

Dürfen gut belastbare Herzkrankte Tennis spielen?

Th. Wendt¹, N. Laube¹, Th. Schmidt²,
H. Seyfert¹

Reha-Klinik Wotterau d. BfA (Ltd. Arzt: PD Dr. Th. Wendt), Bad Nauheim¹; Zentrum Dermatol./Venerol., Klinikum der JWG-Universität, Frankfurt/Main²

Th. Wendt¹, N. Laube¹, Th. Schmidt²,
H. Seyfert¹

(Bad Nauheim, Frankfurt am Main/Germany):
Is it Safe for Cardiac Patients with Normal
Cardiopulmonary Capacity to Play Tennis?

■ **Methode:** 29 tennispielende, gut belastbare Herzkrankte (2 Frauen, 27 Männer, mittl. Alter 53,5 Jahre, mittlere EF 64%, 17 KHK, 7 Klappenersatz, 4 sonstige Herzkrankungen) wurden im Rahmen eines speziellen Feldtests während 5 verschiedenen Spielvariationen untersucht.

Ergebnisse: Die neu eingeführte Regel, lediglich einen statt 4 Bälle zum Spielen zur Verfügung zu stellen, senkt die Anforderung an die kardiale Leistungsfähigkeit, erhöht den Ausdauerreiz sowohl beim Bälleschlagen wie im Match und wird gut akzeptiert, ohne daß der Charakter des Spiels dadurch wesentlich verändert wird. Als subjektiv am anstrengendsten wurde das Einzelmatch bezeichnet, objektiv kam es am Anfang des Feldtests beim Bälleschlagen zu den höchsten Belastungswerten. In keiner der untersuchten 5 Spielvariationen wurde jedoch die Leistung der Ausbelastungsergometrie im Labor erreicht. Eine Gefährdung durch zunehmende Ekzypien konnte im untersuchten Kollektiv nicht gefunden werden. Rhythmusstörungen traten bei denjenigen Patienten auf, bei denen sie bekannt waren, unabhängig von der Spielform Bälleschlagen oder Match.

Schlüsfolgerung: Tennis, insbesondere die ausdauerbetonten Spielformen, kann auch in der Rehabilitation gut leistungsfähiger Herzkrankter empfohlen werden. Bei asymptomatischen Koronarpatienten ist zur Abschätzung des kardialen Risikos die übliche kardiologische Funktionsdiagnostik ausreichend. Bei Klappenpatienten sollte eine Strömungsökardiographie zur Bestimmung der Gradientendynamik unter Belastung durchgeführt werden, um konkrete, individuelle Empfehlungen für die Trainingsintensität abgeben zu können. Symptomatische Patienten sollten einem Feldtest nach dem vorgestellten Muster unterzogen werden, um die individuellen Besonderheiten zu klären.

Schlüsselwörter: Tennis, koronare Herzkrankheit, Herzklappenfehler, Sekundärprävention, Rehabilitation

■ **Method:** 29 tennisplaying cardiac patients with normal cardiopulmonary capacity (2 females, 27 males, mean age 53.5 years, mean ejection fraction 64%, 17 CHD, 7 post valve replacement, 4 others) were examined in a field study while playing 5 different variations of tennis.

Results: The introduced new rule of the game, to play with one ball instead of 4 balls, was accepted by the players and led to an „automatic“ slackening of the game without changing the character of tennis. Subjectively the most strenuous game variation was the singles match, objectively the highest blood pressure was found at the beginning of the field study while practicing rallies with 4 balls. In none of the 5 examined variations of the game the performance of the prior ergometry was reached. A threat by increasing ectopies was not noted. Ventricular arrhythmias occurred in those patients, who showed ectopies in the ergometry, independently of the game variation practicing or playing match.

Conclusions: Tennis, especially the variations, in which endurance is demanded, can be recommended in the rehabilitation of cardiac patients with normal cardiopulmonary capacity. In asymptomatic patients with CHD the usual cardiologic examinations are sufficient for estimating the cardiac risks. In patients, who had undergone valve replacement, a stress-echocardiogram should be performed to measure the pressure gradients over the valves at rest and during exercise in order to give concrete, individual recommendations for physical activity and training. In symptomatic patients a field study comparable to the one introduced here should be performed to identify individual risks and peculiarities.

Key words: tennis, coronary heart disease, cardiac valve disease, secondary prevention, rehabilitation

Einleitung

Der Deutsche Tennis Bund stellt mit über 2 Mio. aktiven Mitgliedern nach Fußball und Turnen den drittstärksten Verband im Deutschen Sportbund. Rechnet man hierzu noch die zahlreichen Tennisanhänger, die auf den nicht vereinsgebundenen Freizeitanlagen ihren Sport nachgehen, so darf Tennis mit Fuß-

und Recht als Freizeitsport Nr. 1 in Deutschland bezeichnet werden.

Im Gegensatz zu anderen Sportarten gilt Tennis zudem als Saison-unabhängige und als lifetime-Sportart (51). Das heißt, es kann wegen der großen Zahl an überdachten Plätzen in Deutschland das ganze Jahr über gespielt und bis ins Alter betrieben werden, was auch der stetig ansteigende Anteil an

Spielern im mittleren und höheren Lebensalter (9) belegt. So gibt es in Deutschland heute bereits mehr als 1 Mio. Tennisspieler, die älter als 40 Jahre sind (3).

Vorteilhaft ist zudem, daß Tennis aus orthopädischer Sicht im Vergleich zu anderen Saison-unabhängigen Sportarten wie Squash oder Badminton verletzungsärmer (13) und gelenkschonender (24) ist.

Aus sportwissenschaftlicher Sicht kann zudem bereits ein Freizeitpieler bei einer Stunde Tennis pro Tag mit 480 Kcal so viel Kalorien verbrennen (44), wie es für die Primärprävention von Herz-/Kreislaufkrankheiten optimal ist (37). Ein geübter Tennisspieler kann darüber hinaus trainingsbedingte Anpassungseffekte am Herz-/Kreislaufsystem erzielen, wie z.B. eine Senkung von Ruhe- und Belastungsfrequenz oder eine Verbesserung der aerob/anaeroben Schwelle (21).

Tennis bietet damit theoretisch optimale Voraussetzungen, um als regelmäßige körperliche Aktivität in der Primär- (40) und Sekundärprävention (38) der Herz-/Kreislaufkrankungen empfohlen werden zu können (39).

Tennis hat aber auch seine negativen Seiten: Neben den orthopädischen Aspekten (41) wie den chronischen Überlastungsschäden der Schulter (31), der Rotatorenmanschette (42) und des Ellenbogens (34, 52) sowie den traumatischen Risiken wie den Verletzungen des Muskel- und Bandapparates der unteren Extremität (33, 43, 49, 53) ist es aus sportmedizinischer Sicht insbesondere im Match nicht steuer- und dosierbar und führt zu einer Erhöhung der Sympathikusaktivität, wodurch Rhythmusstörungen provoziert werden können. Bei einer unökonomischen Spielweise kann es zudem zu einer verstärkten Prellatmung (50) kommen, was insbesondere bei Herzkranken unerwünscht ist (57).

Aus diesen Gründen wird selbst gut belastbaren Herzkranken nach einem akuten Ereignis oder einer Herzoperation vom Tennis oft abgeraten.

Darüber hinaus ereignen sich immer wieder plötzliche Todesfälle auf dem Tennisplatz. So erleiden in Deutschland Jahr für Jahr 100–120, meist über 40jährige Tennisspieler einen plötzlichen Herztod beim Tennisspiel (30), wobei 48% dieser Todesfälle beim Ball schlagen und 52% beim Match auftreten (38).

Diese absolut gesehen hohe Zahl an sudden death-Ereignissen entspricht unter Berücksichtigung der Inzidenz und Morbidität der KHK auf der einen, sowie der Verbreitung des Tennisspiels insbesondere in der Gruppe der Älteren auf der anderen Seite jedoch bereits dem natürlichen KHK-Risiko und kann nicht dem Tennis per se angelastet werden.

Denn erstens kommt es ab dem 36. Lebensjahr zu einem Anstieg der Rate plötzlicher Todesfälle (39). Zweitens treten bei rund 80 Mio. Einwohnern in Deutschland pro Jahr

etwa 250000 Myokardinfarkte mit einer Mortalität von 50% auf. Hinzu kommt etwa eine gleich große Anzahl von Menschen, die erstmals Symptome einer KHK entwickeln, ohne einen Infarkt zu erleiden. Bezogen auf die 2,5–3 Mio. Tennisspieler bedeutet dies, daß Jahr für Jahr bei wenigstens 5–10000 Tennisspielern eine KHK manifest wird.

Hinzu kommen die plötzlichen Ereignisse bei den etwa 200 000 Deutschen, die an einem Herzfehler leiden (14), von denen wegen der Schwere der Erkrankung allein im vergangenen Jahr 13115 an einer Klappe, 4645 an einem angeborenen Vitium operiert werden mußten (6).

Damit muß schon aus Gründen der statistischen Wahrscheinlichkeit auch während des Tennisspiels mit zufälligen, kardial bedingten Ereignissen gerechnet werden.

