

F. Sommer<sup>1</sup>, D. König<sup>2</sup>, C. Bertram<sup>2</sup>, T. Klotz<sup>1</sup>, C. Graf<sup>3</sup>, U. Engelmann<sup>1</sup>

## Penile Perfusion und Fahrradsport

Gibt es Unterschiede in der penilen Durchblutung beim aufrechten Fahrradfahren gegenüber dem Fahren auf dem Liegefahrrad?

*Penile perfusion and cycling - Is there any difference in penile blood flow during cycling in an upright versus a reclining position?*

1 Klinik und Poliklinik für Urologie, 2 Klinik und Poliklinik für Orthopädie und  
3 Institut für Kreislaufforschung und Sportmedizin der Universität zu Köln

### Zusammenfassung

**Problemstellung:** Einige Fallbeispiele berichten von genitalem Taubheitsgefühl und erektiler Dysfunktion nach Radfahren. Die Kompression der perinealen Region während des Radfahrens scheint für diese Fälle verantwortlich zu sein.

**Methoden:** Bei 40 gesunden, männlichen Probanden ohne erektile Dysfunktion wurde der transkutane, penile Sauerstoffdruck (tpO<sub>2</sub>) an der Glans penis mittels einer transkutanen Messsonde erfasst. Die Messungen wurden vor, während und nach dem Radfahren in aufrechter und liegender Position in einer „cross over“-Studie durchgeführt.

**Ergebnisse:** Der mittlere, transkutane Sauerstoffdruck an der Glans penis betrug in einer aufrecht stehenden Position vor dem Radfahren 61,2 ± 8,3 mmHg. Er verringerte sich auf dem Sattel sitzend auf 17,8 ± 3,7 mmHg. Radfahren im Liegen (Liegefahrrad) ergab pO<sub>2</sub>-Werte von 60,4 ± 5,1 mmHg, also ähnlich den Werten die vor dem Training gemessen wurden.

**Diskussion:** Das Radfahren in einer liegenden Position, in welcher es zu keiner perinealen Kompression kommt, verursacht keine Veränderung im penilen Blutfluss während des Trainings. Somit sind häufige Änderungen der Sitzposition oder der Gebrauch eines Liegefahrrades sinnvoll, um gesundheitliche Risiken – wie beispielsweise die Reduktion der penilen Perfusion – zu verhindern.

**Schlüsselwörter:** penile Durchblutung, erektile Dysfunktion, Fahrradfahren

### Einleitung

In einigen Fallberichten sind genitale Taubheitsgefühle nach dem Radfahren beschrieben (6, 8, 15). Es wurde auch von erektiler Dysfunktion berichtet (5, 4, 23). Die perineale Kompression während des Radfahrens scheint für einige dieser Fälle verantwortlich zu sein. Angesichts der Popularität des Sports ist es überraschend, über wie wenig sexuelle Funktionsstörungen berichtet worden ist. Eine Umfrage im Großraum Köln (1,5 Mio. Einwohner) wurde bei 1786 Fahrradsportler, die in den örtlichen Vereinen organisiert waren, durchgeführt. Es zeigte sich, dass die Impotenzrate unter

### Summary

**Objective:** There have been several case reports of genital numbness and impotence after cycling. Perineal compression during bicycling appears to be responsible for these cases.

**Methods:** Transcutaneous penile oxygen pressure (tpO<sub>2</sub>) at the glans of the penis was measured, using a transcutaneous measurement device in forty healthy athletic men, who had no known sexual dysfunction. Data were obtained before, during and after cycling in an upright and a reclining position in a crossover study.

**Results:** The mean transcutaneous pO<sub>2</sub> at the glans in a standing position before biking was 61.2 ± 8.3 mmHg. It decreased after sitting on the saddle in an upright position to 17.8 ± 3.7 mmHg. Cycling in a reclining position resulted in pO<sub>2</sub>-levels of 60.4 ± 5.1 mmHg, a similar level to that obtained before exercising.

