

5. Summary, Erweiterte Zusammenfassung

Düsterdieck, Katja F.: Effects of electrolyte and glycerol supplementation on fluid and electrolyte balance during and after a simulated 60 km endurance ride.

Summary

In this study, the effects of administration of hypertonic oral electrolyte pastes, with or without glycerol, on fluid and electrolyte balance during and after endurance exercise were investigated in horses performing a treadmill exercise test designed to simulate a 60 km endurance ride. Of particular importance was the fact that the amount of electrolytes administered was approximately 10-fold greater than the amount typically administered to horses competing in endurance rides.

The hypothesis was that oral administration of large doses of electrolytes, with or without glycerol, would enhance voluntary water intake in horses performing endurance exercise and thereby attenuate body weight loss during the simulated endurance ride. It was further hypothesized that administration of high doses of electrolytes, with or without glycerol, would enhance recovery from endurance exercise.

Six trained Arabian horses (three mares and three geldings) were supplemented in a randomized fashion with a total of 0.2 g/kg bwt KCl and 0.4 g/kg bwt NaCl in 2.4 ml/kg bwt (3 g/kg bwt) of glycerol; 0.2 g/kg bwt KCl and 0.4 g/kg bwt NaCl in 2.4 ml/kg bwt of water; or 2.4 ml/kg bwt of water before and during a treadmill exercise test, simulating a 60 km endurance ride. Each horse performed one exercise test with each supplement. The horses were studied from 90 minutes before the start of the exercise test to 72 hours following completion of the exercise test. Physical examinations of the horses were performed before, during and after the exercise test. Relative humidity and room temperature were also recorded during the exercise test.

Parameters measured before, during, and after the exercise test included body weight, voluntary water intake, hay intake, fecal output, urine production, heart rate, pulmonary arterial blood temperature, and skin temperature (not all parameters were measured during the recovery period). During the exercise test, pulmonary arterial blood samples were collected for determination of hematocrit, total plasma protein concentration (TPP), plasma osmolality, pH, pO₂, pCO₂, and concentrations of electrolytes (Na⁺, K⁺, Cl⁻, and Ca⁺⁺), glucose, lactate, creatinine, aldosterone, insulin, and cortisol. At 90 minutes before the exercise test and during the recovery period, the same measurements were made on blood samples collected by jugular venipuncture.

Fecal samples collected from all horses before, during, and after the exercise test were analyzed for water content and sodium, potassium, and chloride concentrations. Urine samples were collected from the three mares before, during, and after the exercise test and parameters measured included specific gravity, osmolality, and concentrations of sodium, potassium, and

creatinine. Urine flow during the first and second halves of the exercise test was measured by dividing the volume of urine produced by time in minutes and was used to calculate glomerular filtration rate, osmolal and free water clearances, and fractional clearances of sodium and potassium. In the glycerol and electrolyte trial, serum and urine glycerol concentrations were additionally measured.

The following results were obtained:

Part I (90 minutes pre-exercise until 60 minutes post-exercise):

- 1.) Horses experienced a greater body weight loss and thus a greater total body water deficit when supplemented with water (3.2% bwt loss) than when supplemented with glycerol and electrolytes (0.9% bwt loss) or with electrolytes alone (1.0% bwt loss). A highly significant negative correlation between voluntary water intake and body weight loss ($r = -0.852$, $p < 0.0001$) suggested that voluntary water intake was the primary mechanism for attenuation of body weight losses during exercise, rather than a decrease in fecal or urinary output or a lower rate of sweat production.
- 2.) Horses voluntarily drank about twice as much from 90 minutes pre-exercise until 60 minutes post-exercise when supplemented with glycerol and electrolytes (25.8 l) or with electrolytes alone (23.5 l) in comparison to supplementation with water alone (12.2 l). Further, horses started to drink earlier when supplemented with glycerol and electrolytes or electrolytes alone than when supplemented with water alone.
- 3.) In contrast to supplementation with water alone, supplementation with glycerol and electrolytes or with electrolytes alone resulted in a decrease in TPP during the course of the exercise test. This finding suggested that horses supplemented with glycerol and electrolytes or electrolytes alone experienced plasma volume expansion during the exercise test.
- 4.) With glycerol and electrolyte supplementation, plasma osmolality increased to a greater extent than with electrolyte supplementation during the course of the exercise test. In contrast, with water supplementation alone plasma osmolality did not change during the exercise test. These results indicated that horses performing endurance exercise develop isotonic dehydration. A significant positive correlation ($r = 0.68$, $p = 0.003$) between the increase in plasma osmolality during the second rest period and voluntary water intake during the subsequent 15 km exercise bout supported that an increase in plasma osmolality was an important stimulus for voluntary water intake.
- 5.) Plasma sodium and chloride concentrations increased across time with glycerol and electrolyte supplementation and with electrolyte supplementation alone but remained unchanged or decreased with water supplementation alone, respectively. Plasma potassium concentration did not change significantly during the exercise test but tended to decrease during rest breaks and the first 60 minutes of recovery with all three supplements.
- 6.) Serum aldosterone concentration decreased during the exercise with glycerol and electrolyte supplementation and with electrolyte supplementation; suggesting that administration of large doses of oral electrolytes suppressed aldosterone release. With water supplementation alone, serum aldosterone concentration did increase towards the end of the exercise test.