Neben der Forderung regelmäßiger Gesundheits-Checks für alle Sporttreibenden besteht somit besonderer Beratungsbedarf für tennisspielende Herzranke (62), die ihren Sport meist auch mit einem Herzleiden nicht aufgeben möchten.

Aufgrund kardiologischer Befunde ausgesprochene Empfehlungen zur allgemeinen körperlichen Leistungsfähigkeit und Belastbarkeit sind für die speziellen, sportartspezifischen Besonderheiten des Tennis jedoch nicht unbedingt ausreichend. Auf der anderen Seite sind bei den, an Gesunden erarbeiteten, tennisspezifischen Empfehlungen die Besonderheiten der KHK und der Klappenfehler unberücksichtigt.

Hinzu kommt der Umstand, daß es bezüglich der beachtenswerten Faktoren insbesondere nach Klappenersatz in der Sportmedizin und Rehabilitationskardiologie offensichtlich keine einheitliche Einschätzung gibt. So mißt beispielsweise eine Autorengruppe der Art der Herzklappe (Kunst- oder Bioklappe) im Vergleich zum Operationsergebnis, der aktuellen körperlichen Leistungsfähigkeit und dem Grad der präoperativen Schädigung des Herzens lediglich eine untergeordnete Rolle zu (47), ein nach unserer Ansicht im Gegenteil wichtiger Aspekt, auf den in der Diskussion näher eingegangen werden wird.

Auch stellen sich bei Patienten mit Vitium und insbesondere nach Klappenplastik oder -ersatz komplexere hämodynamische Fragen als bei der KHK (46). Sie bilden zudem keine homogene Gruppe (45). Hinzu kommt, daß bei diesen Patienten nicht selten chronisches Vor-

hoffimmern vorliegt, so daß eine alleinige Belastungssteuerung über die Herzfrequenz entfällt.

Schließlich stellen Patienten mit Vitium gerade wegen ihrer Minderzahl im Vergleich zur KHK eine in vielen Belangen vernachlässigte Patientengruppe dar, kürzlich wurden sie gar als die „vergessenen Patienten“ (11) bezeichnet.

Gerade die meist jüngeren Klappenpatienten erwarten jedoch eine individuelle und gut begründete Beratung bezüglich der Möglichkeiten und Grenzen ihrer Belastbarkeit und Sporttauglichkeit. Bezüglich der allgemeinen körperlichen Belastbarkeit Klappenoperierter gibt es aber nur recht wenig (2, 5, 20, 28, 45, 63) und zum Teil schon ältere (4, 10, 19, 26, 27, 29), regelmäßig zitierte Literatur, welche zudem die abschließende Beratung bei Klappenpatienten auf eine aufwendige Spiroergometrie (5, 50, 60, 63) oder Druckmessung im kleinen Kreislauf mittels invasiver Erdschwenkatheteruntersuchung (4, 26, 22, 45) gründet. Die Möglichkeiten und Ergebnisse der Stressechokardiographie zur nichtinvasiven Bestimmung der Fluß-, Gradienten-, Druck- und Volumendynamik bei Zust. n. Klappenersatz werden bislang lediglich von einer Gruppe (15, 16, 32) routinemäßig genutzt.

Herzkranken Tennisspielern bleibt somit oft nichts anderes übrig, als entgegen dem pauschalen Rat und ohne konkrete Empfehlungen oder erst nach umfangreichen, z.T. invasiven Untersuchungstechniken das Tennisspielen nach einem akuten kardialen Ereignis oder Eingriff wieder aufnehmen oder – möglicherweise unbegründet – das gewohnte Tennisspielen ganz aufzugeben und damit auf die günstigen Effekte einer regelmäßigen körperlichen Aktivität zu verzichten.

Ziel der vorliegenden Studie war es somit, 1. das kardiale Risiko tennisspielender Herzkranker abzuschätzen und 2. sportartspezifische Empfehlungen zu erarbeiten, wie das Tennisspiel im individuellen Fall variiert werden könnte.

Methode zu Punkt 1 der Fragestellung

Nach einer kardiologischen Statuserhebung, bestehend aus einer körperlichen Untersuchung, Ruhe-EKG, einem Belastungs-EKG an der Kettstufe nach Klopzig und Kalinbach, einem Bandspeicher-EKG sowie einer Echo-

Tab. 1 Diagnosen, Ruhebefunde sowie Ergebnisse der dynamischen Streßechokardiographie bei den Patienten mit Zust. n. Klappenersatz (AKE, MKE = Aorten-, Mitralklappenersatz, TR= Trikuspidalraffung). Die Spalte „pOP“ gibt an, wieviel Jahre nach der Operation der Feldtest durchgeführt wurde, LV beschreibt den linksventrikulären enddiastolischen Durchmesser (cm) im Ruhe-Echo, EF die Ejektionsfraktion in Ruhe (n = normal)

Pat.	(J)	Diagnose	pOP (J)	EKG	LV	EF	Ruhe				Belastung					
							HF	HR	max. Grad	mittl. Grad	max. Watt	Watt x min	max. HF	max. RR	max. Grad	mittl. Grad
U	28	AKE SJM 27	5	SR	n	n	83	136/87	23	14	175	1250	145	175/83	48,5	28
GZ	42	switch-OP P→Ao. Alograft P	18	SR	n	n	61	107/85	4,2	2,5	200	1450	142	213/94	15	8
DR	29	AKE Carbomed 23	3	SR	n	n	68	115/92	27	14	175	1250	140	179/94	36	17
GG	50	AKE SJM 23 MKE SJM 29 TR (DeVegea)	1	AA	n	n	85	184/82	32	22	75	300	154	230/82	49	23
RL	56	AKE Carbomed 27 MKE Gemicarb 33	1	SR	8,3	n	76	107/82	24	13	150	1000	131	175/85	39	22
MS	65	AKE BS 28	10	SR	n	n	65	154/100	15	7	100	450	104	178/83	21	9
GG	58	SJM AKE-Conduit 29 ACVB-RCA Reimplantation LCA	7	SR	n	n	52	118/78	6	2,5	100	500	88	125/80	10	5

kardiographie wurde bei 29 tennisspielenden, chronisch Herzkranken (2 Frauen, 27 Männer) mit einem mittleren Alter von 53,5 Jahren (27-79 J.) und einer mittleren Belastbarkeit von 138 Watt (75-210 Watt) ein Feldtest durchgeführt.

17 Patienten litten an einer stabilen KHK (n = 2 diffuse KHK ohne durchgemachten Infarkt, n = 12 Zust. n. einem oder mehreren Myokardinfarkten, n = 7 Zust. n. wenigstens einer PTCA, n = 5 Zust. n. aortokoronarer Bypassoperation), 7 Patienten hatten sich 1-18 Jahre zuvor einem Klappenersatz (s. auch Tab. 1) unterzogen (n = 3 Zust. n. Aortenklappenersatz, n = 1 Zust. n. Doppelklappenersatz, n = 1 Zust. n. Doppelklappenersatz plus Trikuspidalraffung, n = 1 Zust. n. Ersatz der Aorta ascendens mit klappentragendem Conduit, n = 1 Zust. n. aorto-pulmonaler switch Operation mit Pulmonalklappenersatz) und zeigten keinerlei Klappendysfunktion, bei 2 Patienten war mehrere Jahre zuvor ein Vorhofseptumdefekt verschlossen worden, bei einem Patienten lag ein offenes Foramen ovale bei beginnender DCM vor, ein Patient litt an einer Sarkoidose mit diskreter kardialer Beteil-

igung, ein Patient an einer Aortenklappeninsuffizienz II. Grades.

Keiner der KHK-Patienten klagte unter üblicher antianginöser Medikation über eine belastungsabhängige Angina Pectoris. In der ausbelastenden Ergometrie zeigten 2 Patienten dieser Gruppe eine diskrete, stumme Ischämie, bei 4 Patienten konnten sowohl in der Ergometrie als auch im Bandpeicher-EKG ventrikuläre Rhythmusstörungen dokumentiert werden. Die mittlere EF betrug 54% (49-77%).

Die übrigen, nicht koronarkranken Patienten waren unter Belastung ebenfalls beschwerdefrei, 2 Patienten boten chronisches Vorhofflimmern. Bei den 5 Patienten dieser Gruppe, die darüber hinaus über gelegentliches Herzstolpern klagten, zeigten sich sowohl in der Ergometrie als auch im Bandpeicher-EKG überwiegend monotope VES, selten Couplets. Bei zum Teil veränderter Ruhe-EKG konnten in der ausbelastenden Kettstufenergometrie keine sicher pathologischen Enddiastoländerungen registriert werden. Abgesehen von einem Patienten nach Doppelklappenersatz mit geringer linksventrikulärer Dilatation (Tab. 1) wiesen alle Patienten ruhe-

echokardiographisch eine regelrechte LV-Funktion bei normal großen Ventrikeln auf.

Im Mittel spielten die 29 Patienten seit 21 Jahren (1,5-60 J.) Tennis, 26 von ihnen noch regelmäßig, davon 11 in Turniertennismannschaften, 3 hatten wegen der Herzkrankheit das Tennis aufgegeben. Für 15 der untersuchten Spieler nahm Tennis einen großen bis sehr großen, für 10 einen mittleren und für 4 einen kleinen bis sehr kleinen Stellenwert ein.

