

Auswirkungen von Fütterungs- und Bewegungsänderungen auf das Equine Metabolische Syndrom (EMS)

Heidrun Gehlen¹, Sarah Liertz¹ und Roswitha Merle²

¹ Klinik für Pferde, Allgemeine Chirurgie und Radiologie, Fachbereich Veterinärmedizin, Freie Universität Berlin, Berlin

² Institut für Veterinär-Epidemiologie und Biometrie, Fachbereich Veterinärmedizin, Freie Universität Berlin, Berlin

Zusammenfassung: Bei Pferden treten verminderte Insulinsensitivität, Fettleibigkeit oder abnorme Fettverteilung und eine Prädisposition für Hufrehe gehäuft kollektiv auf und werden als Equines Metabolisches Syndrom (EMS) zusammengefasst. Die Inzidenz der Erkrankung nimmt nicht nur beim Menschen, sondern auch beim Pferd zu, und als Behandlung werden neben diätetischen Maßnahmen zur Gewichtsreduktion auch verschiedene medikamentelle Therapieansätze aus der Humanmedizin verfolgt. Ziel dieser Arbeit war es, den Einfluss von Signalement und Management (Bewegung und Fütterung) sowie des Schweregrades der Obesitas auf das EMS zu analysieren und zu eruieren, ob durch eine Umstellung des Managements eine Verbesserung des Equinen Metabolischen Syndroms erzielt werden kann bzw. es zu einer Reversibilität der EMS-Faktoren kommt. Dazu wurden 32 an EMS erkrankte Pferde untersucht, und die Besitzer zur Haltung, Bewegung und Fütterung der Pferde befragt. Im Anschluss erfolgte eine Interventionsphase, in der alle Pferdebesitzer Informationen zur Änderung/Optimierung von Haltung, Fütterung und Bewegung erhielten, die auf eine Gewichtsabnahme oder Reduktion abnormer Fettpolster hinzielten. Abschließend erfolgte eine Nachuntersuchung nach drei bis sechs Monaten. Die Ergebnisse zeigten, dass das Management der Pferde den Grad der Insulinresistenz modulierte. Pferde, die kontrolliert bewegt wurden, wiesen signifikant niedrigere Schweregrade auf ($p = 0,002$). Auch die Fütterung hatte einen signifikanten Einfluss auf den Schweregrad der Insulinresistenz. Pferde, die restriktionslos gefüttert wurden, waren mittel- oder hochgradig insulinresistent ($p < 0,001$). Pferde mit hochgradiger Insulinresistenz hatten zudem höhere Herzfrequenzen ($p = 0,024$), ebenso wie generell fettleibige Pferde ($p = 0,047$). Der Puls von Tieren mit Hufrehe ($p = 0,020$) war ebenfalls signifikant höher. Bei der Nachkontrolle nach Intervention konnten 14 der 32 Pferde erneut untersucht werden. Durch die Intervention war bei fünf Pferden eine Insulinresistenz nicht mehr nachweisbar. Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse, dass Fütterung und Bewegung einen signifikanten Einfluss auf die Ausprägung einer Insulinresistenz bei Pferden mit EMS haben und dass eine Optimierung in diesen Bereichen zu einer deutlichen Verbesserung, bis hin zum Verschwinden der Insulinresistenz, führen kann.

Schlüsselwörter: Endokrinopathie, EMS, Pferd, Haltung, Fütterung

Effects of feeding and exercise changes on equine metabolic syndrome (EMS)

In horses, reduced insulin sensitivity, obesity or abnormal fat distribution and a predisposition to laminitis occur collectively and are summarized as equine metabolic syndrome (EMS). The incidence of the disease is increasing not only in humans but also in horses, and in addition to dietary measures for weight reduction, various drug therapy approaches from human medicine are being pursued as treatment. The aim of this work was to analyze the influence of signalment and management (exercise and feeding) as well as the severity of obesity on the EMS and to determine whether a change in management can or should improve the equine metabolic syndrome or if a reversibility of the EMS factors occurs. For this purpose, 32 horses suffering from EMS were examined and the owners were surveyed about the husbandry, exercise and feeding of the horses. This was followed by an intervention phase in which all horse owners received information on how to change/optimize posture, feeding and exercise with the aim of losing weight or reducing abnormal fat deposits. Finally, a follow-up examination was carried out after three to six months. The results showed that horse management influenced the level of insulin resistance. Horses that were exercised in a controlled manner showed significantly lower degrees of severity ($p = 0.002$). Feeding also had a significant impact on the severity of insulin resistance. Horses fed unrestricted were moderately or highly insulin resistant ($p < 0.001$). Horses with severe insulin resistance also had higher heart rates ($p = 0.024$), as did generally obese horses ($p = 0.047$). The heart rate of animals with laminitis ($p = 0.020$) was also significantly higher. At the follow-up after the intervention, 14 of the 32 horses could be re-examined. As a result of the intervention, insulin resistance was no longer detectable in five horses. In summary, the results show that feeding and exercise have a significant influence on the development of insulin resistance in horses with EMS and that optimization in these areas can lead to a significant improvement or even to the disappearance of insulin resistance.

Keywords: endocrinopathy, EMS, horse, husbandry, feeding

Zitation: Gehlen H., Liertz S., Merle R. (2022) Auswirkungen von Fütterungs- und Bewegungsänderungen auf das Equine Metabolische Syndrom (EMS). *Pferdeheilkunde* 38, 363–372; DOI 10.21836/PEM20220406

Korrespondenz: Prof. Dr. Heidrun Gehlen, Klinik für Pferde der FU Berlin, Oertzenweg 19b, 14163 Berlin; heidrun.gehlen@fu-berlin.de

Eingereicht: 21. November | **Angenommen:** 1. März 2022

Einleitung

Der Begriff Equines Metabolisches Syndrom (EMS) ist seit 16 Jahren in der Tiermedizin etabliert. Er wurde in Anlehnung an das Humane Metabolische Syndrom eingeführt (Johnson 2002). Das Equine Metabolische Syndrom ist als „Wohlstandsphänomen“ bei Pferden von steigender Prävalenz und Wichtigkeit. Hufrehe als primäre Folgeerkrankung kann therapieresistent sein, eine weitere reiterliche Nutzung des Tieres ausschließen oder einen Euthanasiegrund darstellen. Die Behandlung der Hufrehe ist zumeist langwierig und kostenintensiv. Um erneuten Hufreheschüben vorzubeugen, ist eine lebenslange metaphylaktische Intervention mit teuren orthopädischen Beschlägen sowie einer speziellen Haltung und Fütterung des Pferdes notwendig. Neben ökonomischen Überlegungen sollte in erster Linie dem Tierwohl Aufmerksamkeit gewidmet werden. Eine gewisse Prädisposition von Individuen oder speziellen Rassen wird angenommen. Um dauerhafte gesundheitliche Schäden zu verursachen, muss zusätzlich ein langfristiges Fehlmanagement vorliegen. Halter oder Besitzer werden sich der prekären Lage oft erst bewusst, wenn es zum ersten Hufreheschub gekommen ist. Verantwortlich dafür sind Ignoranz gegenüber tierärztlichen Empfehlungen (insbesondere zum Gewicht der Tiere) und eine zu geringe Informationsdichte.

Für leichtfuttrige Pferderassen, die evolutionär an ein karges Futterangebot angepasst sind, ist der freie Zugang zu üppigen Weiden, nährstoffreichem Heu und Kraftfutter mit langfristiger Gesunderhaltung inkompatibel, insbesondere wenn nur wenig kontrollierte Bewegung zum Haltungsmanagement gehört (Durham 2012). Eine chronisch positive Energiebilanz resultiert in einer Obesitas (Carter 2008). Epidemiologische Studien der letzten 10 Jahre aus den USA, Australien, UK und Dänemark ergaben Prävalenzen von 24 bis 51 % für Obesitas verschiedener equiner Populationen (Giles et al. 2014, Ireland et al. 2013, Jensen et al. 2016, Potter et al. 2016, Pratt-Phillips et al. 2010, Thatcher et al. 2012, Wyse et al. 2008). Beeinflussende Faktoren sind Rasse, Alter und Jahreszeit (Giles et al. 2014). Besitzer neigen vielfach dazu, die tatsächliche Körperkondition ihres Pferdes zu unterschätzen (Jensen et al. 2016, Potter et al. 2016, Wyse et al. 2008). Bessere Schulung durch Tierärzte könnte zu einer Sensibilisierung für diese Problematik führen und zur Prävention beitragen (Hitchens et al. 2016, Ireland et al. 2013).