**Conclusions:** Cycling in a reclining position – in which no perineal compression was seen – caused no alteration in penile blood flow during exercise. Therefore we suggest frequent changes of body position or even cycling in a reclining position to avoid health hazards – such as decreased penile perfusion.

**Key words:** penile blood flow, impotence, cycling

Fahrradsportlern dreimal höher war, als die für die gleiche Altersklasse von Nicht-Fahrradsportlern (22).

Einige Autoren vermuten, dass der Fahrradsattel die Blutzufuhr zum Penis (4, 19) komprimiert. Der penile Blutfluss kann durch Spektroskopie (7), Dopplerultraschall (13), Impulsdatenträgeraufnahme (11) und den partiellen Sauerstoffdruck (pO<sub>2</sub>), der durch eine modifizierte Clarksauerstoff-Elektrode (19) gemessen wird, evaluiert werden.

Die Untersuchung sollte die Frage klären, ob es beim Radfahren einen Unterschied bezüglich des penilen Sauerstoffpartialdruckes in sitzender und liegender Position (Liegefahrrad) gibt.

## Material und Methoden

Es nahmen 40 sportliche männliche Probanden im Alter von  $32 \pm 5,1$  Jahren an der Studie teil. Diese Probanden trieben regelmäßigen Sport (mehr als 5 Stunden pro Woche). Fahrradfahren wurde von allen gelegentlich betrieben („Sonntagsfahrer“). Ausdrücklich waren Amateur- und Profiradfahrer die jährlich über 15.000 Kilometer fahren von dieser Studie ausgeschlossen. Alle möglichen Störfaktoren zur Evaluation des transkutanen penilen Sauerstoffdruckes sollten vermieden werden. Der mögliche Effekt einer längerfristigen perinealen Kompression bei Radfahrern, die diesen Sport exzessiv betreiben, sollte die Messung der penilen Perfusion nicht beeinflussen.

Alle Männer waren gesund und hatten keine bekannten sexuellen Funktionsstörungen. Die durchschnittliche Größe der Athleten war  $182 \pm 4,6$  cm, das durchschnittliche Gewicht betrug  $80,7 \pm 3,29$  kg. Der transkutane penile Sauerstoffdruck wurde mit einem Gerät (TCM3, TCC3 TC, Radiometer, Kopenhagen, Dänemark) bestehend aus einer modifizierten Clarksauerstoff-Elektrode, angebracht an der Glans penis, gemessen. Thermistor-kontrolliert wurde die Glans-Haut auf  $44^\circ\text{C}$  erwärmt. Während des gesamten Trainings erfolgte eine kontinuierliche Puls- und Blutdrucküberwachung (Dinamap<sup>TM</sup>, Vital Data Monitor 8100, Critikon).

Es wurden zwei Gruppen von je 20 Männern gebildet. Alle Männer wurden zuerst in aufrecht stehender Position über eine Zeitdauer von 15 Minuten gemessen, um die normalen  $tpO_2$ -Werte zu evaluieren. Danach fuhr die erste Gruppe in einer aufrecht sitzenden Position, die zweite Gruppe in einer liegenden Position (Liegefahrrad). Drei Wochen später fuhr die erste Gruppe in einer liegenden und die zweite Gruppe in einer aufrecht sitzenden Position (cross-over-Design). Nach 2-5 Minuten erreichten alle Probanden 70% ihres maximalen Trainingspulses. Auf diesem Niveau erfolgte eine weitere 30-minütige Belastung mit einer Toleranz der Pulsfrequenzänderung von  $\pm 5$  Schlägen/Minute.

Die statistische Analyse erfolgte unter Verwendung der Software Microsoft EXEL 5.0 und umfasste neben arithmetischem Mittel und Standardabweichung den t-Test für abhängige Stichproben aus normalverteilten Grundgesamtheiten mit unterschiedlichen Varianzen;  $p < 0,01$  wurde als signifikant gewertet.