Zusätzlich zu der routinemäßigen Eingangsurteilung wurde bei den Patienten mit einer oder mehreren ersetzter bzw. operativ revidierter Herzklappen eine dynamische Streßechokardiographie auf dem Fahrradergometer in legender, halbstehtender Position durchgeführt. Die diesbezüglichen Ergebnisse in Ruhe und bei Ausbelastung zeigt Tabelle 1.

Als Einschlusskriterien für den Feldtest mußten die Patienten mit der Untersuchung einverstanden sein, Tennis bereits spielen können und an einer chronischen Herzkrankheit leiden. Als Ausschlusskriterien galten die üblichen Kontraindikationen zur körperlichen Aktivität wie z.B. Myokardinfarkt vor weniger als 3 Wochen, wirksame Aortenstenose, manifeste

Herzinsuffizienz, unbehandelte Hypertonie oder Fieber.

Methode zu Punkt 2 der Fragestellung

Da, wie oben ausgeführt, ein Kritikpunkt am Tennis darin besteht, daß es aufgrund seiner Spielregeln als schwer steuer- und dosierbar gilt, wurde versucht, modifizierte Spielregeln zu erarbeiten, welche die Anforderungen an die kardiale Leistungsfähigkeit herabsetzen und Variationen zulassen. Nachdem bei der Untersuchung einer anderen Gruppe (3) der Vorschlag, einen Satz auf 4 Gewinnspiele zu verkürzen, von den befragten Senioren rundweg abgelehnt worden war, wurde in Analogie zu den entwürdigenden Spielregeln beim Volleyball in Ambulanten Herzgruppen sowie in Anlehnung an bewährte Regeln des Rollstuhltennis (48) in einem Vorversuch zunächst der Effekt der Regel „Jeder Ball darf bis zu zweimal aufspringen“ auf die Länge der Ballwechsel und die Pausendauer untersucht.

Dabei zeigte sich, daß erstens die Ballwechsel deutlich länger und damit die Pausenzeiten pro Spielzeit kürzer wurden und zweitens die Akzeptanz dieser Regeländerung bei den Testspielern gering war, da der Spielcharakter zu sehr verändert worden war. Gleiches gilt für das aus dem Kinder- und Schulsport bekannte Kleinfeldtennis.

In weiteren Vorversuchen wurden dann 2 Spielformen (B und D, siehe unten) erarbeitet, die im Feldtest bezüglich ihrer Auswirkungen auf die Belastungsanforderungen des Tennisspiels sowie ihrer Effekte auf kardiologische Parameter im Vergleich zu 3 regulären Tennisvarianten (A, C, E) untersucht wurden.

Die untersuchten 5 Spielformen

Spielform A bestand in Einzelspielen mit einem Partner und 4 zur Verfügung gestellten Bällen, Spielform B im Einzelspiel mit einem Partner und lediglich einem Ball, C in einem Einzelmatch mit 4 Bällen, D in einem Einzelmatch mit einem Ball und E in einem Doppelmatch mit 4 Bällen.

Die übrigen Tennisregeln blieben unverändert. Das bedeutete z.B., daß in Spielform D der Aufschlagende nach einem Fehler beim ersten Aufschlag den gespielten Ball für seinen 2. Aufschlag zunächst einwaschen mußte,

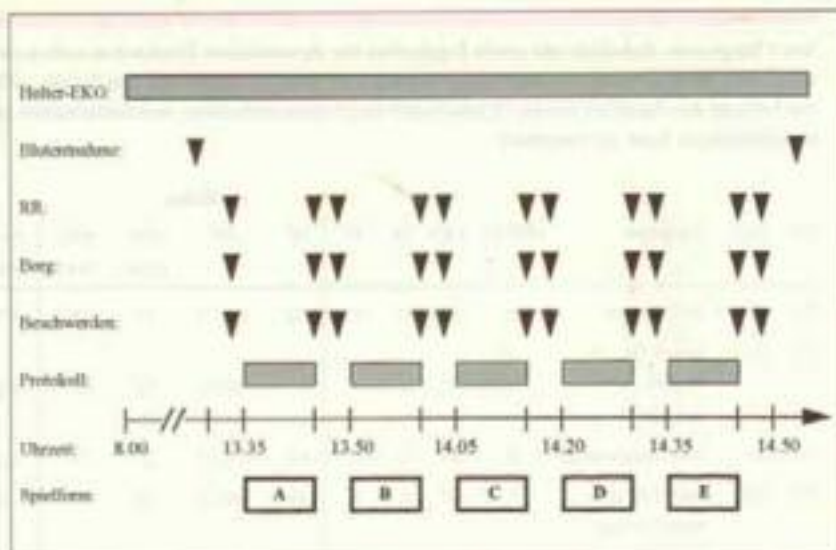


Abb. 1: Versuchsaufbau des Feldtests.

Feldtest

Der Feldtest (Abb. 1) dauerte rund 90 Minuten und fand für alle Patienten unter gleichen Bedingungen in einer Tennishalle auf Teppichboden statt. Jeder Patient spielte mit dem Partner seiner Wahl, in der Regel waren dies langjährige Tennispartner gleicher Spielstärke. War dies nicht möglich, wurde ein geeigneter Spielpartner gestellt.

Vor und nach dem Tennisspiel wurden Serumkalium und -magnesium sowie der Hämatokrit bestimmt. 6 Stunden vor sowie während dem Spiel wurde ein Holter-EKG angezeichnet, aus dem Herzfrequenz, Rhythmus und ST-Strecke analysiert wurden.

Vor und nach jeder der Spielformen A bis E wurde der Blutdruck gemessen, aktuelle Beschwerden sowie das momentane, subjektive Anstrengungsempfinden nach Borg abgefragt (die Borg-Skala ist eine Tabelle, mit deren Hilfe der Grad der subjektiven Anstrengung von „sehr, sehr leicht“ bis „sehr, sehr anstrengend“ in 15 vorgegebenen Stufen von 6 bis 20 angegeben werden kann).

Zwischen den jeweils 10minütigen Spieljahren wurde eine 5minütige Pause eingelegt, ein Seitenwechsel wurde nicht durchgeführt. Für jede der 5 Spielformen wurden die effektive Nettospielzeit, die Anzahl der Ballwechsel sowie die Anzahl der Ballkontakte pro Ballwechsel protokolliert und daraus die Parameter Pausendauer, Anzahl der Ballkontakte in 10 Minuten, Ballkontakte pro Ballwechsel

sowie die Ballkontakte pro Nettospielminute abgeleitet.

Ergebnisse

1. Analyse der 5 Spielformen (Tab. II)

Bei den Spielformen A und B kam es zu den längsten Nettospielzeiten und dementsprechend zu den kürzesten Spielpausen, bei den übrigen 3 Spielformen war die Nettospielzeit etwa halb so lang.

Die Schnelligkeit des Spiels war im Doppelmatch am höchsten, im Gegensatz zu den Spielformen A bis D mit 33,6–37,7 Ballkontakten/Nettospielminute und 22–33 Ballwechseln pro 10 Minuten zeigte sich beim Doppel mit 42,1 Ballkontakten/Nettospielminute und insgesamt 36 Ballwechseln in 10 Minuten das schnellste und intensivste Spiel, mitbedingt durch häufigeres Vollieren.

Es wird zudem deutlich, daß sich derjenige Parameter, welcher die Geschwindigkeit des Spiels am geeignetsten widerspiegelt, nämlich die Anzahl der Ballkontakte pro Nettospielminute, in den Spielformen mit nur einem Ball gegenüber den Spielformen mit 4 Bällen (B vs. A, D vs. C) verringert. Umgekehrt erhöht sich die mittlere Länge eines Ballwechsels gemessen in Ballkontakten/Ballwechsel bei den Spielformen mit einem Ball (B und D).

Die Match-Varianten zeigen im Vergleich zu den Einzelspielvarianten (C vs. A, D vs. B) eine

Tab. II Mittelwerte der protokollierten und abgeleiteten Parameter der 5 Spielformen A bis E (n = 29)

	A	B	C	D	E
	Üben	Üben	Match	Match	Match
	Einzel	Einzel	Einzel	Einzel	Doppel
	4 Bälle	1 Ball	4 Bälle	1 Ball	4 Bälle
Nettospielzeit (min, sec)	6'02"	5'50"	3'03"	2'54"	3'04"
Pausendauer (min, sec)	3'58"	4'02"	6'57"	7'06"	6'56"
Balkontakte in 10 min (n)	225	201	113	104	128
Ballwechsel in 10 min (n)	30	22	33	29	36
Balkontakte/Ballwechsel (n)	7,5	9,1	3,4	3,6	3,6
Balkontakte/Nettospielzeit (n)	37,4	33,6	37,7	35,1	42,1

deutlich geringere Anzahl an Balkkontakten, jedoch die größere Anzahl an Ballwechseln.

Absolut gesehen traten die meisten Balkkontakte in Spielform A auf, die Häufigkeit nahm von A nach D parallel zur Nettospielzeit kontinuierlich ab. Die wenigsten, dafür aber die längsten Ballwechsel wurden in Spielform B beobachtet.