Adipositas ist beim Pferd nicht allgemeingültig definiert (Geor 2008). Sie beschreibt den nicht quantifizierbaren Zustand, in dem die exzessive Akkumulation von Fettgewebe gesundheitsschädigend ist (Durham 2016). Der physiologische Fettgewebsanteil eines Pferdes beträgt etwa fünf Prozent des Körpergewichts (Ertelt et al. 2014). Zur Objektivierung einer Fettleibigkeit werden Scoringssysteme und morphometrische Messungen herangezogen (Henneke et al. 1983, Carter 2008, Giles et al. 2015). Neben generalisierter Adipositas ist auch regionale Adipositas mit exzessiven Fettdepots entlang des Nackenkamms (sogenannter Cresty Neck), im Bereich der Schweifwurzel, kaudal der Schulter und geschlechtsspezifisch auch präputial oder mammillär zu finden (Frank et al. 2010). Nicht sichtbar nimmt auch die viszerale Fettansammlung zu (Ertelt et al. 2014, Johnson 2002). Seltener betrifft EMS schlanke Hufrehe-prädisponierte Pferde (Frank 2009).

Fettgewebe ist eine Sonderform des Bindegewebes und besteht aus Adipozyten umgeben von lockerem Bindegewebe. Adipozyten produzieren und sezernieren in Abhängigkeit von ihrer Lokalisation Hormone (Adipokine) und Entzündungsmediatoren (Zytokine, Chemokine), zusammengefasst auch als Adipozytokine bezeichnet (Geor und Frank 2009, Vervuert 2013). Bei Überschreiten der Depotkapazität von Fettgewebe kommt es zu ektopen Ablagerungen in Insulinzielorganen (Leber, Pankreas, Muskulatur) (Frank 2011).

Die Diagnose „EMS“ wird durch den Nachweis einer beeinträchtigten Glukose- und/oder Insulindynamik gestellt (Frank et al. 2010). Für ein erstes Screening stehen Basalwerte von Glukose und Insulin sowie deren Verhältnis und die Berechnung sogenannter Proxies (RISQI, MIRG) zur Verfügung (Brojer et al. 2013, Geor 2008). Insulin- und Glukosekonzentrationen sind anfällig für viele Umwelteinflüsse und wenig sensitiv (Frank 2009, Bamford et al. 2014, Brojer et al. 2013, Carter 2008, Eiler et al. 2005, Frank et al. 2006, Frank und Tadros 2014, McGowan 2010, Pratt-Phillips et al. 2010, Quinn et al. 2008). Vorteil der Einzelwertbestimmung ist ihre hohe Spezifität und die wenig zeit- und kostenintensive Durchführung (Dunbar et al. 2016).

Spätestens, wenn sich der klinische Verdacht durch die Screeningmethoden nicht bestätigen lässt, sollte ein dynamischer Test angewandt werden (Frank 2009). Ergebnisse können zur Bestimmung des Schweregrads und für Verlaufskontrollen dienen (Frank 2011). Dynamische Testmethoden messen entweder die Toleranz für die Applikation von Glukose (oral oder intravenös), Insulin oder kombinieren beides (Brojer et al. 2013, Carter 2008, Frank et al. 2006, Frank et al. 2010, Morgan et al. 2015, Dunbar et al. 2016), Durham et al. 2014).

Eine Reduktionsdiät stellt die wichtigste Maßnahme zur Behandlung von EMS dar. Es muss auf die Fütterung von Kraftfutter und Weidegang verzichtet werden. Basis ist eine reine Heudiät, die sich am Körpergewicht des Patienten orientiert (Frank et al. 2010, McGowan et al. 2013, Vervuert 2013). Das Heu sollte einen nur geringen Anteil nicht-strukturierter Kohlehydrate (NSC) enthalten (< 10%). Geringgradig höhere Gehalte können durch Wässern des Heus kompensiert werden (Frank et al. 2010). Eine Einweichdauer zwischen einer und 17 Stunden kann den NSC-Gehalt um bis zu 50% reduzieren (Argo et al. 2015, Mack et al. 2014). Alternativ kann Heu aus einem späten Schnitt oder aus dem Grassamenbau verfüttert werden (Kienzle und Fritz 2013, Vervuert 2013). Es wird empfohlen, pro Tag eine Heumenge vorzulegen, die 1,5 bis 2% des Körpergewichts entspricht und in mindestens zwei Rationen aufgeteilt ist. Nach 30 Tagen ohne Erfolg ist eine weitere Reduktion nötig, nicht jedoch unter 1% des Körpergewichts (Frank et al. 2010). Wünschenswertes Ziel ist eine Reduktion der Körpermasse um 1 bis 2% wöchentlich (Vervuert 2013).

Der Effekt von Bewegung per se auf die Insulinsensitivität beim Pferd ist umstritten und vermutlich generell geringer als bei anderen Spezies (de Laat et al. 2016, Frank et al. 2010, Vervuert et al. 2012). In Kombination mit einer Reduktionsdiät kann bereits eine sechswöchige Intervention zu einer deutlichen Verbesserung des BCS, der Insulinsensitivität und sogar des Rotationswinkels hyperinsulinämischer Hufrehepatienten führen

(McGowan et al. 2013, Taylor et al. 2014). Signifikante Erfolge liefern aber erst 30 Minuten Bewegung pro Tag in einer schnelleren Gangart als Schritt. Dies sollte das Ziel eines sich steigernden Bewegungsprogramms sein (Frank et al. 2010).

In der vorliegenden Studie wurde untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen bestimmten Einflussfaktoren wie Rasse, Bewegung und Fütterung sowie dem Schweregrad der Obesitas auf das EMS bestätigt werden kann und ob eine Umstellung im Management den Schweregrad des EMS reduzieren kann.

Material und Methoden

In die Studie eingeschlossen wurden Patienten der Klinik für Pferde der Freien Universität (FU) Berlin, die phänotypisch dem Bild eines EMS-Pferdes entsprachen und positiv auf Insulinresistenz (CGIT- combined glucose insulin Test nach Eiler et al. (2005)) getestet wurden.

Es wurde bei allen Pferden Alter, Größe, Gewicht, Rasse und Geschlecht bestimmt und eine Gruppierung der Rassen vorgenommen. Das Körpergewicht wurde sowohl exakt auf der geeichten Waage der Klinik für Pferde der FU Berlin gemessen als auch mit der Methode nach Carroll und Huntington (1988) geschätzt. Es erfolgte zudem eine Einteilung in Untersuchungen während des Sommers (JZso) und während der übrigen Jahreszeiten (JZa). Sommer wurde definiert als die Zeit zwischen 1. Juni und 31. August.

Zur Beurteilung und Graduierung der regionalen Adipositas wurden das Vorhandensein charakteristischer Fettdspots am Nackenkamm, im Schulter- und Oberarmbereich, im Präputial- oder Euterbereich und am Schweifansatz protokolliert. Der Nackenfettkamm wurde dabei zusätzlich gesondert mit dem CNS (cresty neck score) nach Carter (2009) beurteilt.

Die jeweiligen Managementbedingungen wurden vom Besitzer/Halter erfragt. Sie umfassten die Bereiche Haltung, Fütterung und Bewegung. Hinsichtlich der Haltung fand eine Differenzierung zwischen überwiegend Boxenhaltung, reiner Offenstallhaltung oder einer Mischform statt. Zur Einteilung der Fütterung wurde abgefragt, welche Futtermittel wie oft und in welcher Menge dem Pferd vorgelegt wurden. Berücksichtigt wurden die

Komponenten Rau-, Kraft- und Saffutter. Zu Raufuttermitteln zählen Heu, Silage, Heulage und Stroh. Unter Kraffutter fielen Futtermittel, die typischerweise als Krippenfutter gereicht werden – beispielsweise Hafer oder Müsli. Weidegang und Fütterung von frischem Obst (Apfel, Banane) und Gemüse (Karotten, Rote Beete) wurden der Saffuttergabe zugeordnet.