- 7.) Heart rates measured during canter phases decreased across time. Mixed venous blood temperatures measured during the exercise test increased over time and skin temperatures were increased sporadically during the exercise.
- 8.) Heart rate measured 15 minutes after completion of the exercise test were greater than pre-exercise heart rates with all supplements. Capillary refill time was prolonged with all supplements towards the end of the exercise. These physical examination findings appeared to be inconsistent with changes in body weight and TPP which indicated a lesser total body water deficit and plasma volume expansion with glycerol and electrolyte supplementation and with electrolyte supplementation alone (unless the higher heart rates reflected a greater cardiac output for increased intestinal blood flow).
- 9.) With glycerol and electrolyte supplementation, serum glycerol concentration increased to a maximum value of 87.8 mmol/l by the end of the exercise test but returned to physiological values (< 1.0 mmol/l) within the first twelve hours of recovery. Urine glycerol concentration was also increased in samples collected at the midpoint and after completion of the exercise test.
- 10.) Fecal output from 90 minutes pre-exercise until 60 minutes post-exercise was greater with glycerol and electrolyte supplementation (7.8 kg) than with electrolyte supplementation alone (6.0 kg) or with water supplementation alone (4.6 kg). No differences in fecal water content or fecal potassium or chloride concentration were found during the exercise test or between supplements. In contrast, fecal sodium concentration increased with all three supplements during the exercise test.
- 11.) Total urine production during the exercise test was greater with glycerol and electrolyte supplementation (6.8 l) than with electrolyte supplementation alone (3.5 l) or with water supplementation alone (2.5 l). Urine sodium concentration increased during the exercise with glycerol and electrolyte supplementation as well as with electrolyte supplementation but remained unchanged with water supplementation alone.

Part II (3 days of recovery):

- 1.) Body weight decreased until about 18 hours of recovery with all supplements and then increased. However, body weight loss was greater with water supplementation alone than with the two other supplements throughout the recovery period.
- 2.) Serum aldosterone concentration increased until 12 hours of recovery with water supplementation alone, indicating a deficit in total body sodium content. In contrast, serum aldosterone concentration with electrolyte supplementation decreased until 24 hours of recovery and did not change with glycerol and electrolyte supplementation during the recovery period.
- 3.) Fecal sodium concentration was increased 30 minutes post exercise with all supplements. Fecal potassium and chloride concentration decreased with all supplements during recovery.
- 4.) Urine sodium concentration decreased during the recovery period with glycerol and electrolyte supplementation, but increased first with electrolyte supplementation and then decreased again, and was unchanged with water supplementation alone.
- 5.) After overnight recovery (12 hours), clinical assessment suggested complete recovery of all horses with all supplements. These clinical findings were inconsistent with a significant decrease in body weight with all three supplements and with the increase in

serum aldosterone concentration with water supplementation alone. The latter results supported persisting deficits in total body water and total body sodium content.

6.) Serum cortisol concentrations decreased during recovery with all three supplements.

In conclusion, oral supplementation with large doses of electrolytes enhanced voluntary water intake and thereby attenuated body weight loss in horses performing a simulated 60 km endurance ride. In addition, oral supplementation with large doses of electrolytes enhanced recovery of horses from prolonged endurance exercise

Oral supplementation with large doses of electrolytes also prevented decreases in plasma electrolyte concentrations (and total body electrolyte content) during prolonged endurance exercise and abolished the expected aldosterone response during the recovery period.