Werden die Ergebnisse für Turnier- und Freizeitspieler getrennt betrachtet, so zeigt sich, daß die (technisch besseren) Turnierspieler eine deutlich längere Nettospielzeit, die größere Anzahl an Balkkontakten in 10 Minuten sowie eine längere mittlere Länge eines Ballwechsels während der Einschlag-Einheiten aufweisen. Bei den Match-Einheiten ist die Nettospielzeit und die mittlere Länge eines Ballwechsels der Freizeitspieler geringfügig höher als die der Turnierspieler, die früher „den Punkt machten“.

Insgesamt beurteilten sowohl die Turnier- als auch die Freizeitspieler die neue Regel, nur mit einem Ball zu spielen, als „interessant“ und „akzeptabel“.

2. Subjektives Anstrengungsempfinden (Abb. 2)

Die Belastungsphasen wurden von den 29 Patienten zwischen wenigstens Borg 9,4 („sehr leicht“), dem Doppelmatch, und höchstens Borg 13,4 („etwas anstrengend“), dem Einzelmatch mit 4 Bällen, bewertet. Die restlichen 3 Spielformen A, B und D wurden mit Borg 12,8, Borg 13,1 und Borg 13,2 in etwa gleich bewertet.

Dies galt sowohl für die Turnier- als auch für die Freizeitspieler. Letztere gaben in den Spielformen A-D im Vergleich zu den Turnierspielern höhere Borgwerte an, im Doppelmatch konnten sich die Turnierspieler stärker verausgaben (11,6 vs. 11,1).

Damit wurden alle 5 Belastungsphasen des Feldtests als weniger anstrengend empfunden als die ausbelastende Kettentufen-Ergometrie im Funktionslabor, die am Ende der 6minütigen Belastungsphase als „anstrengend“ (Borg 15) bis „sehr anstrengend“ (Borg 17) empfunden bzw. als die ausbelastende dynamische Strellechokardiographie der klappenoperierten Patienten, die auf der höchsten Belastungsstufe mit Borg 16-17 bewertet worden war.

Der mittlere Anstrengungsgrad am Ende der Pausenschwankte zwischen 9,4 und 10,4 und bot damit ein vergleichba-

res Ausgangsniveau für die nachfolgenden Belastungsphasen, lag im Mittel 10,0 jedoch etwas über dem Ruhe-Ausgangswert von 8,6 vor Beginn des Feldtests. Die Turnierspieler erholten sich in den 5minütigen Pausen rascher als die Freizeitspieler.

3. Systolischer Blutdruck

Von den nach *Riva Rocci* gemessenen Blutdruckwerten werden lediglich die systolischen Werte (Abb. 3) dargestellt.

In den Belastungsphasen stieg der systolische Blutdruck jeweils signifikant an, der absolut höchste Wert fand sich nach der anfänglichen Spielform A mit 160,6 mmHg. Die Blutdruckanstiege bei den übrigen Spielformen waren im zeitlichen Verlauf von B nach E zunehmend geringer ausgeprägt.

Ein Vergleich mit den Blutdruckwerten bei der Kettentufenergometrie ist nicht möglich, da dabei der Blutdruck nicht registriert wird.

Auch die Ruhe- bzw. Pausenmessungen zeigten im Verlauf des Feldtests von 143,1 auf 129,6 mmHg kontinuierlich abnehmende Werte.

Beim Vergleich der Turnier- mit den Freizeitspielern wiesen erstere sowohl in Ruhe als auch nach Belastung etwas höhere Blutdruckwerte auf.

4. Herzfrequenz (Abb. 4)

Im Gegensatz zum Blutdruck, der unmittelbar nach Belastung gemessen wurde, stellen die hier angegebenen Belastungs Herzfrequenzwerte die maximalen Werte während der Belastungsphasen, ermittelt aus dem Hoher-EKG, dar. Die Ruhewerte wurden im Anschluß an die Blutdruckmessung ausgezählt.

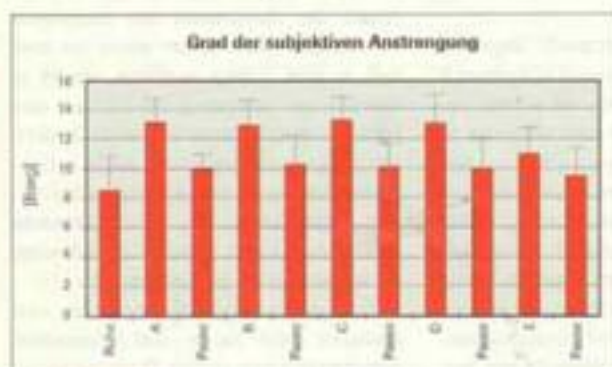


Abb. 2: Borg-Werte (n = 29)



Abb. 3: Systolischer Blutdruck (n = 29)

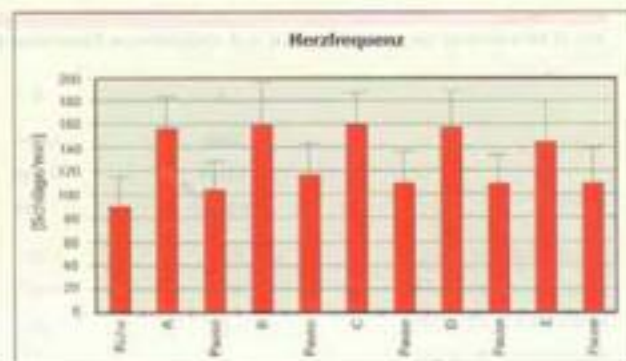


Abb. 4: Herzfrequenz (n = 29)

Vergleichbar den Borgwerten trat die höchste Belastungsherzfrequenz mit 159,9 in Spielform C, dem regulären Einzelmatch, auf, die niedrigste mit 146,7 im Doppelmatch. Bei den restlichen 3 Spielformen A, B und D stieg die Herzfrequenz auf 153–159.

Im Vergleich zur ausbelastenden Kletterstufen Ergometrie im Funktionslabor blieben die Herzfrequenzen im Feldtest unter denen im Labor.

Auch bei den Ruhe- und Pausenwerten zeigte sich ein dem subjektiven Anstrengungsempfinden identisches Herzfrequenzverhalten: Die Pausenwerte lagen mit 103,8–114,1 erg beieinander und höher als in Ruhe mit 88,9.

Abgesehen von Spielform A lag die Herzfrequenz der Turnierspieler bei allen übrigen Spielformen über derjenigen der Freizeitspieler, während sie in Ruhe und in den Pausen niedrigere Werte als die Freizeitspieler aufwiesen.

5. Rhythmusstörungen

Bei den 9 Patienten, bei denen in der Ausbelastungsergometrie ventrikuläre Rhythmusstörungen aufgetreten waren, zeigten gleichartige Ekzypen auch im Holter-EKG, sowohl im Alltag als auch während des Feldtests. Die beiden Patienten mit chronischem Vorhofflimmern waren konstant absolut arrhythmisch.

Ein vermehrtes Auftreten der Rhythmusstörungen im Match im Vergleich zum Bälle-schlagen konnte nicht beobachtet werden.

6. Ischämie

Weder im Alltag noch im Feldtest konnten signifikante Ischämien dokumentiert werden, auch nicht bei den beiden Probanden mit stummer Ischämie im Belastungs-EKG.

7. Subjektive Beschwerden

Ebensowenig wurde Angina pectoris geklagt, die Hälfte der Patienten gab Schwitzen, Durst und muskuläre Anstrengung an.

8. Laborparameter

Das Kalium fiel von 4,9 auf 4,2 mmol/l, das Magnesium von 0,78 auf 0,7 mmol/l, der Hämatokrit von 44,6 auf 42,3%.

Diskussion

Das angestrebte Ziel, das Anforderungsprofil des Tennis als einer schwer dosierbaren Sportart mit intervallartigen Belastungsreizen und nicht steuerbaren Belastungsspitzen (54) sowie hohen Ball- und Bewegungsgeschwindigkeiten (9) durch Änderung der Spielregeln in Richtung Ausdauerweize zu modifizieren, ohne den typischen Charakter des Spiels und damit die Akzeptanz einzubüßen, wurde durch die simple Maßnahme, den Spielern nur einen Ball zur Verfügung zu stellen, sowohl für die Spielform Bälle-schlagen als auch für die Spielform Match auf einfachere Art und Weise erfüllt.

Denn gleichsam „automatisch“ begannen ausnahmslos alle Spieler sowohl in Spielform B als auch in D den einen Ball – wie es heißt – zu „halten“, d.h. sicherer und damit langsamer zu spielen als in A und C, wo sie 4 Bälle zur Verfügung hatten. Dies äußert sich eindrucksvoll an der Zunahme der Balkkontakte pro Ballwechsel sowie der Abnahme der Balkkontakte pro Nettospielminute. Demgegenüber nahm die Nettospielzeit aber nicht zu, da der eine Ball nach jedem Ballwechsel gesammelt werden mußte, wodurch häufigere Pausen entstanden. Zudem hatte der jeweils andere Spiel-

er in dieser Zeit eine Verschnaufpause, da er keinen Ball „auflesen“ mußte. Aus diesem Grunde resultieren auch insgesamt weniger Ballwechsel in 10 Minuten.