Die Einteilung bezüglich des Bewegungsmanagements der Pferde erfolgte nach folgenden Kriterien (modifiziert nach dem Committee on Nutrient Requirements of Horses (2007): keine oder unregelmäßige Bewegung; leichte Bewegung (ein bis drei Stunden wöchentlich vorwiegend im Schritt und Trab); moderate Bewegung (bis zu fünf Stunden wöchentlich, davon nicht mehr als 30% im Schritt); intensive oder sehr intensive Bewegung (ab fünf Stunden mit mindestens 30% Galopp).

Alle Studienpferde wurden zudem positiv auf Insulinresistenz getestet und der Grad der Insulinresistenz festgelegt und der EMS-Score berechnet (Tab. 2). Zum Zeitpunkt der Untersuchungen waren alle Pferde klinisch schmerzfrei (bei Hufrehe) und bereits mindestens 24 Stunden in der Klinik aufgestellt.

Für den kombinierten Glukose-Insulin-Test (CGIT- combined glucose insulin test) nach Eiler et al. (2005) wurden die Pferde gewogen und einer sechsständigen Nahrungskarenz unterzogen. Als Erstes wurde der Basalwerte von Glukose und Insulin bestimmt (Glukose 0 und Insulin 0). Anschließend wurden Glukose (40%, 150 mg/kg KGW) und Insulin Caninsulin®, 40 I.E./ml, 0,1 I.E. pro kg KGW verdünnt mit 1,5 ml isotonischer NaCl-Infusionslösung) entsprechend des ermittelten Körpergewichts intravenös über einen Venenkatheter verabreicht. Es schlossen sich Blutentnahmen nach 1, 5, 15, 25, 35, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135 und 150 Minuten an. Nach 45 Minuten wurde zusätzlich der Insulinwert (Insulin 45) bestimmt. Der Test wurde als positiv gewertet, wenn der Glukosewert seinen Ausgangswert nach 45 Minuten nicht wieder erreicht hatte, der Insulinwert nüchtern oberhalb der Referenz von 23,4 µU/ml (Ahlers und Schusser 2010) lag oder nach 45 Minuten über 100 µU/ml angestiegen war. Es wurde zwischen nicht vorhandener, gering-, mittel- oder hochgradiger Insulinresistenz unterschieden (Tab. 1).

Die Diagnose Hufrehe ergab sich entweder bereits aus der medizinischen Vorgeschichte oder durch Pulsation an den

Tab. 1 Graduierung der Insulinresistenz. | Grading of insulin resistance.

Grad der Insulinresistenz	Bezeichnung	Einschlusskriterien
0	keine Insulinresistenz IR0	CGIT negativ
1	geringgradig IR1	CGIT positiv Erreichen des basalen Glukosewertes nach 60–90 min ohne Hyperinsulinämie
2	mittelgradig IR2	CGIT positiv Erreichen des basalen Glukosewertes nach 60–90 min mit Hyperinsulinämie ODER Erreichen des basalen Glukosewertes nach 91–135 min ohne Hyperinsulinämie
3	hochgradig IR3	CGIT positiv Erreichen des basalen Glukosewertes nach 91–135 min mit Hyperinsulinämie ODER Erreichen des basalen Glukosewertes nach > 135 min mit/ohne Hyperinsulinämie

Mittelfußarterien, Druckdolenz im Bereich der Hufbeinspitze, divergierende Wachstumsringe oder eine Verbreiterung der weißen Linie. Röntgenbilder gaben Aufschluss über eine mögliche Hufbeinrotation und -senkung.

Die Bewertung des Schweregrades des EMS (Tab. 2 & 3) beinhaltete die Aspekte, Insulinresistenz, CNS, regionale Adipositas und Hufrehe.

Intervention

Die Pferdebesitzer erhielten ein Beratungsgespräch sowie schriftliche Informationen bzw. Empfehlungen zu den Bereichen Fütterung und Bewegung, um eine erfolgreiche Gewichtsabnahme ihrer Pferde zu erreichen. Es wurde empfohlen, Kraffuttermittel und Weidegang komplett zu streichen. Stattdessen sollten die EMS-Pferde eine reine Heu-Diät mit Mineralfuttersupplementation erhalten. Die Bewegungsintensität und -dauer sollten gesteigert werden. Eine regelmäßige Gewichtskontrolle wurde angeraten.

Nachkontrolluntersuchung

Nach frühestens drei Monaten wurden die Besitzer zwecks einer Nachkontrolluntersuchung erneut kontaktiert. Die Nachuntersuchungen fanden in der Pferdeklinik der FU Berlin oder in den heimischen Ställen statt, wenn ein Transport in die Klinik nicht möglich war. Bei der Untersuchung in der Klinik für Pferde der FU Berlin wurden alle oben genannten Schritte erneut durchgeführt, wohingegen bei Untersuchungen vor Ort auf die Gewichtskontrolle mithilfe der klinikeigenen, geeichten Waage und die Durchführung des kombinierten Glukose-Insulin-Tests verzichtet werden musste. Die Angaben zu Veränderungen des Managements und die erneute Evaluierung der EMS-Faktoren Fettleibigkeit, Hufrehe und Insulinresistenz sowie die Körpergewichtserfassung wurden erneut zur Bildung von Untergruppen herangezogen. Unterschieden wurde jeweils zwischen einer Gruppe, die Verbesserungen aufwies und einer Gruppe, die sich nicht verbessern konnte oder sogar verschlechterte.

Statistische Auswertung

Zur Auswertung der Ergebnisse wurde das Statistikprogramm IBM® SPSS® Statistics, Version 24 verwendet. Stetige Daten

wurden auf Normalverteilung geprüft, sowohl mit visuellen (Histogramme, Blogspots) als auch mathematisch-statistischen Methoden ($-1,96 \leq z$ (Kurtosis/Screwness) $\leq +1,96$; p (Shapiro-Wilk) $\geq 0,05$). Je nach Anzahl der Untergruppen kamen der t-Test für zwei unabhängige Stichproben oder die einfaktorische ANOVA für mehr als zwei unabhängige Stichproben zum Einsatz. Voraussetzung waren in beiden Fällen eine gruppeninterne Normalverteilung sowie Varianzgleichheit im Levenetest. Der Aspin-Welsh-Test war die Alternative zum t-Test bei Varianzungleichheit. Nichtparametrischer Ersatz war der Mann-Whitney-U-Test. Im Falle der ANOVA führten sowohl nicht bestätigte Normalverteilung als auch Varianzungleichheit zur Anwendung des nichtparametrischen Kruskal-Wallis-Tests. Sofern der globale p -Wert $< 0,05$ war, wurden die Gruppen mithilfe des Post-hoc-Tests nach Bonferroni paarweise verglichen. Zusammenhänge kategorialer Variablen (Signalement, Management, EMS-Faktoren, Blutbildveränderungen) wurden mittels Chi-Quadrat-Test bzw. exaktem Test nach Fisher (wenn mind. 25% der Zellen einen Erwartungswert kleiner 5 hatten) erfasst.

Zur Untersuchung der Übereinstimmung zwischen den Methoden zur Gewichtsbestimmung wurde der Bland-Altman-Plot erstellt und Lin's Concordance Correlation Coefficient (CCC) einschließlich 95%-Konfidenzintervall (95%-KI) berechnet.

Um zu überprüfen, ob es Unterschiede zwischen den ersten Untersuchungen und den Nachkontrolluntersuchungen gab, wurde die Mittelwertdifferenz zwischen diesen mit dem t-Test für gepaarte Stichproben bestimmt. Nichtparametrische Alternative war der Vorzeichen-Rangsummentest. Erneut wurde der Fisher's Exact Test genutzt, um zu bestimmen, ob (ausbleibende) Verbesserungen im Bereich des Managements mit (ausbleibenden) Verbesserungen im Bereich des Equinen Metabolischen Syndroms einhergingen oder diese untereinander assoziiert waren. Um zu erfahren, ob die Entwicklung der Ergebnisvariablen von der Erst- zur Nachkontrolluntersuchung dem

Tab. 3 Graduierung des EMS-Schweregrads. | Grading of EMS severity.

Punktzahl	Bewertung
0	EMS1 kein EMS
1–3	EMS1 geringgradig ausgeprägtes EMS
4–7	EMS1 mittelgradig ausgeprägtes EMS
8–11	EMS2 hochgradig ausgeprägtes EMS

Tab. 2 Berechnung des EMS-Scores. | Calculation of the EMS score.

