Internist (1992) 33: 150–153 © Springer-Verlag 1992

Sport und Niere

B.K. Krämer und T. Risler
Sektion für Nieren- und Hochdruckkrankheiten, Medizinische Universitätsklinik Tübingen

Zum Thema

Ärztlich konsequent überwachte nierenkranke Patienten einschließlich Nierentransplantierter können nicht nur Sport treiben, sie sollten es sogar zur Erhaltung und Verbesserung ihrer körperlichen Belastbarkeit tun. Dies ist in vielen Fällen jedoch nur unter Einschränkungen möglich.

Über die Auswirkungen sportlicher Belastung auf die Nierenfunktion Gesunder und Nierenkranker wird hier berichtet. Darüber hinaus beschäftigt sich die Arbeit mit dem Einfluß von Erythropoetin und Diuretika auf die Leistungsfähigkeit von Athleten.

Schlüsselwörter: Nierenfunktion – Proteinurie – Sport – Dialysepatienten – Erythropoetin – Diuretika

Starke sportliche Belastungen können zu einer Hämaturie und Proteinurie führen für die der Begriff „athletic pseudonephritis" geprägt wurde. Zusätzlich kann es zu einer renalen Ausscheidung von Myoglobin und Erythrozytenzylindern sowie zu einer Abnahme der glomerulären Filtrationsrate und auch des renalen Plasmaflusses kommen. In ausgeprägten Fällen kann sich hieraus ein akutes Nierenversagen entwickeln. Die Protenurie bzw. Hämaturie unter Belastung sind glomerulären/tubulären Ursprungs bzw. glomerulär und durch Mikrokontusionen der Blasenwand bedingt.

In der Regel ist die körperliche Leistungsfähigkeit von Hämodialyse- und Peritonealdialysepatienten deutlich und die von nierentransplantierten Patienten und von Patienten mit kompensierter Niereninsuffizienz gering eingeschränkt. Trotzdem ist die sportliche Betätigung in allen Patientengruppen möglich und sinnvoll. Sportarten die zu einer Schädigung von Dialyseshunt, Tenckhoff-Katheter oder des Transplantats führen können, müssen vermieden werden, aber auch Sportarten, die zu einer übermäßigen Gelenkbelastung bei vorbestehender Osteopathie führen können. Die Behandlung mit Erythropoetin führt bei allen Patientengruppen zu einer Zunahme der körperlichen Leistungsfähigkeit. Während die körperliche Leistungsfähigkeit unter Behandlung mit Diuretika (mit der Ausnahme von Azetazolamid in der Behandlung der Höhenkrankheit) abnimmt, kommt es zu einer Verbesserung der Sauerstoffaufnahme unter Medikation mit Erythropoetin.

Im folgenden soll die wechselseitige Beziehung zwischen Sport und Niere(nfunktion) dargestellt werden. Auf Grund des vorgegebenen Rahmens wird die folgende Übersicht auf die Themenkreise a) Auswirkung sportlicher Belastung auf die Nierenfunktion, b) Sportausübung nierenkranker Patienten, und c) Auswirkung von Medikamenten, die in der Nephrologie Verwendung finden (am Beispiel von Erythropoetin, Diuretika) auf die sportliche Leistung, begrenzt.

Auswirkungen von sportlicher Belastung auf die Nierenfunktion

Sportliche Belastung führt zu einer vermehrten Albumin- und Proteinausscheidung und Hämaturie wofür 1956 durch Gardner [21] der Begriff „athletic pseudonephritis" geprägt wurde. Bei Marathonläufern und Langstreckenläufern waren nach dem Rennen eine Proteinurie, Mikrohämaturie, teilweise mit Erythrozytenzylindern, sowie Nierentubuluszellen, granulierte Zylinder und Myoglobulin im Urin nachweisbar [9, 28, 30, 40]. Ferner kam es zu einer vorübergehenden Abnahme der GFR bei erhaltenem renalem Plasmafluß (somit Abnahme der Filtrationsfraktion) bevorzugt bei Rennen bei warmer Witterung [40]. Ähnliche Veränderungen fanden sich nach längeren Fußmärschen [38]. Solche Störungen der renalen Funktion können zu einem ANV führen wie dies in mehreren Kasuistiken vorbeschrieben wurde, wobei ursächlich teilweise eine Rhabdomyolyse zu Grunde liegt [4, 22, 32].