Further, adverse effects of oral supplementation with large doses of electrolytes on performance or intestinal function were not observed in this study. Similarly, adverse effects with glycerol administration and the associated increase in plasma osmolality were not observed. However, supplementation with glycerol did not produce additional beneficial effects on fluid and electrolyte balance during exercise or recovery in comparison to supplementation with electrolytes alone.

Düsterdieck, Katja F.: Auswirkungen von oralen Elektrolyt- und Glycerolgaben auf den Flüssigkeits- und Elektrolytstatus während und nach einem simulierten 60 km-Distanzritt.

Erweiterte Zusammenfassung

Einleitung, Ziel und Hypothese der Arbeit

Von 11490 in Distanzritten in den USA im Jahre 1995 gestarteten Pferden beendeten nur 83 % den Ritt erfolgreich. 18 % der disqualifizierten Pferde waren wegen metabolischer Störungen aus dem Rennen genommen worden, und 44 % dieser disqualifizierten Pferde benötigten tierärztliche Behandlungsmaßnahmen (CASSOTIS u. SCHOTT 1997). Die Ursache für metabolische Störungen bei Pferden, die ultramarathonähnlichen Belastungen ausgesetzt sind, liegt daran daß beim Pferd wie auch beim Menschen die Thermoregulation in erster Linie durch Schwitzen erfolgt. Neben einem enormen Flüssigkeitsverlust verlieren Pferde bei Ausdauerbelastungen allerdings eine sehr viel größere Menge an Elektrolyten als der Mensch, weil ihr Schweiß iso- bis hyperton, menschlicher Schweiß hingegen aber hypoton ist (MEYER et al. 1990a, McCUTCHEON et al. 1995). Diese Flüssigkeits- und Elektrolytverluste können in schweren Fällen zu fatalen metabolischen Störungen führen.

Marathonläufer konsumieren während eines Laufes iso- bis hypotone kohlenhydrat- und elektrolythaltige Getränke. Weiterhin hat es sich durchgesetzt, daß diese Athleten sich dazu zwingen, Flüssigkeit aufzunehmen, bevor ein Durstgefühl auftritt. Im Gegensatz dazu wird Pferden während eines Distanzrittes vielfach eine hypertone Elektrolytpaste oral verabreicht, und der Reiter kann nur hoffen, daß das Pferd während des Rittes ausreichend trinken wird. Ob die orale Verabreichung von hypertonen Elektrolytpasten von Vorteil ist oder ob dadurch die Flüssigkeitshomöostase gestört wird, wird kontrovers diskutiert. Weiterhin ist unklar, ob durch solch eine Supplementierung die Flüssigkeitsaufnahme bei Distanzpferden verbessert wird.

Glyzerol ist eine osmotisch wirkende Substanz, die als Metabolit des Kohlenhydrat- und Fettabbaus auftritt. In der Literatur ist Glyzerol als hyperhydrierende Substanz beim Menschen (RIEDELSEL et al. 1987, LYONS et al. 1990, MURRAY et al. 1991, FREUND et al. 1995, MONTNER et al. 1996 und LATZKA et al. 1997) und auch beim ruhenden Pferd (SCHOTT et al. 1998) beschrieben worden. SCHOTT et al. (1998) beschrieben, daß die orale Verabreichung von Glyzerol in Kombination mit Elektrolyten die Wasseraufnahme beim ruhenden Pferd stimuliert.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Effekte oraler Elektrolytgaben in ca. 10-mal höherer Dosierung als allgemein verwendet mit und ohne Zusatz von Glyzerol auf den Wasser- und Elektrolythaushalt von Pferden während eines simulierten 60 km Distanzrittes auf einem Hochgeschwindigkeitslaufband zu untersuchen. Ein weiteres Ziel war, die Effekte einer solchen Supplementierung auf die Erholung der Pferde vom simulierten Distanzritt zu dokumentieren.

Die der Arbeit zugrundeliegende Hypothese bestand darin, daß die hochdosierte, orale Gabe von Elektrolyten mit und ohne Zusatz von Glyzerol die Wasseraufnahme bei Pferden unter Ausdauerbelastung stimuliere und daß dadurch der Körpergewichtsverlust während der Belastung verringert werde. Eine weitere Hypothese war, daß die hochdosierte orale Gabe von

Elektrolyten mit und ohne Zusatz von Glycerol eine verbesserte Erholung von der Ausdauerbelastung bewirke.