Komponente	Beschreibung	Punkte	Min	Max
Insulinresistenz	Schweregrad entspricht Punktzahl	0–3	0	3
	CNS < 3	0		
	Cresty Neck Score		0	3
Regionale Adipositas	CNS = 3	2		
	CNS > 3	3		
Hufrehe	Anzahl der abnormen Fettdepots (ohne CNS) je zusätzlicher Stelle	1	0	3
	nein	0		
	ja	2	0	2

Einfluss von verbesserten oder nicht verbesserten Faktoren unterlag, wurden für jede Ergebnisvariable nacheinander zwei Filter pro Faktor gesetzt. Getestet wurde mit dem t-Test für gepaarte Stichproben oder alternativ mit dem Vorzeichen-Rangsummentest bei nicht normalverteilten Werten. Die Irrtumswahrscheinlichkeit für alle Tests wurde wie folgt festgelegt: $p \leq 0,010$ hochsignifikant; $p \leq 0,050$ signifikant; $p < 0,100$ Trend; $p \geq 0,100$ keine statistische Relevanz.

Ergebnisse

Es wurden insgesamt 32 Pferde mit EMS in die Studie integriert. Es handelte sich um 20 Stuten und 12 Wallache mit einem durchschnittlichen Alter von $12,25 \pm 5,55$ Jahren (3 bis 26 Jahre). 17 Tiere hatten ein geringgradiges. oder mittelgradig ausgeprägtes EMS, 14 Tiere ein hochgradiges. EMS. Es konnten weder für Rasse, Geschlecht und Jahreszeit noch für die Managementfaktoren Haltung, Bewegung und Fütterung signifikante Unterschiede zwischen Tieren mit gering- und mittelgradigem und solchen mit hochgradigem EMS festgestellt werden (Chi-Quadrat-Tests). Auch Alter, Größe und Körpergewicht (mit Waage gewogen) unterschieden sich nicht signifikant (Mann-Whitney-U-Tests Tab 4). Allerdings konnte festgestellt werden, dass junge Studienprobanden signifikant häufiger fettleibig waren als ältere ($p = 0,003$, t-Test für unabhängige Stichproben).

Das gewogene Körpergewicht betrug zwischen 112 und 680 Kilogramm ($n = 31, 535,00 \pm 157,59$). Mit der Schätzmethode nach Carroll und Huntington (1988) wurden ein Minimum von 89 und ein Maximum von 660 Kilogramm ermittelt ($n = 32, 476,47 \pm 157,01$). Lin's CCC von 0,99 (95%-KI 0,97–0,99) zeigt eine sehr hohe Übereinstimmung zwischen den Methoden. Im Bland-Altman-Plot kann man jedoch erkennen, dass die Unterschiede bei schweren Tieren größer waren als bei leichteren.

Management

Insgesamt wurden 10 Tiere in einem Offenstall gehalten. 20 der Probanden wurden gar nicht oder nur unregelmäßig bewegt und ebenfalls 20 Tiere erhielten neben Heu auch Saft- und Kraffutter. Beim Fisher's Exact Test fiel der hochsignifikante Zusammenhang zwischen dem Management und dem Schweregrad der Insulinresistenz auf. Keines der Pferde, die leicht oder moderat bewegt wurden, war in der Gruppe der hochgradig insulinresistenten Tiere zu finden. In dieser

Gruppe befanden sich ausschließlich Pferde, die nicht oder nur unregelmäßig trainiert wurden ($p = 0,002$). Ohne Fütterungsrestriktion zeigten die Probanden hochsignifikant oft mittel- oder hochgradige Insulinresistenz. Hingegen wurden 5 von 6 Probanden, die restriktiver gefüttert wurden, als geringgradig insulinresistent eingestuft ($p < 0,001$).

Ausprägung des Equinen Metabolischen Syndroms

25 Probanden wurden als generell fettleibig eingestuft. Hochgradig ausgeprägte regionale Adipositas mit Fettdepots an 3 ($n = 12$) oder 4 Stellen ($n = 8$) wurde bei insgesamt 20 Pferden festgestellt. Alle Studienprobanden hatten einen CNS von 3 oder mehr und damit das bestätigte Vorliegen eines pathologischen Nackenkammfettdepots.

Auf Basis der CGIT-Ergebnisse wurden 6 Pferde als geringgradig insulinresistent eingestuft. 11 Pferde waren mittelgradig insulinresistent. In der hochgradig insulinresistenten Gruppe befanden sich die verbleibenden 12 Patienten. 12 Pferde wiesen eine Hufrehe auf.

Lediglich ein Patient wies im EMS-Gesamtscore eine Punktzahl unter 4 auf und war damit nur geringgradig betroffen. 16 Pferde waren mit einer Punktzahl zwischen 4 und 7 mittelgradig betroffen. Die übrigen 14 Probanden hatten Scoreergebnisse größer 7 und damit einen hohen Schweregrad des Syndroms. Zur weiteren Analyse wurden die Daten der gering- und mittelgradig erkrankten Probanden zusammengefasst (EMS1, $n = 17$) und den Daten der hochgradig betroffenen Pferde gegenübergestellt (EMS2, $n = 14$). Wie zu erwarten, waren diese Faktoren signifikant mit dem EMS-Score assoziiert (Tab. 4).

Kontrolluntersuchung

14 der 32 Probanden konnten erneut untersucht werden. Die Umsetzung der Interventionsmaßnahmen wurde beurteilt. Es lässt sich erkennen, dass das Gesamtmanagement und darunter insbesondere Fütterung und Bewegung, bei mehr als 5 Tieren verbessert wurden (s. auch Tab. 5). Verbessert hat sich im selben Zeitraum das Körpergewicht und die Insulinresistenz bei mehr als 5 Pferden. Die Definition von „erfolgreich“ setzte eine Gewichtsabnahme von mindestens 6% voraus. Insgesamt gab es jedoch bei mehr als der Hälfte der Probanden keine Verbesserung des EMS-Status, was insbesondere auf die generelle Obesitas zutrifft.

Tab. 4 Vergleich von Alter, Größe und Körpergewicht zwischen 17 Tieren mit ggr. oder mgr. EMS-Score und 14 Pferden mit hgr. EMS-Score. Der p-Wert stellt das Ergebnis des Mann-Whitney-U-Tests dar. | Comparison of age, size and body weight between 17 animals with low or medium EMS score and 14 horses with high EMS score. The p-value represents the result of the Mann-Whitney U test.

	EMS-Score				p-Wert
	geringgradig oder mittelgradig		hochgradig		
	Median	25% – 75%-Quantil	Median	25% – 75%-Quantil	
Alter (in Jahren)	12,0	9,0–14,0	12,5	8,0–15,0	0,799
Größe (in cm)	155,0	151,0–170,0	161,5	155,0–164,0	0,769
Körpergewicht (in kg)	475,0	392,0–600,0	555,0	475,0–582,0	0,597

Tab. 5 Zusammenhänge zwischen der Änderung von Managementfaktoren und einer erfolgreichen Gewichts- und Fettreduktion von 14 Pferden. Dargestellt sind die p-Werte des exakten Tests nach Fisher sowie Odds Ratios (OR) einschl. 95%-Konfidenzintervallen (95%-KI) | Associations between changing management factors and successful weight and fat reduction in 14 horses. Shown are p-values from Fisher's exact test and odds ratios (OR) including 95% confidence intervals (95% CI).