Bei trainierten Radfahrern hatte selbst eine Belastung von 200 W über 1 h Dauer keine negativen Auswirkungen auf die mittels Kreatininclearance gemessene Nierenfunktion [47], jedoch war bei nicht trainierten Radfahrern, die nur eine Herzfrequenz von 120–130 unter Belastung erreichten, sowohl die glomeruläre Filtrationsrate (Inulinclearance) als auch der renale Plasmafluß (PAH-Clearance) erniedrigt bei erhöhter Filtrationsfraktion [3].

Haugen et al. [27] konnten bei trainierten Skilangläufern eine deutliche Zunahme der Ausscheidung von Albumin und Zylindern bei nur geringer Zunahme der Uromukoidausscheidung zeigen.

Die Proteinurie unter Belastung ist sowohl glomerulären als auch tubulären Ursprungs im Sinne einer erhöhten glomerulären Permeabilität und einer verminderten tubulären Reabsorption und nähert sich normalen Werten zwischen 1 und 4 h nach Ende der Belastung abhängig von Dauer und Intensität der Belastung [13, 14, 33, 42, 43, 45]. Kurzzeitige körperliche Belastungen erhöhen die Albuminausscheidung im 24-h-Sammelurin im Gegensatz zu längerdauernden sportlichen Belastungen nicht signifikant [14, 30, 33].

Die Hämaturie unter körperlicher Belastung scheint sowohl glomerulären Ursprungs als auch durch mecha-

nische Alteration (Mikrokontusionen) der Blasenwand bedingt zu sein, wobei die relative Bedeutung dieser Faktoren noch umstritten bleibt [1, 9, 40, 49].

Flamm et al. [20] maßen mittels ^{99}Tc markierten Erythrozyten die Blutvolumenverteilung auf die Organe gesunder Freiwilliger und es ergab sich bei 75% der maximalen Sauerstoffaufnahme bzw. maximaler Sauerstoffaufnahme eine Abnahme des Blutvolumens der Niere auf 84 bzw. 74%, der Milz auf 71 bzw. 54% bei gleichzeitiger Zunahme des Blutvolumens des Herzens auf 119 bzw. 124% und der Lunge auf 139 bzw. 150% der Ausgangswerte. Diese Werte entsprechen etwa der Organverteilung des Herzminutenvolumens in Ruhe und unter Belastung. Eine Ausscheidungsstörung von ^{131}J-Hippurat unter Belastung wurde bisher nur bei hypertensiven Patienten nachgewiesen, wobei dieser Befund präoperativ eine mögliche prognostische Bedeutung bei Patienten mit renovaskulärer Hypertonie hat [15, 16].

Eine weitere mögliche Auswirkung körperlicher Belastung ist ein erhöhtes Risiko der Bildung von Nierensteinen, die sich aus Calciumoxalat oder Harnsäure zusammensetzen [44]. Dies ist im wesentlichen durch die höhere Konzentration lithogener Substanzen im Rahmen eines belastungsbedingten Flüssigkeitsverlustes zu sehen.

