene Donornerven zum Einsatz kamen (DOYLE et al. 1967 u. 1968, FEX 1970, MORLEDGE et al. 1973, MIGLETS et al. 1974, CRUMLEY 1982 und DUCHARME 1989b).

Bei der Nerv-Muskelteilchenverpflanzungstechnik wird der Donornerv nicht komplett durchschnitten, Nervendegeneration, fehlgeleitete Innervation, Neurombildung und andere auch bei Nerv - Nervanastomosen auftretenden Probleme sind bei dieser Operationsmethode daher nicht zu erwarten.

In den zur Transplantation präparierten Nerv-Muskelteilchen befinden sich sowohl motorische Endplatten, als auch durchtrennte Endäste von Axonen. Selbst bei sehr genauer Präparation, eines ca. 2 x 3 x 3 mm großen Muskelquaders, werden im Regelfall weiterführende Endäste durchtrennt, so daß die Nerv-Muskelteilchenverpflanzungstechnik gewissermaßen mit einer Nervenimplantation vergleichbar ist (MEIKLE et al. 1987 und FULTON 1997).

Beim Pferd kommen für eine Nerv-Muskelteilchenverpflanzung am Kehlkopf vor allem zwei Nervenendäste in Frage, das sind zum einen die Endaufzweigung des Ventralastes des ersten Halsnerven und zum anderen, die des Ventralastes des zweiten Halsnerven. Der Ventralast des ersten Halsnerven stellt sich lt. DUCHARME et al. (1989c) und FULTON (1991) als anatomisch chirurgisch geeignet für eine Transplantation auf den Kehlkopf dar. Er ist regelmäßig auffindbar und über eine ausreichende Länge zu präparieren. So wird eine Verpflanzung in den Musculus cricoarytaenoideus dorsalis ohne Zug auf das Transplantat auszuüben ermöglicht. Ausfallserscheinungen in seinem primären Innervationsgebiet, dem Musculus omohyoideus, sind nach heutigen Erkenntnissen vertretbar. Die individuell stark abweichende Endaufzweigung kann bisweilen zu Schwierigkeiten bei der Präparation zur Transplantation geeigneter Nerv-Muskelteilchen führen. Es stehen bis zu zwei Nerv-Muskelteilchen und mindestens ein durchtrennter Endast für eine Transplantation zur Verfügung (FULTON 1991).

DUCHARME et al. (1989a) führten die Nerv-Muskelteilchenverpflanzung beim Pferd mit dem Ventralast des zweiten Halsnerven durch und erzielten bei drei von vier Ponies eine histologisch nachweisbare Reinnervation.

Bei einem Vergleich der Beschreibungen des präparatorischen Vorgehens bei der Transplantation von Nerv-Muskelteilchen des ersten und zweiten Halsnerven auf den Kehlkopf, erscheint die Nähe zur Arteria carotis communis und zum Truncus vagosympathicus bei der Transplantation des Ventralastes des zweiten Halsnerven ein größeres Operationsrisiko zu bergen als bei der Präparation des Ventralastes des ersten Halsnerven, in dessen Operationsgebiet in erster Linie auf die Schonung der Vena linguofacialis geachtet werden muß.

Laut WISSDORF et al. (1998) ist der Ventralast des zweiten Halsnerven beim Pferd nicht regelmäßig auffindbar.

HENGERER und TUCKER (1973) haben bei drei Hunden die Nerv-Muskelteilchenverpflanzung erfolgreich durchgeführt. Mithilfe der Elektromyographie konnten Muskelaktivität und mit der Laryngoskopie auch Stimmbandabduktion nachgewiesen werden. Die pathohistologische Untersuchung des transplantierten Nerven und des Muskels zeigten, daß die Dichte der Faserbündel im Nerv nicht abgenommen hat und, daß sich sowohl im transplantierten Muskelstück als auch im Rezipientenmuskel, dem Musculus cricoarytaenoideus dorsalis, intakte Nervenfasern befinden. FERNANDES et al. (1987) beobachteten Stimmbandabduktionen an den von ihnen operierten Patienten bereits in Ruhe, nicht erst bei stärkerer Belastung.