Einflussfaktor	Erfolg der Gewichtsreduktion						Erfolg der Fettreduktion						
		nein		ja		p-Wert	OR (95%-KI)	nein		ja		p-Wert	OR (95%-KI)
		Anzahl	%	Anzahl	%			Anzahl	%	Anzahl	%		
Verbesserung der Haltung	nein	4	44,4%	5	55,6%	0,301	0,20 (0,02–2,58)	6	66,7%	3	33,3%	0,580	3,00 (0,31–28,84)
	ja	4	80,0%	1	20,0%			2	40,0%	3	60,0%		
Verbesserung der Bewegung	nein	4	50,0%	4	50,0%	0,627	0,50 (0,06–4,47)	7	87,5%	1	12,5%	0,026	35,00 (1,73–702,99)
	ja	4	66,7%	2	33,3%			1	16,7%	5	83,3%		
Verbesserung der Fütterung	nein	2	50,0%	2	50,0%	>0,999	0,67 (0,07–6,87)	2	50,0%	2	50,0%	>0,999	0,67 (0,07–6,87)
	ja	6	60,0%	4	40,0%			6	60,0%	4	40,0%		

Eine Erhöhung des Bewegungspensums ging signifikant oft mit einer insgesamt erfolgreichen Fettreduktion einher ($p = 0,026$, OR 35,0 (95%-KI 1,7–703,0), Tab. 5). Bei den einzelnen Komponenten (GO, CNS, RA) spiegelte sich dieser Zusammenhang lediglich als Trend wieder (jeweils $p = 0,091$, OR 14,0 (95-KI 0,9–207,6), Tab. 5). Für Fütterung und Haltung konnten aufgrund der geringen Fallzahl keine signifikanten Assoziationen festgestellt werden. Auf multivariable Analysen wurde aus diesem Grund verzichtet.

Diskussion

Ziel dieser Studie war es, den Einfluss von Signalement und Management sowie des Schweregrades der Obesitas auf das EMS zu analysieren und zu evaluieren, inwieweit eine Änderung des Managements möglich ist und zu einer Reversibilität der EMS Faktoren führt. Für die regionale Adipositas, den Grad der Insulinresistenz und den Schweregrad des gesamten Krankheitsbildes (EMS-Score) musste dafür jeweils zunächst ein Graduierungsschema eingeführt werden. Eine eingehende Literaturrecherche im pferdemedizinischen Bereich erbrachte keine etablierten Graduierungsmethoden. McGowan et al. (2013) berichten von einer Einteilung ihrer Probanden anhand des Insulinsensitivitätsgrades ohne die zugrunde liegenden Kriterien darzulegen. Neben der Insulinresistenz (IR)-Graduierung musste für EMS insgesamt eine Methodik zur Beurteilung des Schweregrades erstellt werden. Humanmedizinisch wird dazu die Quantität pathologischer Befunde herangezogen. Die drei anerkannten Definitionen (WHO 1999, ATPIII 2004, IDF 2006) setzen für den diagnostischen Nachweis mindestens drei Abweichungen voraus (Alberti et al. 2006, Grundy et al. 2004, World Health Organization 1999). In der Pferde-medicin mangelt es an allgemein akzeptierten Faktoren und klaren Referenzwerten, deshalb konnte diese Art der Graduierung nicht übernommen werden. Für die Beurteilung der regionalen Adipositas bildete die Quantität den Schlüssel. Der Umfang des jeweiligen Fettdepots wurde nicht miteinbezogen. Von daher konnte ein Proband mit nur kleinen abnormen Fettdepots dennoch als hochgradig betroffen beurteilt werden, wenn diese an drei oder vier der Prädispositionsstellen auftraten. Ausschließlich das mutmaßlich endokrin aktivste Fettdepot am Nackenkamm (Burns et al. 2010) wurde gesondert mittels CNS nach Carter (2008) bewertet. Für die Beurteilung der Körperkondition insgesamt stehen etablierte Methoden wie beispielsweise der Body Condition Score (BCS) nach Henneke et al. (1983) zur Verfügung. Ihm kommt im Gegensatz zur Ausprägung regionaler Adipositas aber eine geringere Bedeutung zu. Auch schlanke Pferde mit Fettdepots an den falschen Stellen können von EMS betroffen sein. Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde deshalb lediglich eine adspektorische Einteilung des Ernährungszustandes vorgenommen. Eine weitere Verfeinerung der Ergebnisse hätte erzielt werden können, wenn eine vorhandene Laminitis graduiert worden wäre. Aufgrund der geringen Probandenzahl konnte das nicht realisiert werden.

Die untersuchten Faktoren der hier vorgestellten Studie wiesen vielfach Zusammenhänge auf. Dabei handelte es sich zumeist um biologisch begründete Beziehungen oder Verbindungen, auf die voran gegangene Studien bereits Hinweise lieferten.

Allerdings offenbarten sich auch statistische Zusammenhänge, die bis dato nicht ursächlich zurückzufolgten waren. Vermutlich handelt es sich hierbei um zufällige Charakteristika der hier untersuchten Population. Um Selektionsbias vorzubeugen, wurden diese bei der Interpretation der statistischen Ergebnisse stets mitberücksichtigt (Hammer et al. 2009). Alter und stärkereiche Fütterung sind zwei Faktoren, die zur Ausprägung des EMS-Phänotyps beitragen (Treiber et al. 2006). Die Ausreifung der Betazellfunktion benötigt beim Pferd etwa drei Monate (Smyth et al. 1993). Anschließend kann sich bei chronischer Adaption an stärkereiche Rationen eine Insulinresistenz entwickeln. Steigender Stärkegehalt der Fütterung korreliert positiv mit der Expression des EMS-Phänotyps (Frank et al. 2006, Treiber et al. 2006). Alle jungen insulinresistenten Tiere in dieser Studie wurden restriktionslos gefüttert. Eine exzessive positive Energiebilanz konnte hier also Insulinresistenz bereits in jungen Jahren auslösen. Zunehmendes Alter und hoher Stärkegehalt des Futters führen bei genetisch prädisponierten Ponys zu regionaler Adipositas (Treiber et al. 2006). Die hier untersuchten Tiere wiesen bei zunehmendem Alter ebenfalls höhergradige regionale Adipositas auf. Dies könnte auf den langfristigen Energieexzess zurückzuführen sein. Alternativ nimmt im Alter die Effektivität des Stoffwechsels ab. So konnte Mastro (2015) nachweisen, dass die Reduktion der Insulinsensitivität eine normale Komponente des Alterns ist. Dies könnte in der hier vorgestellten Studie einen Grund für den Zusammenhang zwischen Alter und Fettleibigkeit darstellen. Alle jungen Pferde mit EMS, also nachgewiesener Insulinresistenz, waren generell fettleibig. Bei den alten Tieren handelte es sich dagegen zur Hälfte um normal konditionierte Pferde mit lediglich regional ausgeprägter Adipositas. Insgesamt waren nur wenige Patienten schlank ($n = 7$). Dies entspricht der gängigen Literatur, die EMS bei schlanken Pferden als seltener annimmt (Frank 2009), macht aber Vergleiche zwischen den schlanken und adipösen Tieren aufgrund der großen Gruppendifferenz fehleranfällig. Die Ergebnisse der statistischen Analyse zeigen zudem einen Zusammenhang zwischen regelmäßiger Bewegung und Insulinresistenz. Die Insulindysregulation war bei Pferden, die nicht oder nur unregelmäßig bewegt wurden, stärker ausgeprägt als bei den Probanden, die leicht bis moderat bewegt wurden. Beim Menschen ist der präventive und therapeutische Effekt von Bewegung auf die Insulinsensitivität nicht nur bekannt, sondern übersteigt den Effekt reiner Gewichtsreduktion. Es wird vermutet, dass Be-