Sportliche Betätigung nierenkranker Patienten

Patienten mit kompensierter Niereninsuffizienz. In einer Studie von Taverner et al. [46] war die Belastungsstufe bei Patienten (glomeruläre Filtrationsrate 65 ± 16 ml/min) um eine Herzfrequenz von 110/min zu erreichen signifikant niedriger als bei gesunden Kontrollpersonen. Auf dieser mäßigen Belastungsstufe kam es nur bei den Patienten zu einem Abfall der glomerulären Filtrationsrate, während die Clearance freien Wassers nicht in gleicher Weise wie bei Normalpersonen vermindert werden konnte. Untrainierte Patienten mit kompensierter Niereninsuffizienz erreichten etwa die gleiche Leistungsstufe wie trainierte Hämodialysepatienten, allerdings konnte durch ein entsprechendes Training die Leistungsfähigkeit bei kompensierter Niereninsuffizienz um etwa 40% gesteigert werden [37]. Die maximale körperliche Leistungsfähigkeit von 20 Patienten mit kompensierter (relativ stark eingeschränkter) Niereninsuffizienz (GFR: 11 ± 3 ml/min) war 74% der von gesunden Kontrollpersonen [17]. In Verlaufsbeobachtungen war die Abnahme der Leistungsfähigkeit mit der Abnahme des Hb-Wertes korreliert [17]. Bei Patienten mit kompensierter Niereninsuffizienz [Serumkreatinin 473 ± 61 µmol/L ($5{,}4 \pm 0{,}7$ mg%)] führte die Behandlung mit Erythropoetin zu einer Zunahme der maximalen Sauerstoffaufnahme um etwa 9% ohne Normalwerte zu erreichen bei einer Zunahme des Hb-Wertes von 9,1 auf 12,3 g/dl [34].

Hämodialysepatienten. Die Mehrzahl der Hämodialysepatienten ist durch eine Linksherzhypertrophie mit normaler systolischer Funktion in Ruhe charakterisiert, jedoch besteht eine eingeschränkte systolische Ventrikelfunktion unter Belastung und eine gestörte diastolische Compliance [50]. Diese Befundkonstellation entspricht in der Regel der sogenannten urämischen Kardiomyopathie, die möglicherweise durch den sekundären Hyperparathyreoidismus mitbedingt ist. Interessanterweise bessert sich diese Kardiomyopathie bei einigen Patienten während der Behandlung mit Erythropoietin [36]. Durch eine Hämodialysebehandlung lassen sich diese Störungen überwiegend beheben, allerdings hält der Effekt nicht über 24 h an [50]. Wie u.a. von Völker et al. [48] gezeigt wurde, ist jedoch auch bei Hämodialysepatienten eine ambulante Sporttherapie möglich mit subjektiver und (geringer) objektiver Verbesserung der Leistungsfähigkeit. Hämodialysepatienten erreichen etwa 50–70% der Leistung gesunder, gleichalter Kontrollen, allerdings mit einer weiten Streuung der Einzelwerte und teilweise sogar normaler Leistung [6, 11, 18, 23, 37, 41]. Harter u. Goldberg [26] konnten unter einem Training mittels Fahrradergometer, Wandern und Joggen für die Dauer von 12 Monaten einen Anstieg der maximalen Sauerstoffaufnahme um 17% und der Dauer der Laufbandbelastung um 26% zeigen. Bereits ein nur 6 Wochen dauerndes Ergometertraining führte bei Hämodialysepatienten zu einer deutlichen Zunahme der maximalen Leistung und der Sauerstoffaufnahme [25]. Greinert et al. [23] konnten zeigen, daß nach etwa 18monatigem Training (Kreistraining, Geh-Lauf-Programm, Schwimmen) ein Leistungsplateau erreicht wird. Beachtenswert ist, daß die sportliche Belastbarkeit zu wesentlichen Teilen durch die Einschränkung der Muskelkraft und weniger der Sauerstoffaufnahme erklärt wird [19].

Unter Behandlung mit Erythropoetin (Zunahme des Hb-Wertes um 2,0–4,4 g/dl auf 9,7–10,8 g/dl) nimmt die maximale Sauerstoffaufnahme/maximale Leistung um etwa 20–50% bei Dialysepatienten zu [24, 29, 35, 36].

Peritonealdialysepatienten. Von Beasley et al. [7] wurde die Belastbarkeit von 18 CAPD („continuous ambulatory peritoneal dialysis")-Patienten auf dem Laufband untersucht. Die maximale Sauerstoffaufnahme war im Vergleich zu gesunden Kontrollpatienten deutlich reduziert (14,6 ml/kg·min zu 33,6 ml/kg·min), jedoch war die Sauerstoffaufnahme nicht zusätzlich durch die intraperitoneale Dialysatmenge eingeschränkt. Ähnliche Ergebnisse zeigten Painter et al. [41], insbesondere war die Leistungsfähigkeit deutlich geringer als bei nierentransplantierten Patienten und vergleichbar der von Hämodialysepatienten.