Für die Überlegung den Nervus laryngeus caudalis dexter als Donornerven zur Reinnervation des Musculus cricoarytenoideus dorsalis sinister einzusetzen wie es HARRISON et al. (1992b) indirekt taten, spricht die synchrone Kontraktion der Muskulatur beider Kehlkopfseiten. Es bringt jedoch keinen Nutzen zur Wiederherstellung der physiologischen Funktion des Kehlkopfes, wenn der rechte Musculus cricoarytenoideus dorsalis denerviert wird, um den linken zu reinnervieren. Gleiches gilt für die Überlegung den Nervus laryngeus recurrens dexter vor Erreichen des Kehlkopfes als Implantat zur Reinnervation des linken Stimmritzenerweiterers zu nutzen. Es muß mit dem kompletten Ausfall der rechten Kehlkopfhälfte gerechnet werden.

Der Nervus laryngeus recurrens sinister sollte für eine Transplantation auf den Kehlkopf nicht herangezogen werden, da er bereits als idiopathisch geschädigt gilt und der zu erwartende Erfolg damit in Frage gestellt ist.

Das Auswärtsdrehen des Kehlkopfes mit einem schmalen Wundhaken an der Schildknorpelwand, wie es für einige Operationstechniken beschrieben ist, wird von verschiedenen Autoren (TAGGART 1971, TUCKER 1976, APPLEBAUM et al. 1979 und FERNANDES et al. 1987) bei verschiedenen Spezies als problemlos beschrieben. HERTSCH (1999) hingegen hält das starke Herausdrehen des Kehlkopfes beim Pferd für eine zu starke Traumatisierung und rät davon ab.

Wichtig ist, daß die Zeit und der Grad der Restauration des Musculus cricoarytaenoideus dorsalis berücksichtigt werden. Erwünscht ist eine vollständige Wiederherstellung der physiologischen Funktion in möglichst kurzer Zeit.

Für eine reibungslose Reinnervation ist die Muskel-zu-Muskelheilung, die eine Innervation mit direkter Übertragung der Nervenimpulse auf den Rezipientenmuskel und folgender vollständiger Kontraktion erst erlaubt, ausschlaggebend. Lt. TUCKER (1978) führt z.B. ein

Hämatom im Operationsgebiet zur Fibrosierung des Gewebes, was wiederum die zu übertragenden Nervenimpulse abschwächt.

Über die Eignung des Musculus omohyoideus als Donor für die Reinnervation des Musculus cricoarytaenoideus dorsalis besteht bei den Autoren der letzten 20 Jahre weitgehende Übereinstimmung. Das nahezu identische Verteilungsmuster der Muskelfasertypen, und die synchrone Kontraktion von Musculus omohyoideus und Musculus cricoarytaenoideus dorsalis während der Inspiration läßt ihn als idealen Donor erscheinen. Ein zeitlich korrektes Öffnen des Kehlkopfes wäre demnach mit der Operation eines Nerv-Muskelteilchens dieses Muskels gegeben.

Eine regelmäßige Kontraktion des Musculus omohyoideus setzt jedoch erst bei einem gewissen Anstrengungsgrad d.h. bei beginnenden hypoxischen Zuständen ein. Es wird daher davon ausgegangen, daß der Rezipientenmuskel, der Musculus cricoarytaenoideus dorsalis, welcher den transplantierten Nerven erhält, ebenfalls erst bei angestrenzter Atmung seine Funktion aufnehmen wird (CRUMLEY 1982, DUCHARME et al. 1989a und FULTON 1997). Da bei einem anderen Leiden, dem Koppen des Pferdes, durch operatives Vorgehen u.a. ein Teil der Musculus omohyoideus entfernt wird, wobei die Leistungsfähigkeit der Tiere nicht eingeschränkt wird, kann man davon ausgehen, daß Ausfallerscheinungen dieses Muskels bei teilweisem Innervationsverlust den Pferden keine Nachteile bringt (RICHTER 1999).

Es wäre zu überlegen, vor jeder Nerv-Muskelteilchenverpflanzungsoperation am Kehlkopf ein Elektromyogramm des Musculus omohyoideus durchzuführen, um sicher zu gehen, daß dieser sich regelmäßig während der Inspiration kontrahiert (DUCHARME et al. 1989a/b).