## Ergebnisse

Der transkutane mittlere  $pO_2$  an der Glans penis in stehender Position vor dem Radfahren in aufrecht sitzender Position betrug  $60,5 \pm 8,1$  mmHg. Er verringerte sich in aufrecht sitzender Position auf dem Sattel auf  $17,9 \pm 3,9$  mmHg. Diese Abnahme des penilen Sauerstoffdruckes war signifikant ( $p < 0,05$ ). Weiteres Radfahren in aufrechter Sitzposition

zeigte  $pO_2$ -Werte von  $18,3 \pm 5,2$  mmHg. Ein normaler peniler Blutfluss wurde nach einer 15-minütigen Erholungsphase in stehender Position gemessen. Der transkutan gemessene mittlere  $pO_2$  an der Glans penis in stehender Position vor dem Radfahren auf dem Liegefahrrad betrug  $61,1 \pm 6,9$  mmHg. Nach 3 Minuten Radfahren in dieser Position betrug die  $pO_2$ -Werte  $58,8 \pm 3,7$  mmHg. Fortgesetztes Radfahren in dieser Haltung ergab  $pO_2$ -Werte von  $59,4 \pm 4,2$  mmHg. Nach Abschluss der Übung wurden  $pO_2$ -Werte von  $60,7 \pm 4,7$  mmHg gemessen, die ähnlich den Werten vor Beginn der Übung waren. Das Radfahren in einer aufrecht sitzenden Position verursachte eine Abnahme des penile Blutflusses um 70%. Das Radfahren in einer liegenden Position zeigte keine bedeutenden Änderungen im penilen Blutfluss (Abb. 1).

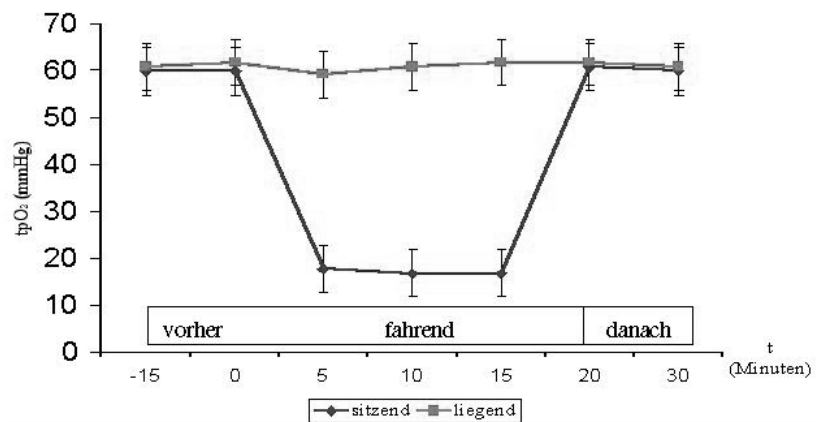


Abbildung 1: Die  $tpO_2$ -Mittelwerte in sitzender und liegender Position

## Diskussion

In dieser Studie wurde gezeigt, dass sich der penile Sauerstoffdruck während des Radfahrens in einer aufrechten Sitzposition erheblich ( $p < 0,05$ ) verringert. In diesem Zusammenhang ist die erhöhte Inzidenz der erektilen Dysfunktion bei Fahrradsportlern zu sehen (22).