Trotz der eingeschränkten Belastbarkeit sollten Peritonealdialysepatienten ermutigt werden sich unter ärztlicher Supervision mäßiggradig sportlich zu belasten.

Nierentransplantierte Patienten. Bei nierentransplantierten Patienten kommt es nach Transplantation zu einer Zunahme der maximalen körperlichen Leistungsfähigkeit (ohne daß alle Patienten Normalwerte erreichen) wesentlich durch den Anstieg des Hämatokrits mitbedingt [18, 41]. Sowohl die maximale Sauerstoffaufnahme als auch die Muskelkraft lassen sich durch körperliches Training

(Gymnastik, Wandern, Joggen) steigern [31]. Ein Leistungsplateau unter regelmäßigem körperlichen Training wird nach etwa 18 Monaten erreicht [23]. 8 Wochen nach Nierentransplantation erreichen die Patienten unter regelmäßigem Training (Laufband und Fahrradergometer) die Leistungsfähigkeit gesunder Kontrollpersonen [39]. Im Gegensatz zu diesen Untersuchungen sahen Bullock et al. [11] keinen Unterschied in der Leistungsfähigkeit zwischen Dialysepatienten und nierentransplantierten Patienten. Sportarten, die sich für den nierentransplantierten Patienten eignen sind u.a. Schwimmen, Wandern, Golf, Tischtennis während z.B. Joggen, Skifahren, Fußball wegen der Gelenkbelastung, Sturzgefahr, oder der Gefahr des Transplantattraumas eher ungeeignet sind [11].

Einfluß von Erythropoetin und von Diuretika auf die sportliche Belastbarkeit

Erythropoetin hat durch seine Wirkung, die Blutmenge zu erhöhen (und damit die Sauerstoffaufnahme zu erhöhen), das Potential, die sportliche Leistung auch bei nicht anämischen Patienten zu steigern [2]. Berglund u. Ekblom [8] zeigten, daß die Behandlung von 15 gesunden Männern mit Erythropoetin den Hämoglobinwert von 15,2 auf 16,9 mg/dl und den Hämatokrit von 44,5% auf 49,7% erhöht. Hierbei war die Herzfrequenz bei 200 W nach Erythropoetinbehandlung signifikant niedriger als vorher, als Hinweis auf eine gesteigerte Leistungsfähigkeit, allerdings waren auch die Blutdruckwerte unter dieser Belastung höher. Deshalb besteht die Gefahr, daß Erythropoetin als Dopingmittel mißbraucht werden wird. Folgerichtig wurde Erythropoetin vom Internationalen Olympischen Kommitee als Dopingmittel klassifiziert. Potentielle Gesundheitsrisiken sind Thrombose und Hypertonie.

In einer Studie von Armstrong et al. [5] wurde die Wirkung von 40 mg Furosemid p.o. 5 h vor einem 1500-m-, 5000-m-, 10000-m-Rennen sowie der Messung der Sauerstoffaufnahme auf einem Laufband untersucht. Während die submaximale und maximale Sauerstoffaufnahme nicht signifikant unterschiedlich zwischen hydrierten und dehydrierten Sportlern war, bestand eine signifikant höhere Belastungsdauer auf dem Laufband und eine schnellere Zeit auf den Laufstrecken im hydrierten Zustand. Eine Verschlechterung der sportlichen Leistungsfähigkeit wurde für weitere Diuretika gezeigt mit der Ausnahme von Azetazolamid, welches zur Behandlung der Höhenkrankheit geeignet ist und möglicherweise die Leistungsfähigkeit in großer Höhe steigert [12]. Somit haben Diuretika als „Dopingmittel" nur eine Bedeutung, um z.B. das Kampfgewicht (z.B. beim Boxen, Ringen) auf das erlaubte Gewicht zu reduzieren.