wegung Einfluss auf den Kohlehydrat- und Fettstoffwechsel in der Skelettmuskulatur nimmt, die vaskuläre Endothelfunktion verbessert und die Synthese von Proteinen für den Kohlenhydrat- und Fettstoffwechsel aktiviert. Beim gesunden Erwachsenen wird die Insulinsensitivität dadurch moderat verbessert (Conn et al. 2014). Auch bei gesunden Pferden konnte ein positiver Effekt durch Training erzielt werden. Die Glukose-Utilisierung war deutlich verbessert. In der Glutealmuskulatur ließ sich ein höherer Gehalt an GLUT-4 nachweisen und die Aktivität von Hexokinase und Glykogen-Synthase, zwei Enzymen des Kohlenhydratstoffwechsels, war erhöht (Stewart-Hunt et al. 2006, Stewart-Hunt et al. 2010). Menschen mit Obesitas oder Diabetes wiesen nach einer Trainingsintervention eine Verbesserung der Insulinsensitivität, des Adipokinprofils sowie eine Reduktion der Fettmasse und der Expression systemischer Entzündungsmarker auf. Dies überschritt die Verbesserung durch reine Gewichtsreduktion signifikant (Khoo et al. 2015, Motahari-Tabari et al. 2014). Bei bereits beeinträchtigten Pferden konnte ein positiver Einfluss nur in Kombination mit einer Reduktionsdiät erzielt werden (Carter 2008, de Laat et al. 2016, Freestone et al. 1992, McGowan et al. 2013, Taylor et al. 2014). Die fehlenden Effekte der Interventionsstudien legen nahe, dass die Insulin-sensitivierende Wirkung von Bewegung beim Pferd weniger stark ausgeprägt ist als bei anderen Spezies. Untersuchungen an gesunden Tieren lassen aber zumindest einen positiven präventiven Einfluss vermuten. Die durchgeführten Interventionen waren unter Umständen nicht langandauernd genug oder setzten keinen ausreichenden Trainingsreiz. In der vorliegenden Studie ging ein intensiveres physisches Training des Probanden mit geringeren IR-Schweregraden einher. Auch zwischen der Fütterung und der Insulinresistenz bestand eine Wechselwirkung. Eine restriktionslose Fütterung ging in der vorliegenden Arbeit mit stark ausgeprägter Insulinresistenz einher. Treiber et al. (2006) wiesen zunehmende Insulinresistenz als Folge einer chronisch stärkerreichen Fütterung nach. Sie führen dies auf den kumulativen Effekt wiederholter, starker Fluktuationen des Glukose- und infolgedessen Insulinspiegels im Blut zurück. Anhand der hier erhobenen Daten konnte nicht entschieden werden, ob eine bestimmte Futterkomponente einen besonders negativen Effekt auf die Insulinsensitivität hatte. Zukünftige Studien sollten eine verfeinerte Analyse der Fütterung vornehmen. Das Mit-einbeziehen der Art und Menge des Kraffutters, Dauer und Zusammensetzung der Weide hätten die Aussagekraft stärken

Tab. 6 Zusammenhänge zwischen der Verbesserung der Bewegung und der Verbesserung der generellen Obesitas, des Cresty Neck Scores (CNS) und der regionalen Adipositas von 14 Pferden. Dargestellt sind die p-Werte des exakten Tests nach Fisher sowie Odds Ratios (OR) einschl. 95%-Konfidenzintervallen (95%-KI). | Associations between improvement in exercise and improvement in general obesity, Cresty Neck Score (CNS), and regional obesity in 14 horses. Shown are p-values from Fisher's exact test and odds ratios (OR) including 95% confidence intervals (95% CI).

Einflussfaktor		Verbesserung der Bewegung				p-Wert	OR (95%-KI)
		nein		ja			
		Anzahl	%	Anzahl	%		
Verbesserung generelle Obesitas	nein	8	66,7%	4	33,3%	0,162	n.a.
	ja	0	0,0%	2	100,0%		
Verbesserung CNS	nein	7	77,8%	2	22,2%	0,091	14,0 (0,94–207,6)
	ja	1	20,0%	4	80,0%		
Verbesserung regionale Adipositas	nein	7	77,8%	2	22,2%	0,091	14,0 (0,94–207,6)
	ja	1	20,0%	4	80,0%		

können. Ebenfalls empfehlenswert wäre eine Verifizierung von Besitzerangaben vor Ort.

Die Schwere der Insulinresistenz hing statistisch mit der generellen Fettleibigkeit sowie der Ausprägung des CNS zusammen. Fettgewebe ist ein endokrin aktives Gewebe, welches durch hohe Leptin- und geringe Adiponektinausschüttungen auffällt. Leptin verringert die Insulinsensitivität, während Adiponektin insulinsensitivierendes Potential hat. Folge davon ist eine herabgesetzte Insulinwirkung durch die Zusammensetzung des Fettgewebsssekretoms (Radin et al. 2009). Dass die Insulinresistenz nicht nur bei generell adipösen Tieren mit mutmaßlich höherem Körperfettanteil zumeist höhergradig ist, sondern auch bei denen, die einen hohen CNS aufweisen, unterstützt die These, dass der Nackenfettkamm ein biologisch besonders aktives Fettdepot ist (Burns et al. 2010, Waller et al. 2012). Bei den hier untersuchten Probanden bestand eine positive Assoziation zwischen dem CNS und der Anzahl der ausgeprägten Fettdepots.

Für die Nachkontrolle standen lediglich 14 Probanden erneut zur Verfügung. Diese limitierte Anzahl schränkt die Aussagekraft der statistischen Tests ein. Konträr dazu steht die gesteigerte Aussagekraft longitudinaler Vergleiche. Im Kontext der verwendeten, nicht etablierten Techniken, die keine solide Referenzwertlage boten, sind intraindividuelle Verläufe den interindividuellen Vergleichen überlegen. Nach der Erstuntersuchung wurden den Besitzern einheitliche Maßnahmen für eine Verbesserung des Managements nahegelegt. Die Durchführung dieser Intervention verlief individuell und richtete sich nach der Compliance des Besitzers und den örtlichen Gegebenheiten. Erfahrungsgemäß war die Umsetzung besser, wenn das Pferd eine chronische Hufrehe hatte, wenn medizinische Vorkenntnisse oder eine ständige tierärztliche Betreuung der Maßnahmen bestanden. Die durchgeführten Veränderungen wurden erfragt. Beurteilungen beruhten auf Besitzerangaben. Tendenziöse Angaben konnten nicht ausgeschlossen werden. Aus Haftungsgründen konnte vor Ort kein CGIT durchgeführt werden. Viele Besitzer brachten ihre Pferde deshalb erneut in die Klinik. Wo dies nicht möglich war, wurde die Nachkontrolle im heimischen Stall durchgeführt. Bei diesen Probanden standen keine exakten Gewichtsdaten und keine Beurteilung der Insulinresistenz zur Verfügung. Das Gewicht wurde nach Carroll und Huntington (1988) geschätzt. Im statistischen Vergleich stimmten die Schätzdaten mit dem tatsächlichen Körpergewicht ausreichend überein ($p = 0,308$). Intraindividuelle Schwankungen wurden korrekt wiedergegeben, so dass von einer Gewichtsabnahme auszugehen war, wenn die Schätzmethode dies suggerierte. Die jeweils exaktere zur Verfügung stehende Methode wurde herangezogen und die Differenz zwischen erster und zweiter Untersuchung ermittelt. Laut Vervuert (2013) ist ab einer sechsprozentigen Gewichtsreduktion von einer verbesserten Insulinsensitivität auszugehen. Bei Pferden, für die kein erneuter Test der Insulinsensitivität zur Verfügung stand, wurde dieser Grenzwert herangezogen. Die eingeschränkten diagnostischen Möglichkeiten mussten bei der Ergebnisinterpretation bezüglich Gewichtsreduktion und Verbesserung der Insulinsensitivität bedacht werden.

Die Pferde wurden hinsichtlich Management und EMS erneut evaluiert. Pro Faktor wurden jeweils zwei Untergruppen gene-

riert: Eine die sich verbessern konnte und eine die gleichbleibend oder schlechter war. Infolgedessen waren beispielsweise nicht die Tiere mit dem niedrigsten CNS in der verbesserten Gruppe, wenn sie bereits in der Erstuntersuchung einen niedrigen Score aufwiesen. Deshalb wurde nur der Einfluss auf die Entwicklung der Herzfunktion, der autonomen Funktion und des Blutdruckes statistisch ausgewertet und nicht der Einfluss der Gruppenzugehörigkeit auf die Nachkontrolle per se.

Nach der Interventionszeit war bei fünf Pferden die Insulinresistenz nicht mehr vorhanden. Eine Steigerung des Bewegungspensums ging mit einer Reduktion des CNS und der regionalen Adipositas sowie der Adipositasbeurteilung insgesamt einher. Umgekehrt konnten der CNS, die regionale Adipositas und die Adipositasbeurteilung insgesamt folgerichtig ohne intensivierete Bewegung nur in einem Fall verbessert werden. Parallel dazu blieben sowohl eine Gewichtsreduktion oder Verbesserung der Insulinsensitivität aus. Eine ähnliche Beobachtung konnten de Laat et al. (2016) machen, die den Einfluss einer Bewegungssteigerung durch ein dynamisches Fütterungssystem untersuchten. Der CNS, der BCS und der Körperfettgehalt sanken ohne mit Gewichtsverlusten oder einer verbesserten Insulinsensitivität einherzugehen. Die Veränderungen der hier untersuchten Probanden waren vermutlich größtenteils in Art und Dauer zu geringfügig. Da die Angaben zur Bewegung, Haltung und Fütterung selten vor Ort überprüft wurden, ist dieser Befund generell vorsichtig zu bewerten.