Trotz dieser positiven Effekte ändert diese einfache Regel den Charakter des Tennispiels jedoch nicht und wird gut akzeptiert.

Der zweite Vergleich, Bälle-schlagen vs. Match (A vs. C und B vs. D), bestätigte frühere Spielzeitanalysen (61), wonach die Ballwechsel im Match um 50% kürzer werden, während die Anzahl der Ballwechsel leicht zunimmt und sich dadurch unter dem Strich die Pausendauer auf Kosten der halbierten Nettospielzeit verdoppelt. Die Geschwindigkeit der Ballwechsel, abzulesen an den Balkkontakten pro Nettospielminute, änderte sich hingegen nicht, was im Einklang mit dem oben Gesagten steht, da sich die Anzahl der im Spiel befindlichen Bälle nicht änderte.

Die spielspezifischen Ergebnisse des Doppelmatches müssen vor dem Hintergrund interpretiert werden, daß a) beim Doppel häufiger volliert wird, d.h. die Anzahl der Balkkontakte pro Nettospielminute höher sein muß und b) die protokollierten Balkkontakte die Anzahl der Balkkontakte pro Doppelpaar widerspiegeln, jeder Spieler jedoch nur etwa halb so viele Schläge ausführte, obwohl er während der Ballwechsel ständig „auf dem Sprung“ und schlagbereit sein mußte. Tatsächlich bestätigte die Auswertung, daß es im Doppel trotz niedrigerer Nettospielzeit zu den meisten Balkkontakten pro Nettospielminute kommt, das Doppel demnach die schnellste der untersuchten 5 Spielvarianten ist.

Die beschriebenen Effekte werden noch deutlicher, wenn Turnier- und Freizeitspieler getrennt betrachtet werden. Durch die besseren technischen Fertigkeiten kommen Turnier-

spieler beim Erschlagen auf höhere Nettospielzeiten, da ihnen keine „unforced errors“ unterlaufen, während sie im Match kürzere Netto-spielzeiten als die Freizeitspieler produzieren, da sie früher „den Punkt machen“. Am dargestellten, prinzipiellen Einfluß auf die Geschwindigkeit des Spiels durch Erläutern der Regel „Spielen mit einem Ball“ ändert aber auch die Unterscheidung in Turnier- und Freizeitspieler nichts.

Damit lassen sich die Unterschiede der untersuchten 5 Spielformen wie folgt beschreiben und tabellarisch zusammenfassen:

Beim Bälleschlagen kommt es zu einem höheren Ausdauerreiz, beim Match zu höheren Intervallreizen (Tab. III). Den intervallierten Intervallreiz bietet das Doppelmatch. Durch Wegnahme von 3 Bällen läßt sich die Ballgeschwindigkeit sowohl beim Bälleschlagen als auch beim Match verlangsamen und dadurch die jeweilige Ausdauerkomponente erhöhen.

In Abhängigkeit vom Ziel der sportlichen Aktivität kann bei der Beratung von gesunden und herz-/kreslaufkranken Tennisspielern auf diese prinzipiell unterschiedlichen Effekte der 3 Spielformen und beiden Spielregeln hingewiesen werden. Dabei ist zu beachten, daß die beschriebenen Anforderungsprofile umso ausgeprägter zum Tragen kommen, je besser das Tennisspiel technisch beherrscht wird, d. h., es sich um Freizeit- oder Turnierspieler handelt.

Spiegeln sich diese Anforderungsprofile A bis E aber auch in den subjektiven Angaben der Patienten und den objektiven Parametern wider?

Subjektiv am anstrengendsten wurde die Spielform mit der geringsten Anzahl an Ballkontakten pro Ballwechsel empfunden, das Einzelmatch mit 4 Bällen, wie es das erklärte Ziel des Spiels ist, möglichst schnell den Punkt zu machen. Dem entspricht auch die dabei gemessene höchste Herzfrequenz. Objektiv betrachtet stellte diese Spielform jedoch weder die höchste Anforderung an die Ausdauer (Nettospielzeiten in den Einschlag-Varianten doppelt so hoch) noch an die Geschwindigkeit des Spiels (Ballkontakte pro Nettospielminute beim Doppelmatch höher).

Das heißt, daß die psychische Komponente im Einzelmatch die objektiv höheren Anforderungen an die körperliche Leistungsfähigkeit in anderen Spielformen offensichtlich überdeckt und das Doppelmatch trotz hoher Spielge-

Tab. III Anforderungsprofil der 5 Spielformen

	Ausdauerreiz	Intervallreiz
A (Bälleschlagen 4 Bälle)	+++	++
B (Bälleschlagen 1 Ball)	++++	+
C (Einzelmatch 4 Bälle)	+	+++
D (Einzelmatch 1 Ball)	++	++
E (Doppelmatch 4 Bälle)	+	++++

schwindigkeiten als weniger anstrengend empfunden wird, wohl auch aus dem Grund, daß es zu Zweit gespielt wird.

Damit wird aber auch das „Vorurteil“ bestätigt, daß Tennis 1. im regulären Match (C, E) schwer steuer- und dosierbar ist und 2. hier die Sympathikusaktivität gesteigert ist, abzulesen an der hohen Herzfrequenz. Dabei unterscheiden sich die in der vorliegenden Untersuchung gemessenen Herzfrequenzen nicht von denen gesunder Aktiver und Senioren (54).

Eine Gefährdung durch zunehmende Ektopien konnte in dem untersuchten Kollektiv jedoch nicht gefunden werden, was im Einklang zu den Befunden von Fernan (55) steht, der lediglich bei 4 von 23 post-Myokardinfarkt-Patienten ventrikuläre Rhythmusstörungen beim Tennis dokumentieren konnte.

Diese Ergebnisse zeigen aber auch sehr eindrucksvoll den Nutzen der Borg-Skala als Parameter für den Grad der subjektiven Anstrengungsempfindung.

Ursprünglich wurden die Skalenwerte 6–20 von Borg und Linderholm den Herzfrequenzen 60–200 zugeordnet. Das parallel, wenn auch durch die Begleitmedikation sowie die Grunderkrankung etwas verschobene Herzfrequenzverhalten im untersuchten Kollektiv bestätigt, daß für das subjektive Anstrengungsempfinden weniger die objektive Leistungsanforderung als vielmehr die resultierende Herzfrequenz ausschlaggebend ist.

Der Vergleich der Blutdruckwerte am Ende der Belastung gestattet zwar die Beurteilung bezüglich der körperlichen Beanspruchung in der vorangegangenen Spielform, spiegelt aber – im Gegensatz zur methodisch anders erhobenen Herzfrequenz – nicht die maximalen Werte während des Spiels wider. Diese Werte liegen etwa 20 mmHg systolisch höher (55).

Das Verhalten des Blutdrucks zeigt im Gegensatz zu Herzfrequenz und Borgwerten keine Beziehung zum Anforderungsprofil der

einzelnen Spielformen, sondern die zu erwartende Reaktion auf eine 90minütige Ausdauer- und Intervallbelastung. Mit zunehmender Dauer des Feldtests nehmen sowohl die Belastungs- als auch die Pausenblutdruckwerte allmählich ab, erklärbar durch die stetige Abnahme des peripheren Widerstandes aufgrund der sich aufsummierenden Beanspruchung der Skelettmuskulatur. Daß diese kontinuierliche Blutdruckabnahme nicht Folge einer Reduktion des Plasmavolumens ist, was bei Abbruch des Tennisspielens wegen Erschöpfung beschrieben wurde (54), belegen die Laborparameter.

Die zu erwartende Abnahme von Kalium und Magnesium (23) muß zum einen zwar als Folge des Elektrolytverlustes mit dem Schweiß (1) angesehen werden. Gleichzeitig kommt es jedoch zu einer Hämolyse durch Flüssigkeitsubstitution, was sich in der Abnahme des Hämokrit widerspiegelt.

Beweisend für diese Interpretation, daß die allmähliche Abnahme der Blutdruckwerte mit der Dauer des Feldtests nicht auf die Anforderungen der Spielformen A bis E zurückzuführen ist, wäre ein Feldtest, der dasselbe Ergebnis bei umgekehrter Reihenfolge E – D – C – B – A zeigt.

Im Vergleich zur Kettstufenergometrie im Funktionslabor kamen im Feldtest weder die Turnier-, noch die Freizeitspieler an ihre Leistungsgrenze heran, was im Einklang mit den Befunden von Weber (61) steht, der bei (gesunden) Freizeit- und Turniertennisspielern innerhalb der Gesamtspielzeit eines Tennistrainings oder -matches eine Belastungsintensität von 50–60% der maximalen Kreislaufleistungsfähigkeit fand.

Das bedeutet, daß eine ausbelastende Ergometrie im Funktionslabor ausreicht, um bei Koronarkranken die Belastungshämodynamik und ggfls. das Auftreten einer tachämie oder Ektopie vorauszusagen.