Fazit für die Praxis

Extreme sportliche Belastung kann Albumin-, Proteinausscheidung und Mikrohämaturie, Ausscheidung von Erythrozytenzylindern, granulierten Zylindern, Nierentubuluszellen und Myoglobin induzieren („athletic pseudonephritis"). Auswirkungen auf GFR und renalen Plasmafluß hängen vom Trainingszustand und äußeren Bedingungen ab.

Die körperliche Belastbarkeit von Patienten mit kompensierter Niereninsuffizienz ist signifikant niedriger, kann aber durch Training ebenfalls erhöht werden. Ein wichtiger Parameter der Belastbarkeit chronisch Nierenkranker ist der Hb-Wert, dessen Steigerung durch Erythropoetin bei Dialysepatienten nachweisbar ist.

Nierentransplantierte Patienten vermögen durch regelmäßiges Training ein Leistungsniveau zu erreichen, das dem Gesunder entspricht. Zu vermeiden sind selbstverständlich Sportarten mit hoher Verletzungsgefahr.

Erythropoetin kann durch seinen positiven Einfluß auf die Blutmenge und somit auf die Sauerstoffaufnahme die Leistungsfähigkeit erhöhen, weswegen es auch als Dopingmittel mißbraucht wird. Diuretika mindern die sportliche Leistungsfähigkeit, werden aber bedauerlicherweise dazu verwendet, bei gewichtsbezogenen Sportarten das Kampfgewicht zu reduzieren.

Obwohl Sport in Einzelfällen zu einem pathologischen Urinbefund (u.a. Hämaturie, Proteinurie, Myoglobinurie) und mitunter zu Funktionseinschränkungen der Niere führen kann, ist eine regelmäßige Sportausübung generell empfehlenswert. Eine angemessene sportliche Belastung ist insbesondere auch bei nierenkranken Patienten sinnvoll, da es in allen Patientengruppen zu einer Verbesserung objektiver und subjektiver Leistungsparameter kommt. Eine zusätzliche Verbesserung der Leistungsfähigkeit wird durch die Behandlung mit Erythropoetin erreicht.

Literatur

1. Abarbanel J, Benet AE, Lask D, Kimche D (1990) Sports hematuria. J Urol 143:887–890
2. Adamson JW, Vapnek D (1991) Recombinant erythropoietin to improve athletic performance. N Engl J Med 324:698–699
3. Ala-Houhala I (1990) Effects of exercise on glomerular passage of macro molecules in patients with diabetic nephropathy and in healthy subjects. Scand J Clin Lab Invest 50:27–33
4. Albertazzi A, Del Rosso G, Cappelli P (1984) Acute renal failure after repeated physical stress. Lancet I:1418–1419
5. Armstrong LE, Costill DL, Fink WJ (1985) Influence of diuretic-induced dehydration on competetive running performance. Med Sci Sports Exerc 17:456–461
6. Barnea N, Drory Y, Iaina A, Lapidot C, Reisin E, Eliahou H, Kellermann JJ (1980) Exercise tolerance in patients on chronic hemodialysis. Isr J Med Sci 16:17–21
7. Beasley CRW, Smith DA, Neale TJ (1986) Exercise capacity in chronic renal failure patients managed by continuous ambulatory peritoneal dialysis. Aust NZ J Med 16:5–10
8. Berglund B, Ekblom B (1991) Effect of recombinant human erythropoietin treatment on blood pressure and some haematological parameters in healthy men. J Intern Med 229:125–130
9. Boileau M, Fuchs E, Barry JM, Hodges CV (1980) Stress hematuria: Athletic pseudonephritis in marathoners. Urology 15:471–474
10. Buchholz B, Zastrow F, Lison AE (1982) Der Sport des Nierentransplantierten. Dtsch Z Sportmed 33:153–155
11. Bullock RE, Amer HA, Simpson I, Ward MK, Hall RJC (1984) Cardiac abnormal-