Limitierungen der Studie

Die untersuchte Population wies ein breites Alters-, Größen- und Rassespektrum auf. Die Nutzung war zumeist freizeitreiterlich. Dies stellt mutmaßlich eine repräsentative Stichprobe der in Deutschland lebenden, an EMS-erkrankten Pferde dar. Genaugenommen handelte es sich aber aufgrund der klinikinternen Rekrutierung um eine von vorneherein eingeschränkte Studienpopulation. Dies entspricht nicht den Ansprüchen der Statistik an eine repräsentative zufällig ausgewählte Stichprobe und birgt das Risiko für Selektionsbias (Hammer et al. 2009). Der Einsatz parametrischer Tests ist deshalb kritisch zu bewerten. Aus diesen Gründen sind die Ergebnisse dieser Studie nicht allgemeingültig extrapolierbar.

Fazit

Bei Pferden mit EMS kann eine Intervention des Managements einzelne Faktoren des EMS verbessern und somit möglicherweise auch zu einer Reversibilität anderer EMS-verknüpfter Pathomechanismen führt.

Literatur

- Ahlers K., Schusser G. F. (2010) Referenzbereiche für Insulin, Insulinwachstumsfaktor-1 und Adrenocorticotropes Hormon bei Ponys LBH: Proceedings 5. Leipziger Tierärztekongress Band 1, Paper presented at the Leipziger Tierärztekongress, Leipzig
- Alberti K. G., Zimmet P., Shaw J. (2006) Metabolic syndrome – a new world-wide definition. A Consensus Statement from the International Diabetes Federation. *Diabet. Med.* 23, 469–480; DOI 10.1111/j.1464-5491.2006.01858.x

- Argo C. M., Dugdale A. H., McGowan C. M. (2015) Considerations for the use of restricted, soaked grass hay diets to promote weight loss in the management of equine metabolic syndrome and obesity. *Vet. J.* 206, 170–177; DOI 10.1016/j.tvjl.2015.07.027
- Bamford N. J., Potter S. J., Harris P. A., Bailey S. R. (2014) Breed differences in insulin sensitivity and insulinemic responses to oral glucose in horses and ponies of moderate body condition score. *Domest. Anim. Endocrinol.* 47, 101–107; DOI 10.1016/j.domaniend.2013.11.001
- Brojer J., Lindase S., Hedenskog J., Alvarsson K., Nostell K. (2013) Repeatability of the combined glucose-insulin tolerance test and the effect of a stressor before testing in horses of 2 breeds. *J. Vet. Intern. Med.* 27, 1543–1550; DOI 10.1111/jvim.12172
- Burns T. A., Geor R. J., Mudge M. C., McCutcheon L. J., Hinchcliff K. W., Belknap J. K. (2010) Proinflammatory Cytokine and Chemokine Gene Expression Profiles in Subcutaneous and Visceral Adipose Tissue Depots of Insulin-Resistant and Insulin-Sensitive Light Breed Horses. *J. Vet. Intern. Med.* 24, 932–939; DOI 10.1111/j.1939-1676.2010.0551.x
- Carroll C. L., Huntington P. J. (1988) Body condition scoring and weight estimation of horses. *Equine Vet. J.*, 20, 41–45 Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3366105>, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.2042-3306.1988.tb01451.x/abstract>
- Carter R. A. (2008) *Equine Obesity and its role in Insulin Resistance, Inflammation and Risk for Laminitis*. (Doctor of Philosophy Dissertation). Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA
- Carter R. A., Geor R. J., Staniar W. B., Cubitt T. A., Harris P. A. (2009) Apparent adiposity assessed by standardised scoring systems and morphometric measurements in horses and ponies. *Vet. J.* 179, 204–210; DOI 10.1016/j.tvjl.2008.02.029
- Committee on Nutrient Requirements of Horses, B. o. A. a. N. R., Division on Earth and Life Studies, & Council N. R. (2007) *Nutrient Requirements of Horses* (6 ed.). Washington D. C.: National Academies Press
- Conn V. S., Koopman R. J., Ruppard T. M., Phillips L. J., Mehr D. R., Hafdahl A. R. (2014) Insulin Sensitivity Following Exercise Interventions: Systematic Review and Meta-Analysis of Outcomes Among Healthy Adults. *J. Prim. Care Comm. Health* 5, 211–222; DOI 10.1177/2150131913520328
- de Laat M. A., Hampson B. A., Sillence M. N., Pollitt C. C. (2016) Sustained, Low-Intensity Exercise Achieved by a Dynamic Feeding System Decreases Body Fat in Ponies. *J. Vet. Intern. Med.* 30, 1732–1738; DOI 10.1111/jvim.14577
- Dunbar L. K., Mielnicki K. A., Dembek K. A., Toribio R. E., Burns T. A. (2016) Evaluation of Four Diagnostic Tests for Insulin Dysregulation in Adult Light-Breed Horses. *J. Vet. Intern. Med.* 30, 885–891; DOI 10.1111/jvim.13934
- Durham A. E. (2012) Metformin in equine metabolic syndrome: an enigma or a dead duck? *Vet.* 191, 17–18; DOI 10.1016/j.tvjl.2011.08.003
- Durham A. E. (2016) Endocrine Disease in Aged Horses. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 32, 301–315; DOI 10.1016/j.cveq.2016.04.007
- Durham A. E., Geor R. J., Ireland J. L., McGowan C. M., Schott H. C. (2014) Science-in-brief: Report from the second [corrected] European Equine Endocrinology symposium. *Equine Vet. J.* 46, 525–528; DOI 10.1111/evj.12313
- Eiler H., Frank N., Andrews F. M., Oliver J. W., Fecteau K. A. (2005) Physiologic assessment of blood glucose homeostasis via combined intravenous glucose and insulin testing in horses. *Am. J. Vet. Res.* 66, 1598–1604; Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16261835>
- Ertelt A., Barton A. K., Schmitz R. R., Gehlen H. (2014) Metabolic syndrome: is equine disease comparable to what we know in humans? *Endocr. Connect.* 3, R81–93; DOI 10.1530/ec-14-0038
- Frank N. (2009) Equine Metabolic Syndrome. *J. Equine Vet. Sci.* 29, 259–267; DOI 10.1016/j.jevs.2009.04.183
- Frank N. (2011) Equine metabolic syndrome. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 27, 73–92; DOI 10.1016/j.cveq.2010.12.004
- Frank N., Elliott S. B., Brandt L. E., Keisler D. H. (2006) Physical characteristics, blood hormone concentrations, and plasma lipid concentrations in obese horses with insulin resistance. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 228, 1383–1390; DOI 10.2460/javma.228.9.1383
- Frank N., Geor R. J., Bailey S. R., Durham A. E., Johnson P. J. (2010) Equine Metabolic Syndrome. *J. Vet. Intern. Med.* 24, 467–475; DOI 10.1111/j.1939-1676.2010.0503.x
- Frank N., Tadros E. M. (2014) Insulin dysregulation. *Equine Vet. J.* 46, 103–112; DOI 10.1111/evj.12169
- Freestone J. F., Beadle R., Shoemaker K., Bessin R. T., Wolfsheimer K. J., Church C. (1992) Improved insulin sensitivity in hyperinsulinaemic ponies through physical conditioning and controlled feed intake. *Equine Vet. J.* 24, 187–190; Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1606931>, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.2042-3306.1992.tb02812.x/abstract>
- Geor R. J. (2008) Metabolic Predispositions to Laminitis in Horses and Ponies: Obesity, Insulin Resistance and Metabolic Syndromes. *J. Equine Vet. Sci.* 28, 753–759; DOI 10.1016/j.jevs.2008.10.016
- Geor R. J., Frank N. (2009) Metabolic syndrome-From human organ disease to laminar failure in equids. *Ve Immuno Immunopathol.* 129, 151–154; DOI 10.1016/j.vetimm.2008.11.012
- Giles S. L., Nicol C. J., Rands S. A., Harris P. A. (2015) Assessing the seasonal prevalence and risk factors for nuchal crest adiposity in domestic horses and ponies using the Cresty Neck Score. *BMC Vet. Res.* 11; DOI ARTN 1310.1186/s12917-015-0327-7
- Giles S. L., Rands S. A., Nicol C. J., Harris P. A. (2014). Obesity prevalence and associated risk factors in outdoor living domestic horses and ponies. *PeerJ*, 2, e299. DOI 10.7717/peerj.299
- Grundy S. M., Becker D., Clark L. T., Cooper R. S., Denke M. A., Howard J., van Horn L. (2004) Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III) Final Report. Retrieved from www.endotext.org
- Hammer G. P., du Prel J. B., Blettner M. (2009) Avoiding bias in observational studies: part 8 in a series of articles on evaluation of scientific publications. *Dtsch. Arztebl. Int.* 106, 664–668; DOI 10.3238/arztebl.2009.0664
- Henneke D. R., Potter G. D., Kreider J. L., Yeates B. F. (1983) Relationship between Condition Score, Physical Measurements and Body-Fat Percentage in Mares. *Equine Vet. J.* 15, 371–372; Retrieved from <Go to ISI>://WOS:A1983RM99800017 <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.2042-3306.1983.tb01826.x/abstract>
- Hitchens P. L., Hultgren J., Frossling J., Emanuelson U., Keeling L. J. (2016) Prevalence and risk factors for overweight horses at premises in Sweden assessed using official animal welfare control data. *Acta Vet. Scand.* 58 (Suppl 1), 61; DOI 10.1186/s13028-016-0242-3
- Ireland J. L., Wylie C. E., Collins S. N., Verheyen K. L. P., Newton J. R. (2013) Preventive health care and owner-reported disease prevalence of horses and ponies in Great Britain. *Res. Vet. Sci.* 95, 418–424; DOI 10.1016/j.rvsc.2013.05.007
- Jensen R. B., Danielsen S. H., Tauson A. H. (2016) Body condition score, morphometric measurements and estimation of body weight in mature Icelandic horses in Denmark. *Acta Vet. Scand.* 58 (Suppl 1), 59; DOI 10.1186/s13028-016-0240-5
- Johnson P. J. (2002) The equine metabolic syndrome peripheral Cushing's syndrome. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 18, 271–293; Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15635908>, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0749073902000068>
- Khoo J., Dhamodaran S., Chen D. D., Yap S. Y., Chen R. Y., Tian R. H. (2015) Exercise-Induced Weight Loss is More Effective than Dieting for Improving Adipokine Profile, Insulin Resistance, and Inflammation in Obese Men. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 25, 566–575; DOI 10.1123/ijnsnem.2015-0025
- Kienzle E., Fritz J. (2013) Nutritional laminitis - preventive measures for the obese horse. *Tieraerztl. Prax. G* 41, 257–264; Retrieved from <Go to ISI>://WOS:000324443100007