Methoden

Um die aufgestellten Hypothesen zu untersuchen, wurden 6 zweijährige Araber (3 Stuten und 3 Wallache) für 5 Wochen in gleicher Weise trainiert. Danach mußte jedes Pferd 3 Läufe in Form eines simulierten 60 km-Distanzrittes auf einem Hochgeschwindigkeitslaufband absolvieren. Die Pferde hatten zwischen den Läufen eine belastungsfreie Zeit von mindestens 7 Tagen. Ihnen wurde mittels einer 60 ml-Spritze sowohl 90 Minuten vor Beginn als auch in den Pausen eines jeden Laufes in zufällig ermittelter Reihenfolge eine Gesamtmenge von entweder 0.2 g/kg Körpergewicht (KGW) KCl und 0.4 g/kg KGW NaCl in 2.4 ml/kg KGW (3 g/kg KGW) Glycerol oder 0.2 g/kg KGW KCl und 0.4 g/kg KGW NaCl in 2.4 ml/kg KGW Wasser oder 2.4 ml/kg KGW Wasser oral verabreicht.

Während der 90 Minuten vor Beginn der Belastung, in jeder Pause des Laufes und in den anschließenden 60 Minuten nach dem Lauf hatten die Pferde freien Zugang zu Wasser. Die Wasseraufnahme wurde protokolliert. Des weiteren wurden Körpergewicht, Heuaufnahme, Gewicht des abgesetzten Kotes und die Urinproduktion der 3 Stuten protokolliert. Während der Belastung wurden Herzfrequenz, Hauttemperatur und die Temperatur in der Pulmonalarterie gemessen. Außerdem wurden in Ruhe aus der Jugularvene und während des Laufes aus der Pulmonalarterie Blutproben entnommen, an denen Hämatokrit, Gesamtproteinkonzentration, Plasmaosmolalität, Plasmakonzentrationen von Natrium, Kalium, Chlorid und ionisiertem Kalzium, Blutglukose-, Laktat- und Kreatininkonzentration sowie der pH-Wert, pO_2 und pCO_2 bestimmt. Im Serum wurde die Konzentrationen von Aldosteron, Cortisol und Insulin gemessen. Die Glycerolkonzentration im Serum und im Urin der 3 Stuten wurde lediglich bei Läufen mit kombinierter Glycerol- und Elektrolytverabreichung analysiert. Spezifisches Gewicht, Osmolalität, Konzentration von Natrium, Kalium und Kreatinin wurden in den per Blasenkatheter gewonnenen Urinproben der 3 Stuten ermittelt. In den rektal entnommenen Kotproben wurden der Wassergehalt und die Konzentration an löslichem Natrium, Kalium und Chlorid untersucht. Des weiteren wurden die Pferde vor, während und nach Belastung von einer Person klinisch untersucht, die keinerlei Kenntnis von der Art des verwendeten Supplements besaß. Während des Laufes wurden Raumtemperatur und Relative Luftfeuchtigkeit protokolliert. An den dem Lauf folgenden 3 Tagen wurden weiterhin Blut-, Urin- und Kotproben entnommen und wie beschrieben untersucht, um die Erholung der Pferde von der Belastung zu dokumentieren. Außerdem wurden in dieser Zeit Änderungen des Körpergewichts protokolliert.

Ergebnisse

Teil I (von 90 Minuten vor bis 60 Minuten nach Belastung).

- 1.) Die Pferde verloren einen größeren Anteil ihres Körpergewichts (KGW) und erfuhren dementsprechend auch ein größeres Gesamtkörperwasserdefizit bei reiner Wassersupplementierung (3.2 % KGW Verlust), verglichen mit kombinierter Gabe von Glycerol und Elektrolyten (0.92 % KGW Verlust) oder aber alleiniger Elektrolytsupplementierung (1.03 % KGW Verlust). Die negative Korrelation zwischen

Wasseraufnahme und Körpergewichtsverlust ($r = 0.843$, $p < 0.0001$) zeigte, daß der Erhalt des Körpergewichts vor allem durch eine vermehrte Wasseraufnahme und nicht durch eine verminderte Kotabgabe, Urin- oder Schweißproduktion erreicht wurde.