ities and exercise tolerance in patients receiving renal replacement therapy. Br Med J 289:1479–1484
12. Caldwell JE (1987) Diuretic therapy and exercise performance. Sports Med 4:290–304
13. Campanacci L, Faccini L, Englaro E, Rustia R, Guarnieri GF, Barat R, Carraro M, De Zotti R, Micheli W (1981) Exercise-induced proteinuria. Contr Nephrol 26:31–41
14. Clerico A, Giammattei C, Cecchini L, Lucchetti A, Cruschelli L, Penno G, Gregori G, Giampietro O (1990) Exercise induced proteinuria in well-trained athletes. Clin Chem 36:562–564
15. Clorius JH, Mann J, Schmidlin P, Strauss IG, Saur T, Irngartinger G (1987) Clinical evaluation of patients with hypertension and exercise-induced renal dysfunction. Hypertension 10:287–293
16. Clorius JH, Allenberg J, Hupp T, Strauss LG, Schmidlin P, Irngartinger G, Wagner R, Mukhopadhyay C (1987) Predictive value of exercise renography for presurgical evaluation of nephrogenic hypertension. Hypertension 10:280–286
17. Clyne N, Jogestrand T, Lins L-E, Pehrsson SK, Ekelund L-G (1987) Factors limiting physical working capacity in predialytic uraemic patients. Acta Med Scand 222:183–190
18. Clyne N, Jogestrand T, Lins L-E, Pehrsson SK (1989) Factors influencing physical working capacity in renal transplant patients. Scand J Urol Nephrol 23:145–150
19. Diesel W, Noakes TD, Swanepoel C, Lambert M (1990) Isokinetic muscle strength predicts maximum exercise tolerance in renal patients on chronic hemodialysis. Am J Kidney Dis 16:109–114
20. Flamm SD, Taki J, Moore R, Lewis SF, Keech F, Maltais F, Ahmad M, Callahan R, Dragotakes S, Alpert N, Strauss HW (1990) Redistribution of regional and organ blood volume and effect on cardiac function in relation to upright exercise intensity in healthy subjects. Circulation 81:1550–1559
21. Gardner KD (1956) Athletic pseudonephritis. Alteration of urine sediment by athletic competition. J Am Med Assoc 161:1613–1617
22. Goldsmith HJ (1984) Acute renal failure after a marathon run. Lancet I:278–279
23. Greinert M, Kielstein R, Lachhein L (1986) Sporttherapie bei chronisch niereninsuffizienten Patienten. Med Sport 26:179–181
24. Grunze M, Kohlmann M, Mulligan M, Grüner I, Koeppel M, Bommer J (1990) Mechanisms of improved physical performance of chronic hemodialysis patients after erythropoietin treatment. Am J Nephrol 10 [Suppl 2]:15–23
25. Haber P, Burghuber OC (1988) Grundlagen und Praxis einer zielorientierten Trainingsplanung bei Patienten mit diabetischer Nephropathie und bei Dialysepatienten. Wien Med Wochenschr 14:350–352
26. Harter HR, Goldberg AP (1985) Endurance exercise training. An effective therapeutic modality for hemodialysis patients. Med Clin North Am 69:159–175
27. Haugen H, Akesson I, Stromme SB, Refsum HE (1980) Excretion of casts and uromucoid in urine after prolonged heavy exercise. Scand J Clin Lab Invest 40:545–549
28. Helzer-Julin M, Latin RW, Mellion MB, Berg K, Langan JT (1988) The effect of exercise intensity and hydration on athletic pseudonephritis. J Sports Med Physical Fitness 28:324–329
29. Huppmann M, Hief C, Schenk E, Meisl F, Kummer F (1989) Erythropoietin-Therapie bei renaler Anämie. Einfluß auf ergospirometrische Leistungsparameter. Wien Med Wochenschr 139 [Suppl 104]:48–50
30. Irving RA, Noakes TD, Irving GA, Van Zyl-Smit R (1986) The immediate and delayed effects of marathon running on renal function. J Urol 136:1176–1180
31. Kempeneers GLG, Myburgh KH, Wiggins T, Adams B, Van Zyl-Smit R, Noakes TD (1988) The effect of an exercise training program in renal transplant recipients. Transplant Proc 20 [Suppl 1]:381–382