Sind jedoch ischämien und/oder Rhythmusstörungen unter Belastung zu erwarten, so kann die allgemeine Empfehlung ausgesprochen werden, daß die Patienten vom Match auf das Bälleschlagen (37) und/oder, wie es die vorliegende Studie gezeigt hat, vom Spiel mit 4 Bällen auf das Spiel mit 1 Ball ausweichen sollten. Eine konkrete, individuelle Beratung erfolgt in diesen Fällen jedoch am sichersten mittels der Ergebnisse eines Feldtests nach dem hier beschriebenen Muster.

Bei dieser individuellen Beratung müssen zudem allgemeine Aspekte wie Klima, Aufwärmen und Stretching, Flüssigkeits- und ggfs. Elektrolytsubstitution (22), Sonnen- und Ozonschutz (7), eine geeignete Ausrüstung einschli. Schuhwerk (25) etc. sowie individuelle Besonderheiten wie die technischen Fertigkeiten in Betracht gezogen werden.

Aus rehabilitationswissenschaftlicher Sicht muß Koronarkranken schließlich eher das Bälleschlagen als das Matchspielen empfohlen werden, da die Lipolyse bei bewegungsbetontem Training intensiver angeregt und damit das Lipidprofil stärker beeinflußt wird (8) als beim intervallbetonten Match.

Wie steht es aber mit den individuellen Besonderheiten der Vitienpatienten, insbesondere derer nach Aortenklappenersatz?

Im Vergleich zu den KHK-Patienten strengten sich die Herzfehlerpatienten etwas einen Borg-Wert mehr an, gut erklärbar durch die im Mittel um rund 15 Watt bessere Belastbarkeit dieser Gruppe. Parallel dazu waren auch die Herzfrequenz- sowie die Blutdruckwerte bei den Einzelvarianten höher als im Doppel. Im Vergleich zu den KHK-Patienten erreichten die Vitienpatienten jedoch absolut gesehen höhere Herzfrequenzen, erklärbar durch das im Mittel um 17 Jahre jüngere Kollektiv, da hier die maximale Herzfrequenz noch höher liegt. Im Gegensatz dazu konnten bei den KHK-Patienten höhere Blutdruckanstiege registriert werden, zum einen sicherlich verursacht durch das höhere Alter und die Gefäßerkrankung der KHK-Patienten, zum anderen aber auch bedingt durch die 7 Patienten mit Aortenklappenprothesen, deren Druckgradient über der Klappe in diesem Zusammenhang in Betracht gezogen werden muß.

Die Höhe des Druckgradienten in Ruhe und unter Belastung ist aber – neben der Klappen-dysfunktion im Sinne eines Lecks – für die

(myokardiale) Prognose nach Klappenersatz entscheidend. Derartige Klappeninsuffizienzen konnten im vorgestellten, klappenoperierten Kollektiv mittels Ruhe-Echokardiographie ausgeschlossen werden. Die Bestimmung der Fluß-, Gradienten-, Druck- und Volumendynamik unter Belastung gelingt jedoch nur mit der Strömoechokardiographie (10, 15, 35).

Sie bietet darüber hinaus die einzige Möglichkeit, den Druckgradienten über Herzklappen in vivo und nichtinvasiv in Ruhe sowie unter ansteigender Belastung bis zur Ausbelastung zu bestimmen, was wichtig ist, da Gradientenmessungen in vitro nicht mit in vivo-Befunden übereinstimmen (18). Die Strömoechokardiographie hat damit für Klappenpatienten dieselbe Bedeutung wie das einfache Belastungs-EKG für Koronarpatienten: Beide gestatten eine Aussage darüber, was bei maximaler Belastung tatsächlich am jeweils schwächsten Glied der Kette passiert.

Gleichzeitig gestattet die Untersuchung der Gradienten über einer Aortenklappenprothese bei Patienten mit normaler EF aber auch die Bestimmung der Schwelle, oberhalb der sich funktionell eine mittelgradige Stenosekomponente erstellt. Dies ist für die Beratung der Patienten im Hinblick auf die submaximale Alltags- und Freizeitaktivität von besonderer Bedeutung, da Dauerbelastungen oberhalb dieser Schwelle dazu führen, daß sich eine linksventrikuläre Hypertrophie entwickeln bzw. postoperativ nicht zurückbilden kann (16).

Als Zielparameter ist desbezüglich der mittlere Druckgradient der geeignetste (16), da der Spitzengradient im Gegensatz zum mittleren Gradienten vom Blutdruck und mehr noch über den Blutfluß von der Herzfrequenz abhängt. Liegt dieser mittl. Druckgradient bei Alltagsbelastungen unter der Schwelle von 30 mmHg, weisen die Patienten geringere Myokarddicken auf als im Vergleich zu Patienten mit mittleren Gradienten über 30 mmHg (16).

Dieser mittlere Druckgradient über Aortenklappenprothesen hängt aber neben dem Durchmesser der implantierten Klappe (16) über die effektive Klappenöffnungsfläche entscheidend auch vom Klappentyp ab. So besteht nach Horstkotte (18) bei verschiedenen Klappentypen gleicher Ringgröße eine fast lineare Beziehung zwischen effektiver Klappenöffnungsfläche und Gradient, wobei moderne Doppelflügelprothesen wie die SJM- oder die Duromedics-Klappe in vitro niedrigeren

Gradienten als Kippflügelprothesen wie die Björk-Shiley Klappe und als gestützte Bioprothesen (17, 56) aufweisen. Neuere gerütfreie Bioklappen sind hämodynamisch wiederum günstiger als gestützte Bioklappen (36). Auch weisen Bioprothesen geringere Insuffizienzwerte als mechanische Prothesen auf, was jedoch, solange sie nicht degenerieren, eher für den Langzeitverlauf als für die akute körperliche Belastung von Bedeutung ist.

Von den 7 untersuchten Patienten mit Aortenklappenersatz hatte am Ende der Belastung – unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Belastungshöhe – den niedrigsten mittleren Gradienten der Patient mit der eigenen Pulmonalklappe in Aortenposition bei Zust. n. Switch-OP, gefolgt von den beiden Patienten mit den größten, den 29er Klappen. Den relativ höchsten Wert zeigte der Patient mit Doppelklappenersatz und der kleinsten Aortenklappe. Keiner der Patienten überschritt jedoch den empfohlenen Grenzwert von 30 mmHg. Das heißt, daß allen untersuchten Patienten nach Aortenklappenersatz das Tennispiel ohne Einschränkungen gestattet werden kann.

Im Gegensatz zur Aortenklappe hängt nach Lang (32) der mittlere Druckgradient über der Mitrals weniger von der Ringgröße, sondern eher von der Herzfrequenz ab. Als mittlerer Druckgradient, der bei diesen Patienten bei Alltagsbelastungen nicht überschritten werden sollte, um einen pathologischen Druckanstieg in der Pulmonalarterie zu vermeiden, gibt die Arbeitsgruppe um Haug (32) 10 mmHg an. Diese Werte sollen unabhängig von der Klappenringgröße oberhalb einer Herzfrequenz von 105/min erreicht werden (32). Denn bis zu einem Herzfrequenzanstieg von etwa 100 werden Systole und Diastole gleichmaßen verkürzt, oberhalb von 100/min erfolgt die Verkürzung vorwiegend zu Lasten der Diastole. Der hieraus resultierende rasche Einstrom in den linken Ventrikel führt zu der weiteren Zunahme des Druckgradienten (45).

Bei Patienten mit Doppelklappenersatz oder Mehrklappeneingriff wird die pathophysiologische Situation unter Belastung komplex. Hier ist besonderes Augenmerk auf die Gradientendynamik über der Mitralklappe zu legen (32), da diese sich im Niederdrucksystem besonders auswirkt (45).

Von den vorgestellten Klappenpatienten gehörten zwei zu dieser Untergruppe. Beide stiegen mit der Herzfrequenz über 105/min an, blieben mit den mittleren Druckgradienten

über der Aortenprothese jedoch < 30 mmHg, bei adäquatem bzw. überschießendem systemischen Blutdruckanstieg als Ausdruck einer ungestörten kardialen Reaktion unter Belastung. Die Gradientendynamik über der Mitralklappe wurde bei diesen Patienten nicht direkt bestimmt, da aus technischen Gründen eine gleichzeitige Bestimmung der Gradienten über der Aorten- und Mitralklappe schwierig ist. In Zweifelsfällen sollte eine Zweite-Streßechokardiographie die notwendigen Daten komplettieren.

Bei Patienten mit reduzierter Ventrikelfunktion gelten diese Ausführungen über die Gradientendynamik nur mit Einschränkungen, da bei diesen Patienten das geschädigte Myokard das limitierende Element darstellt und je nach Schädigungsgrad keine mit der Belastung ansteigenden Gradienten mehr aufzubauen in der Lage ist. In diesen Fällen ist neben der Radionuklidventrikulographie auch die Streßechokardiographie in Ruhe und unter Belastung in der Lage, die unter Belastung mit einem in-adäquaten Anstieg der EF magernden Patienten zu identifizieren [10, 35].

Neben der Gradientendynamik, der myokardialen Funktion und Herzrhythmusstörungen ist für die Beurteilung der Belastbarkeit schließlich noch der Lungengefäßwiderstand von Bedeutung [45, 63].