- Mack S. J., Dugdale A. H., Argo C. M., Morgan R. A., McGowan C. M. (2014) Impact of water-soaking on the nutrient composition of UK hays. *Vet. Rec.* 174, 452; DOI 10.1136/vr.102074
- Mastro L. M., Adams A. A., Urschel K. L. (2015) Pituitary pars intermedia dysfunction does not necessarily impair insulin sensitivity in old horses. *Domest. Anim. Endocrinol.* 50, 14–25; DOI 10.1016/j.domaniend.2014.07.003
- McGowan C. M. (2010). Endocrinopathic Laminitis. *Vet. Clin. North Am.-Equine Pract.* 26, 233; DOI 10.1016/j.cveq.2010.04.009
- McGowan C. M., Dugdale A. H., Pinchbeck G. L., Argo C. M. (2013) Dietary restriction in combination with a nutraceutical supplement for the management of equine metabolic syndrome in horses. *Vet. J.* 196, 153–159; DOI 10.1016/j.tvjl.2012.10.007
- Morgan R. A., Keen J., McGowan C. (2015) Equine metabolic syndrome. *Vet. Rec.* 177, 173–179; DOI 10.1136/vr.103226
- Motahari-Tabari N., Ahmad Shirvani M., Shirzad E. A. M., Yousefi-Abdolmaleki E., Teimourzadeh M. (2014) The effect of 8 weeks aerobic exercise on insulin resistance in type 2 diabetes: a randomized clinical trial. *Glob. J. Health Sci.* 7, 115–121; DOI 10.5539/gjhs.v7n1p115
- Potter S. J., Bamford N. J., Harris P. A., Bailey S. R. (2016) Prevalence of obesity and owners' perceptions of body condition in pleasure horses and ponies in south-eastern Australia. *Aus Ve J* 94, 427–432; DOI 10.1111/avj.12506
- Pratt-Phillips S. E., Owens K. M., Dowler L. E., Cloninger M. T. (2010) Assessment of Resting Insulin and Leptin Concentrations and Their Association With Managerial and Innate Factors in Horses. *J. Equine Vet. Sci.* 30, 127–133; DOI 10.1016/j.jevs.2010.01.060
- Quinn R. W., Burk A. O., Hartsock T. G., Petersen E. D., Whitley N. C., Treiber K. H., Boston R. C. (2008) Insulin Sensitivity in Thoroughbred Geldings: Effect of Weight Gain, Diet, and Exercise on Insulin Sensitivity in Thoroughbred Geldings. *J. Equine Vet. Sci.* 28, 728–738; DOI 10.1016/j.jevs.2008.10.020
- Radin M. J., Sharkey L. C., Holycross B. J. (2009) Adipokines: a review of biological and analytical principles and an update in dogs, cats, and horses. *Vet. Clin. Pathol.* 38, 136–156; DOI 10.1111/j.1939-165X.2009.00133.x
- Smyth G. B., Young D. W., Duran S. H. (1993) Maturation of insulin and glucose responses to normal feeding in foals. *Aust. Vet. J.* 70, 129–132; Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8494520>, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1751-0813.1993.tb06103.x>
- Stewart-Hunt L., Geor R. J., McCutcheon L. J. (2006) Effects of short-term training on insulin sensitivity and skeletal muscle glucose metabolism in standardbred horses. *Equine Vet. J. Suppl* 36, 226–232; DOI 10.1111/j.2042-3306.2006.tb05544.x
- Stewart-Hunt L., Pratt-Phillips S., McCutcheon L. J., Geor R. J. (2010) Dietary energy source and physical conditioning affect insulin sensitivity and skeletal muscle glucose metabolism in horses. *Equine Vet. J. Suppl* 38, 355–360; DOI 10.1111/j.2042-3306.2010.00255.x
- Taylor D., Sperandeo A., Schumacher J., Passler T., Wooldridge A., Bell R., Ramey P. (2014) Clinical Outcome of 14 Obese, Laminitic Horses Managed with the Same Rehabilitation Protocol. *J. Equine Vet. Sci.* 34, 556–564; DOI 10.1016/j.jevs.2013.10.003
- Thatcher C. D., Pleasant R. S., Geor R. J., Elvinger F. (2012) Prevalence of Overconditioning in Mature Horses in Southwest Virginia during the Summer. *J. Vet. Intern. Med.* 26, 1413–1418; DOI 10.1111/j.1939-1676.2012.00995.x
- Treiber K. H., Hess T. M., Kronfeld D. S., Boston R. C., Geor R. J., Friere M., Harris P. A. (2006) Glucose dynamics during exercise: dietary energy sources affect minimal model parameters in trained Arabian geldings during endurance exercise. *Equine Vet. J. Suppl.* 36, 631–636; DOI 10.1111/j.2042-3306.2006.tb05617.x
- Vervuert I. (2013) Können dicke Ponys und Pferde abnehmen? *Prakt. Tierarzt* 94, 2–4
- Vervuert I., Ungru J., Zientek F. (2012) Das Equine Metabolische Syndrom-Zivilisationskrankheit oder Erbe der Wildpferde? *Pferdespiegel* 15, 64–72
- Waller A. P., Huettner L., Kohler K., Lacombe V. A. (2012) Novel link between inflammation and impaired glucose transport during equine insulin resistance. *Ve Immuno Immunopathol.* 149, 208–215; DOI 10.1016/j.vetimm.2012.07.003
- World Health Organization (1999) Definition, Diagnosis and Classification of diabetes mellitus and its complications. Retrieved from Geneva: <https://www.who.int/>
- Wyse C. A., McNie K. A., Tannahill V. J., Murray J. K., Love S. (2008) Prevalence of obesity in riding horses in Scotland. *Vet. Rec.* 162, 590–591; Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18453379>