- 2.) Die Pferde nahmen in der Zeit von 90 Minuten vor bis 60 Minuten nach der Belastung etwa doppelt so viel Wasser auf bei Supplementierung mit Glycerol und Elektrolyten (25.8 l) oder nur Elektrolyten (23.5 l) wie bei ausschließlicher Wassersupplementierung (12.2 l). Außerdem nahmen die Pferde schon zu einem früheren Zeitpunkt Wasser auf, wenn sie mit Glycerol und Elektrolyten oder nur mit Elektrolyten supplementiert wurden, als wenn sie nur mit Wasser supplementiert wurden.
- 3.) Bei kombinierter Glycerol- und Elektrolytsupplementierung sowie bei ausschließlicher Elektrolytsupplementierung konnte eine Verminderung der Gesamtproteinkonzentration im Plasma festgestellt werden. Dieses wurde als Vergrößerung des Plasmavolumens interpretiert.
- 4.) Bei kombinierter Glycerol- und Elektrolytsupplementierung, sowie bei alleiniger Elektrolytsupplementierung stieg die Plasmaosmolalität an, wobei ein größerer Anstieg bei kombinierter Glycerol- und Elektrolytsupplementierung zu verzeichnen war. Bei reiner Wassersupplementierung blieb die Plasmaosmolalität unverändert. Dieses wies auf eine isotone Dehydrierung der Pferde hin. Es wurde eine signifikante lineare Korrelation zwischen einer Veränderung in der Plasmaosmolalität und der darauf folgenden Wasseraufnahme in den Läufen mit kombinierter Glycerol- und Elektrolytgabe gefunden ($r = 0.82$, $p < 0.05$). Außerdem fand sich eine signifikante lineare Korrelation zwischen einer Veränderung in der Plasmaosmolalität und der darauf folgenden Wasseraufnahme, wenn die Daten aller Läufe *zusammen* ausgewertet wurden ($r = 0.68$, $p = 0.003$).
- 5.) Bei kombinierter Glycerol- und Elektrolytsupplementierung sowie bei alleiniger Elektrolytsupplementierung stiegen die Plasmakonzentrationen von Natrium und Chlorid zu höheren Werten als bei reiner Wassersupplementierung. Gegen Ende der Belastung überstiegen die Plasmakonzentrationen von Natrium und Chlorid den Bereich der als physiologisch zu erachtenden Referenzwerte ruhender Pferde. Die Plasmakaliumkonzentration war nicht signifikant verändert, zeigte aber mit allen 3 Supplementen die Tendenz, in den Ruhepausen und nach Beendigung des Laufes abzusinken.
- 6.) Die Serumkonzentration von Aldosteron nahm ab während der Läufe mit Glycerol- und Elektrolytsupplementierung sowie während der Läufe mit Elektrolytsupplementierung. Dies demonstrierte, daß so supplementierte Pferde kein Defizit an Gesamtkörpermatrium entwickelten.
- 7.) Die während des Galopps gemessenen Herzfrequenzen nahmen ab im Laufe des Rittes. Während des Laufes gemessene Temperaturen in der Pulmonalarterie nahmen dagegen zu während des Laufes, und Hauttemperaturen waren nur sporadisch erhöht. Es konnten keine Unterschiede zwischen den Supplementierungen festgestellt werden.
- 8.) 15 Minuten nach Beendigung der Arbeit wurden bei allen drei Supplementierungen höhere Herzfrequenzen gemessen als 90 Minuten vor der Arbeit. Die Kapillarfüllungszeit verlängerte sich im Laufe des simulierten Rittes. Diese Ergebnisse der klinischen Untersuchung standen in Kontrast zu der Tatsache, daß bei Glycerol- und Elektrolytsupplementierung sowie bei alleiniger Elektrolytsupplementierung nur geringe Körpergewichtsverluste auftraten und daß eine Verringerung der Gesamtproteinkonzentration im Plasma gemessen wurde. Letzteres zeigte, daß diese Pferde

ein geringeres Defizit an Gesamtkörperwasser und eine Expansion des Plasmavolumens erfahren hatten.