Eine Erektion ist ein komplexer neurovaskulärer Vorgang, unter Beteiligung des sympathischen und parasympathischen Nervensystems und stickstoffvermittelter Mediatoren (2, 4). Die parasympathischen Impulse aus den Spinalnervenkernen S2 bis S4 werden über den sich im Becken befindlichen Nervenplexus zu den Corpora cavernosa übermittelt. Die sensiblen Äste des Nervus pudendus treten von dorsal in den perinealen Bereich ein, bevor sie die Corpora cavernosa und spongiosa (13) erreichen. Die sympathischen Impulse aus den Spinalnervenkernen von TH10 bis L2 werden über die hypogastrischen Nerven übertragen und sind verantwortlich für eine Detumeszenz (10). Eine neuere Untersuchung an 1786 Radfahrern zeigte, dass ein peniles Taubheitsgefühl als Ergebnis von Druck auf den proximalen Teil des Penis bei 64,3% der Amateurlangstreckenradfahrer auftrat. Die Häufigkeit des genitalen Taubheitsgefühls der Radfahrer hing mit der wöchentlichen Trainingstrecke zusammen. 83,4% der Radfahrer mit peniler Hypästhesie zeigten dieses Phänomen

nach mehr als 60 Minuten kontinuierlichen Radfahrens (22). Über eine erektile Dysfunktion wurde von 13,1% der Teilnehmer dieser Studie berichtet. Diese erektile Dysfunktion war häufig von längerer Dauer als ein Taubheitsgefühl nach Langstrecken-Radfahrwettbewerben (3). Eine Insuffizienz der arteriellen Gefäße ist eine andere mögliche pathophysiologische Ursache der erektile Dysfunktion von Radfahrern (1, 19). Die arterielle Durchblutung des Penis erfolgt über die A. pudenda, die durch den Alcock'schen Kanal zieht. Die arterielle Obstruktion muss beidseits vorliegen, um den intracavernösen Druck zu beeinflussen (1).

Die Hypothese eines Zusammenhanges zwischen kontinuierlichem, langanhaltendem Satteldruck und erektiler Dysfunktion ist nicht neu. Schon Hippocrates berichtete, dass viele reiche Scythen (ein nördlich des Schwarzen Meeres ansässiges Nomadenvolk) impotent waren. Die reichen Scythen verbrachten die meiste Zeit des Tages zu Pferd. Der permanente perineale Druck, dem sie auf ihren Pferden ausgesetzt waren, scheint wichtige Strukturen beschädigt zu haben, die für eine suffiziente Erektion verantwortlich sind. Die ärmeren Scythen konnten sich keine Pferde leisten und hatten folglich kaum Probleme mit erektiler Dysfunktion (9).

Tarhan und Mitarbeiter haben in ihrer Studie festgestellt, dass eine längerfristige Veränderung der Oxygenierung des Corpus cavernosum ein entscheidender Faktor für das Entstehen der erektilen Dysfunktion ist (27).

So hat der partielle Sauerstoffdruck im Corpus cavernosum erektionsunabhängig einen Einfluss auf die Gewebscompliance. Der Sauerstoffpartialdruck beeinflusst den Tonus der glatten Muskulatur und den Stoffwechsel (Metabolismus) des Bindegewebes (18).

Im gesunden Corpus cavernosum beträgt das Verhältnis glatte Muskulatur zu Bindegewebe etwa 50 : 50 (16). Alle Veränderungen in dieser Gewebszusammensetzung - sprich eine zunehmende Fibrosierung der Schwellkörper - führt zu einer Verminderung der Schwellkörpercompliance (18). Moreland und Mitarbeiter konnten nachweisen, dass in den Schwellkörpern zwei Gewebemediatoren existieren, die dieses Verhältnis beeinflussen. Es handelt sich um den Wachstumsfaktor Transforming Growth Faktor - $\beta$ 1 (TGF- $\beta$ 1) und Prostaglandin E1 (PGE1) (17). TGF- $\beta$ 1 ist ein Zytokin, welches bei niedrigem Sauerstoffpartialdruck synthetisiert wird (20). TGF $\beta$ 1 hemmt das Wachstum der glatten Muskelzellen und induziert die Synthese von Kollagen und Bindegewebe (12). Der Gegenspieler von TGF- $\beta$ 1 ist PGE1, ein Syntheseprodukt des Arachidonsäurezyklus, wofür ein relativ hoher Sauerstoffpartialdruck benötigt wird (28). Prostaglandin-E1 relaxiert die glatte Trabekularmuskulatur, hemmt die Kollagen- und Bindegewebssynthese und induziert die Kollagenase und den Matrixumbau.