Eine sich postoperativ nur ganz allmählich zurückbildende pulmonale Hypertonie findet sich vor allem bei Mitralfehler-, seltener bei Aortenklappenfehlerpatienten. Hat sich der Pulmonaldruck auch 12 Monate nach Klappenersatz nicht gebessert, ist von einer fixierten pulmonalen Hypertonie auszugehen, was nach Horstkotte [20] bei einer präoperativen Erhöhung des pulmonalvaskulären Widerstandes von > 400 dyn/sec \times cm⁵ zu erwarten ist. Im vorgestellten Kollektiv zeigte der ebenfalls arrhythmische Patient mit Doppelklappenersatz bei langer Vorerkrankung eine fortbestehende pulmonale Hypertonie, was seine Leistungsfähigkeit einschränkte. Die übrigen Patienten wiesen eine normale Kreislaufdynamik auf.

Die übrigen untersuchten Patienten waren nach der kardologischen Eingangserhebung und Funktionsdiagnostik als normal leistungsfähig eingestuft worden und boten auch im Feldtest keine Auffälligkeiten. Damit kann auch dieser Gruppe das Tennisspiel ohne Einschränkungen gestattet werden.

Lediglich bei pulmonalen Begleiterkrankun-

gen oder bei schwer schaltbaren Patienten empfiehlt sich eine Ergospirometrie, da damit begleitende pulmonale Störungen am besten erfüllt werden können [12]. Auf eine Er-schwerenkatheteruntersuchung kann unserer Meinung nach heutzutage verzichtet werden, zumal sie gerade bei den Klappenpatienten mit einem gewissen Endokardrisiko verbunden ist.

Schlußfolgerung

Tennis, insbesondere die ausdauerbetonten Spielformen, kann auch in der Rehabilitation gut leistungsfähiger Herzkranker empfohlen werden. Bei asymptomatischen Koronarpatienten ist zur Abschätzung des kardialen Risikos die übliche kardologische Funktionsdiagnostik ausreichend. Bei Klappenpatienten sollte eine Streßechokardiographie zur Bestimmung der Gradientendynamik unter Belastung durchgeführt werden, um konkrete, individuelle Empfehlungen für die Trainingsintensität abgeben zu können. Symptomatische Patienten sollten einem Feldtest nach dem vorgestellten Muster unterzogen werden, um die individuellen Besonderheiten klären.

Die neue Regel, mit einem statt mit 4 Bällen zu spielen, senkt die Anforderung an die kardiale Leistungsfähigkeit, erhöht den Ausdauerreiz sowohl beim Bälleschlagen wie im Match und wird gut akzeptiert.

Danksagung

Diese Studie wurde unterstützt durch die ITTC Palmengarten GmbH, Frankfurt am Main. Dank gebührt auch J. Bredelbeck und seinem Team.

Literatur

- Becker, M.: Herz-/Kreislauf- und Stoffwechselbelastungen von jugendlichen Tennispielern unter Trainings- und Laborbedingungen. Promotionschrift, AMG-Universität, Frankfurt am Main (1990)
- Borer, J. S., Herold, E. M., Hochreiter, C., Roman, M., Supino, P., Devereux, R. B., Klöflein, P., Nawaz, H., Chlouverakis, G.: Natural history of left ventricular performance at rest and during exercise after aortic valve replacement for aortic regurgitation. *Circulation* 94 (Suppl. III), 133-139 (1991)
- Böhler, M., Starzmann, H.: Untersuchungen zum Senkrecht-Wirkungsplanen. *Tennis Sport* 1, 7-10 (1991)
- Carstens, V., Jansen, W., Behrenbeck, D. W.: Die Änderung der körperlichen Belastbarkeit und Hämody-

namik nach Herzklappenoperation. *Therapiewoche* 30, 2398-2404 (1989)

- Cheng, T. O.: Improvement in cardiopulmonary function in mitral stenosis after percutaneous balloon mitral valvuloplasty. *Chest* 100, 295-299 (1991)
- Deutsche Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie: Erhebung über die Anzahl der Operationen am offenen Herzen in Deutschland 1996. *Personliche Mitteilung* (1997)
- Deutscher Tennisbund: *Grundanleitung für Tennisspieler*. Kapitel 5, 78-79 (1994)
- Ferrault, A., Weber, K.: Reaktionen und Adaptationen von Fettstoffwechsel und Lipoproteinprofil im Freizeit-Tennis. *Deutsch. Zeitsch. Sportmed.* 42, 49-52 (1996)
- Ferrault, A., Prudel, G., Weber, K., Rost, R.: Beanspruchungsprofil von Golf und Tennis aus gesundheitlicher Sicht. *Deutsch. Zeitsch. Sportmed.* 48, 263-269 (1997)
- Fischkamp, F. A., Lathen, H.: Streß-Echokardiographie. Versuch einer Standardbestimmung. *De. Ärztsblatt* 94, A-523-529 (1997)
- Franke, I.: *Genueine Herzhfehler im Erwachsenenalter*. *De. Ärztsblatt* 94, B-1652 (1997)
- Fritsch, J., Wirtler, U. J., Kaemmerer, H., Hilger, H. H.: Kardiorespiratorische Leistungsfähigkeit bei Patienten mit angeborenen Herzfehlern im Kindes-, Adoleszenten- und Erwachsenenalter. *Z. Kardiol.* 83 (Suppl. 3), 131-139 (1994)
- Goertzen, M., Stankiewicz, B., Schultz, K.-P.: Leistungsprofil von Seniorensportlern in den Rackettsportarten Squash und Tennis. *Deutsch. Zeitsch. Sportmed.* 43, 96-102 (1992)
- Höfhuber, C.: *Leben mit der neuen Herzklappe*. Thieme Verlag, Stuttgart-New York 1994
- Haug, G.: *Stress-Echokardiographie. Praktischer Leitfaden für die Klinik, Praxis, Rehabilitation und Sportmedizin*. Steinkopff Verlag, Darmstadt (2. Aufl.) 1997
- Haug, G., Lang, G., Berghoff, A.: Exercise capacity after aortic valve replacement as a challenge in cardiac rehabilitation: dynamic stress doppler echocardiographic approach using individual transprosthetic gradient dynamics. *8th World Congress of Cardiac Rehabilitation*, Buenos Aires (1996)
- Holiger, R., Lambertz, H., Minale, C., Müller-Meyer, C.: Bioklappe versus mechanische Herzklappe: ein hydrodynamischer Vergleich von Prototypen gleicher Größe. *Herz/Kreisl.* 20, 43-53 (1988)
- Horstkotte, D., Haerten, K., Schulte, H. D., Seipel, L., Krian, A., Loogen, F.: Hämodynamische Ruhe- und Belastungsuntersuchungen nach Implantation verschiedener Mitralklappenprothesen mit gleichem Außendurchmesser. *Z. Kardiol.* 72, 885-893 (1983)
- Horstkotte, D., Schulte, H. D., Birck, W., Strauer,