32. Knochel JP (1990) Catastrophic medical events with exhaustive exercise: "White collar rhabdomyolysis". Kidney Int 38:709–719
33. Krämer BK, Kernz M, Ress KM, Pfohl M, Müller GA, Schmülling R-M, Risler T (1988) Influence of strenuous exercise on albumin excretion. Clin Chem 34:2516–2518
34. Lim VS, DeGowin RL, Zavala D, Kirchner PT, Abels R, Perry P, Fangman J (1989) Recombinant human erythropoietin treatment in pre-dialysis patients. Ann Intern Med 110:108–114
35. Lundin AP, Akerman MJH, Chesler RM, Delano BG, Goldberg N, Stein RA, Friedman EA (1991) Exercise in hemodialysis patients after treatment with recombinant human erythropoietin. Nephron 58:315–319
36. MacDougall IC, Lewis NP, Saunders MJ, Cochlin DL, Davies ME, Hutton RD, Fox KAA, Coles GA, Williams JD (1990) Long-term cardiorespiratory effects of amelioration of renal anaemia by erythropoietin. Lancet 335:489–493
37. Maue M (1983) Untersuchungen zur Leistungsfähigkeit von chronisch nierenkranken und niereninsuffizienten Patienten und ihre Beeinflußbarkeit durch Training. Med Sport 23:155–157
38. Melamed I, Romem Y, Keren G, Epstein Y, Dolev E (1982) March myoglobinemia. A hazard to renal function. Arch Intern Med 142:1277–1279
39. Miller TD, Squires RW, Gau GT, Ilstrup DM, Frohnert PP, Sterioff S (1987) Graded exercise testing and training after renal transplantation: A preliminary study. Mayo Clin Proc 62:773–777
40. Neviackas JA, Bauer JH (1981) Renal function abnormalities induced by marathon running. South Med J 74:1457–1460
41. Painter P, Messer-Rehak D, Hanson P, Zimmermann SW, Glass NR (1986) Exercise capacity in hemodialysis, CAPD, and renal transplant patients. Nephron 42:47–51
42. Poortmans JR, Brauman H, Staroukine M, Verniory A, Decaestecker C, Leclercq R (1988) Indirect evidence of glomerular/tubular mixed-type postexercise proteinuria in healthy humans. Am J Physiol 254:F277–F283
43. Poortmans JR, Rampaer L, Wolfs J-C (1989) Renal protein excretion after exercise in man. Eur J Appl Physiol 58:476–480
44. Sakhaee K, Nigam S, Snell P, Hsu MC, Pak CYC (1987) Assessment of the pathogenetic role of physical exercise in renal stone formation. J Clin Endocrinol Metab 65:974–979
45. Strohmaier WL, Bichler K-H, Nelde HJ (1984) Proteinurie unter körperlicher Belastung. In: Jeschke D (Hrsg) Stellenwert der Sportmedizin in Medizin und Sportwissenschaft. Springer, Berlin Heidelberg New York, S 347–352
46. Taverner D, Craig K, Mackay I, Watson ML (1991) Effects of exercise on renal function in patients with moderate impairment of renal function compared to normal men. Nephron 57:288–292
47. Virvidakis C, Loukas A, Mayopoulou-Symvoulidou D, Mountokalakis T (1986) Renal responses to bicycle exercise in trained athletes: Influence of exercise intensity. Int J Sports Med 7:86–88
48. Völker K, Alberty A, Daul A, Hollmann W (1988) Sport mit Dialysepatienten. Dtsch Z Sportmed 39:265–270
49. Wandel E, Dörhöfer H, Himmelsbach F, Köhler E, Zyzik E, Köhler H (1991) Die Belastungshämaturie ist nichtglomerulären Ursprungs. Nieren Hochdruckkr 20:457
50. Wizemann V, Kramer W, Thormann J, Kindler M (1984) Exercise-induced ventricular dysfunction: Reversible by hemodialysis. Trans Am Soc Artif Intern Organs 30:567–570

Dr. B.K. Krämer
Sektion für Nieren- und
Hochdruckkrankheiten
Medizinische Universitätsklinik
Otfried-Müller-Straße 10
W-7400 Tübingen
Bundesrepublik Deutschland