- 9.) In den Läufen mit kombinierter Glyzerol- und Elektrolytsupplementierung stieg die Glyzerolkonzentration im Serum zum Ende des Laufes auf 87.84 mmol/l und war 12 Stunden nach Beendigung des Laufes wieder im normalen Bereich. Die Glyzerolkonzentration im Urin war nach der Hälfte der Belastung und 30 Minuten nach Beendigung des Laufes erhöht.
- 10.) Bei Glyzerol- und Elektrolytsupplementierung war die Gesamtmenge an abgesetztem Kot größer (7.8 kg) als bei alleiniger Elektrolytsupplementierung (6.0 kg) oder bei alleiniger Wassersupplementierung (4.6 kg). Es wurden keine Unterschiede zwischen fäkalem Wassergehalten, fäkalem Kalium- oder Chloridkonzentrationen gefunden. Die fäkale Natriumkonzentration stieg während der Arbeit bei allen 3 Supplementierungen an.
- 11.) Die Gesamturinproduktion war höher bei kombinierter Glyzerol- und Elektrolytsupplementierung (6.8 l) als bei ausschließlicher Elektrolytsupplementierung (3.5 l) oder bei alleiniger Wassersupplementierung (2.5 l). Die Natriumkonzentration im Urin stieg während des Laufes bei Glyzerol- und Elektrolytsupplementierung sowie bei Elektrolytsupplementierung an. Dagegen veränderte sie sich nicht bei alleiniger Wassersupplementierung.

Teil II (die dem Lauf folgenden 3 Tage):

- 1.) Der Körpergewichtsverlust vergrößerte sich bei allen 3 Supplementierungen bis nach etwa 18 Stunden Erholung. Daraufhin fiel er wieder ab, war aber generell größer bei alleiniger Wassersupplementierung.
- 2.) Die Aldosteronkonzentration im Serum stieg bei Wassersupplementierung bis nach 12 Stunden Erholung an. Dies zeigte ein Defizit im Gesamtkörpermatrium. Dagegen fiel die Aldosteronkonzentration im Serum bei alleiniger Elektrolytsupplementierung zunächst ab (bis nach 24 Stunden Erholung) und stieg dann wieder an. Bei Glyzerol- und Elektrolytsupplementierung veränderte sich die Aldosteronkonzentration im Serum nicht.
- 3.) Die Kortisolkonzentration im Serum verringerte sich bei allen drei Supplementierungen während der Erholungsphase.
- 4.) Die fäkale Natriumkonzentration war bei Glyzerol- und Elektrolytsupplementierung, sowie bei Elektrolytsupplementierung 30 Minuten nach Beendigung des Laufes erhöht. Die fäkale Kaliumkonzentration und Chloridkonzentration verringerte sich im Laufe der Erholungsphase bei allen drei Supplementierungen.
- 5.) Während der Erholungsphase verringerte sich die Natriumkonzentration im Urin bei kombinierter Glyzerol- und Elektrolytsupplementierung. Bei alleiniger Elektrolytsupplementierung dagegen erhöhte sich die Natriumkonzentration im Urin zunächst und fiel erst später wieder ab und bei alleiniger Wassersupplementierung blieb sie unverändert.
- 6.) Alle Pferde erschienen nach 12 Stunden Erholung klinisch vollständig regeneriert. Diese Beobachtung stand wiederum in Kontrast zu einem signifikanten Körpergewichtsverlust bei allen 3 Supplementierungen und zu einer stark erhöhten Serumaldosteronkonzentration bei alleiniger Wassersupplementierung zu diesem Zeitpunkt.

Schlußfolgerungen

In der vorliegenden Studie konnte gezeigt werden, daß die hochdosierte orale Gabe von Elektrolyten die Wasseraufnahme bei Pferden unter Ausdauerbelastung stimulierte und daß dadurch der Körpergewichtsverlust während der Belastung verringert wurde. Die zusätzliche Verabreichung von Glycerol zu hochdosierten Elektrolyten hatte keine weitere vorteilhafte Wirkung auf die Wasseraufnahme bei diesen Pferden.

Eine so massive orale Gabe von Elektrolyten beugte einer Erniedrigung der Natrium- und Chloridkonzentrationen im Plasma vor.

Nachteilige Wirkungen der hochdosierten oralen Gabe von Elektrolyten wurden nicht beobachtet.

Ein kardiovaskulärer oder thermoregulatorischer Vorteil der Verabreichung von hochdosierten Elektrolyten mit und ohne Glycerol konnte nicht nachgewiesen werden.

Die orale Verabreichung von hochdosierten Elektrolyten mit und ohne Glycerol beschleunigte die Regeneration von der geleisteten Ausdauerbelastung, möglicherweise weil weniger Defizite im Gesamtkörperwasser und im Gesamtkörpermatrium entstanden.

In der vorliegenden Arbeit gaben Messung von Körpergewicht und Serumaldosteronkonzentration mehr Aufschluß über den Wasser- und Elektrolythaushalt bei Pferden unter Ausdauerbelastung als die Untersuchung klinischer Parameter.