- B. E.: Prognose, Komplikationen und Funktionsbeurteilung nach Herzklappenersatz. *Internist* 30, 517-518 (1990)
- 20 Horstkotte, D., Niehues, R., Schulte, H. D., Strauer, B. E.: Belastbarkeit nach Herzklappenersatz. *Z. Kardiol.* 83 (Suppl.2), 111-120 (1994)
- 21 Keul, J.: Anforderungen und Adaptationen des Herz-Kreislaufsystems im Tennis. *Dtsch. Zschr. Sportmed.* 45, 129 (1992)
- 22 Keul, J., Berg, A., Stockhausen, W., Jakob, E.: Tennis. Physiologische Grundlagen, aktuelle Bewertung, leistungsfördernde Maßnahmen. *Dtsch. Zschr. Sportmed.* 43, 220-227 (1992)
- 23 Kindermann, W., Schnabel, A., Schmitt, W. M., Pöfhofer, K., Biru, G., Lehmann, M.: Verhalten von Herzfrequenz und Metabolismus beim Tennis und Squash. *Dtsch. Zschr. Sportmed.* 32, 229-238 (1991)
- 24 Kofath, E., Schwitz, A.: Abstüppbewegungen in den Sportspielen aus biomechanischer Sicht. *Dtsch. Zschr. Sportmed.* 42, 149-155 (1991)
- 25 Konwain, H., Zimbl, W., Pickl, H., Refior, H. J.: Der ideale Tennisschuh. *Dtsch. Zschr. Sportmed.* 43, 226-228 (1992)
- 26 Kraus, F., Goppel, L., Dacian, S., Uhm, K., Rudolph, W.: Präoperative Ventilfunktions- und postoperative Belastungsphänozytome bei Patienten mit Aorten- und Mitralklappen Herz 6, 310-324 (1991)
- 27 Kraus, F., Dacian, S., Rudolph, W.: Belastungsuntersuchungen bei valvulärer Herzkrankung und Herzklappenersatz. *Herz 7*, 144-155 (1992)
- 28 Kraus, F., Waldelich, H., Wieshammer, S., Seibold, H., Schmidt, A., Haene, W., Ahnefeld, F. W., Stauch, M., Hombach, V.: Die Rolle der Endschwemmkatheteruntersuchung bei Mitralklappen- und Aortenklappen HerzKreisl. 22, 28-42 (1990)
- 29 Kreuzer, H., Bith, A., Seipel, L.: Die Belastbarkeit von Patienten mit angeborenen und erworbenen Herzerkrankungen nach der Operation. *Verh. Dtsch. Ges. Kreisf. Forsch.* 32, 122-131 (1971)
- 30 Künzlinger, U.: Tennis im Seniorenbereich - grundsätzliche Aspekte. *Dtsch. Zschr. Sportmed.* 45, 160 (1994)
- 31 Kuplet, A., Krüger-Franke, M., Klier, Th., Rosemeyer, B.: Shoulder pain in tennis players. In Kuhl, H., Pieper, H.-G., Kibler, W. B., Renström, P. A. (eds.): *Tennis: Sports Medicine and Science*. Rau Verlag, Düsseldorf 1995, S. 72-75
- 32 Ling, G., Hsiao, G., Berghoff, A.: Exercise capacity after mitral valve replacement as a challenge in cardiac rehabilitation - dynamic stress doppler echocardiographic approach using individual transpericardial gradient dynamics. 6th World Congress of Cardiac Rehabilitation Buenos Aires (1996)
- 33 Lehmann, R. C., Hast, J. V., Craig, R.: Postoperative dysfunction in tennis players - a dynamic problem. In Kuhl, H., Pieper, H.-G., Kibler, W. B., Renström, P. A. (eds.): *Tennis: Sports Medicine and Science*. Rau Verlag, Düsseldorf 1995, S. 125-131
- 34 Nirschl, R. P.: Tennis elbow tendinosis: pathophysiology and non-operative treatment. In Kuhl, H., Pieper, H.-G., Kibler, W. B., Renström, P. A. (eds.): *Tennis: Sports Medicine and Science*. Rau Verlag, Düsseldorf 1995, S. 110-113
- 35 Nixdorf, U., Mohr-Kahaly, S., Wägnert, S., Meyer, J.: Klinischer Stellenwert der Strahlendekardigraphie. *De. Ärztezt.* 94, A-1723-1726 (1997)
- 36 O'Connor, G. T., Boring, J., Yusuf, S., Goldhaber, S., Olmstead, E., Paffenbarger, R., Hennekens, C.: An overview of randomized trials of rehabilitation with exercise after myocardial infarction. *Circulation* 80, 234-244 (1989)
- 37 Paffenbarger, R., Wing, A., Hyde, R.: Physical activity as an index of heart attack risk in college alumni. *Am. J. Epidemiol.* 108, 161-171 (1978)
- 38 Parzeller, M., Raschka, C.: Death in Sports: Comparison between Tennis, Table-Tennis, Badminton and Squash. In Kuhl, H., Pieper, H.-G., Kibler, W. B., Renström, P. A. (eds.): *Tennis: Sports Medicine and Science*. Rau Verlag, Düsseldorf 1995, S. 246-251
- 39 Parzeller, M., Raschka, C.: Kardiovaskuläre Todesfälle, Inzidenz und altersspezifischer Risiko des plötzlichen und unerwarteten Todes anhand einer Mortalitätsstudie (1991-1994). *Internist* 30, 2052-2052 (1997)
- 40 Powell, K. E., Thompson, P., Caspersen, C., Kendrick, J.: Physical activity and the incidence of coronary heart disease. *Ann. Rev. Public Health* 6, 253-287 (1987)
- 41 Refior, H. J.: Tennis - Prävention mit Nebenwirkungen. *Dtsch. Zschr. Sportmed.* 43, 95 (1992)
- 42 Refior, H. J., Zimbl, W., Konwain, H., Jessel, C.: Rotator cuff injuries in competitive tennis players. In Kuhl, H., Pieper, H.-G., Kibler, W. B., Renström, P. A. (eds.): *Tennis: Sports Medicine and Science*. Rau Verlag, Düsseldorf 1995, S. 90-91
- 43 Renström, P.: Achilles tendon problems in tennis players. In Kuhl, H., Pieper, H.-G., Kibler, W. B., Renström, P. A. (eds.): *Tennis: Sports Medicine and Science*. Rau Verlag, Düsseldorf 1995, S. 126-130
- 44 Rost, R.: Sport- und Bewegungsergonomie bei inneren Krankheiten. *Deutscher Ärzte Verlag* Köln 1995, S. 93
- 45 Schmidt, J.: Belastbarkeit und sozialmedizinische Beurteilung nach Mitralklappen- und Aortenklappenersatz. *Med. Sport* 91, 112-115 (1990)
- 46 Schmidt, J., Klein, G.: Rehabilitation nach Herzklappenersatz. *HerzKreisl.* 28, 207-212 (1997)
- 47 Schwann, U.: Sport nach Herzklappenersatz. *Die Herzkranke* 5, 7-9 (1997)
- 48 Schwahn, U.: Tennis für Rollstuhlfahrer. *Karl Verlag* (1998)
- 49 Segesser, B.: Foot injuries in tennis. In Kuhl, H., Pieper, H.-G., Kibler, W. B., Renström, P. A. (eds.): *Tennis: Sports Medicine and Science*. Rau Verlag, Düsseldorf 1995, S. 157-167
- 50 Simonson, C.A., Higginbotham, M. B., Cobb, F. R.: The ventilatory threshold: Quantitative analysis of reproducibility and relation to arterial lactate concentration in normal subjects and in patients with chronic congestive heart failure. *Am. J. Cardiol.* 62, 100-107 (1988)
- 51 Sklarz, M.: Stellung und Bedeutung von Senioren und Seniorinnen im Breitensport. In Hübner, N., Müller, K., Funhoff, H. (Hrsg.): *Tennis im höheren Lebensalter aus interdisziplinärer Sicht*. Schwabe Verlag, Hamburg 1995, S. 169-174
- 52 Seewczyk, J. T.: Eine Übersicht zur Entstehung des sogenannten Tenniselbendgelenks bei Tennispielern. *Dtsch. Zschr. Sportmed.* 42, 104-117 (1992)
- 53 Therman, H.: Ankle injuries in tennis. In Kuhl, H., Pieper, H.-G., Kibler, W. B., Renström, P. A. (eds.): *Tennis: Sports Medicine and Science*. Rau Verlag, Düsseldorf 1995, S. 131-136
- 54 Thomsen, C.: Hormonal and metabolic changes during a strenuous tennis match. Effect of aging. *Int. J. Sport Med.* 12, 10-16 (1991)
- 55 Tiemann, B., Feldhoff, A., Schukat, M., Landry, F., Jette, M., Zürnann, J., Blüchgen, G.: Ambulatory blood pressure and Holter-monitoring during tennis play in 23 post-myocardial infarction patients and 21 cardiac normals. *Eurp. Heart J.* 9 (Suppl. A), 367 (1988)
- 56 Wülker, T., Weigt, C., Folk, V., Dregeler, A., Schilling, L., Autschbach, R., Mohr, F. W.: Hat der Klappenopfer Einfluss auf die linksventrikuläre Remodelling nach Aortenklappenersatz? *Z. Kardiol.* 86 (Suppl. 2), 227 (1997)
- 57 Weber, K., Brinkowski, H., Lagerström, D., Rost, R., Hoffmann, W.: Tennis für Patienten mit Zustand nach Herzinfarkt. In Kindermann, W., Hart, W. (Hrsg.): *Sportmedizin für Breit- und Leistungssport*. Gröbbling Verlag (1991)
- 58 Weber, K.: Infarkt Patienten (I): Keine Sportart mit erhöhtem Pellitzuck. *Ärz. Praxis* 36, 368-370 (1986)
- 59 Weber, K.: Infarkt Patienten (II): Trainingsprogramm optimieren. *Ärz. Praxis* 36, 388-400 (1986)
- 60 Weber, K. T., Janicki, J. S., McEhry, P. A.: Cardio-pulmonary exercise testing in the evaluation of mitral and aortic valve incompetence. *Herz* 11, 88-95 (1982)
- 61 Weber, K.: Die Belastungsprüfung im Breitensport aus leistungsphysiologischer Sicht. In Kliewer, W., Zacher, J., Seif, S. (Hrsg.): *Tennis und*

Sportmedizin. Thieme Verlag, Stuttgart 1988, S. 23-29

62 Weber, K., Ferrauti, A., Strüdel, H. K.: Hämodynamische und metabolische Beanspruchung bei Sektoren-
tennispieler/innen: Nutzen oder Risiko? *Deutsch
Zeitschr. Sportmed.* 45 (Sonderheft), 521-529 (1994)

63 Winter, U. J., Sedlak, M. P., Gitt, A. K., Fritsch,
J., Deutsch, H. J., Berge, P. G., Hilger, P. G.,
Sörkamp, M., de Vries, E. R.: Kardipulmonale
Leistungsfähigkeit bei Patienten vor und nach
prothetischem Klappenersatz. *Z. Kardiol.* 83
(Suppl. 3), 121-129 (1994)

■ **Sonderdruckanforderungen/**

Request for reprints:

PD Dr. med. Th. Wendt
Reha-Klinik Wittenau
Zanderstr. 30-32
61221 Bad Nauheim