Zusammenfassend kann man sagen, dass langfristige hypoxische Zustände im penilen Gewebe zu einer Verminderung der Gewebscompliance führen. Eine zunehmende Verminderung der Gewebscompliance führt zu einer erektilen Dysfunktion.

Die Resultate der vorliegenden Untersuchung zeigen, dass es bei einer Kompression der penilen Arterien gegen das Os

pubis durch den Sattel während des Radfahrens zu einem penilen  $pO_2$ -Wert-Abfall kommt. Zusätzlich wurde demonstriert, dass es beim Radfahren in einer liegenden Position zu keiner perinealen Kompression kommt. Die penile Blutoxygenierung während des Fahrens im Liegen war ähnlich den Werten, die vor dem Training gemessen wurden.

Steinacker und Spittelmeister haben für die Durchblutung am Finger schon 1988 gezeigt, dass man mit der transkutane Messung des  $pO_2$  über eine modifizierte Clark-Elektrode die Sauerstoffversorgung des Gewebes darstellen kann. Dieser lokale Wert hängt vom Sauerstoffverbrauch unter der Elektrode ab und ist bei konstantem arteriellen Sauerstoffdruck hyperbolisch in Abhängigkeit vom arteriellen Perfusionsdruck (25). Transkutane Messungen basieren auf der Tatsache, dass eine Erhöhung der Hauttemperatur eine Steigerung der Hautdurchblutung und des Sauerstoffpartialdruckes bewirkt und die Haut für die Gasdiffusion durchlässig macht. Die aus der Hyperthermie resultierende lokale Hyperämie führt zu einer Arterialisierung des Kapillarblutes, d.h. es steigt der  $pO_2$ -Wert auf annähernd das arterielle Niveau: Ein Unterschied wird jedoch fast immer bestehen bleiben, da die Haut ein lebendes Gewebe mit metabolischen Prozessen ist, bei denen Sauerstoff verbraucht und Kohlendioxid produziert wird. Optimale Untersuchungsbedingungen herrschen daher auf Hautregionen mit großer Kapillardichte und dünner Epidermis (26).

Voruntersuchungen am Penis haben gezeigt, dass Sauerstoffpartialdrücke während der Erektion, die mittels einer invasiven Methode (Punktion des Corpus cavernosum) bestimmt wurden, mit den Messungen der nicht-invasiven transkutanen penilen Sauerstoffpartialdrücke korrelieren (98%) (24). Der Vorteil der transkutanen Methode ist, dass sie mit invasiv erhobenen Werten korreliert und eine gute Möglichkeit bietet, die penile Sauerstoff- und Blutversorgung darzustellen. Da die Glans penis aus einer spongiösen Struktur mit einer sehr guten Durchblutung besteht, die von einem sehr dünnen nicht verhornenden Plattenepithel überzogen ist, sind auch die Bedingungen für eine transkutane Messung messtechnisch sehr gut.

Den Einfluss verschiedener Sattelformen auf die penile Durchblutung belegten Schwarzer et al. (21). In einer zusätzlichen Untersuchung wurden 4 unterschiedliche Sattelformen miteinander verglichen: ein schmaler stark gepolsterter Sitz, ein schmaler Sitz mit mittlerer Polsterung und ein V-förmiger Sattel („bodygeometrie“), ein breiter, ungepolsterter Ledersattel und ein speziell für Frauen konstruierter breiter Sattel mit mittlerer Polsterung und ohne Sattelspitze wurden verglichen. Es konnte gezeigt werden, dass der wichtigste Faktor zur Aufrechterhaltung der penilen Durchblutung die Breite des Sattels ist. Eine Verminderung der Durchblutung um 70% war messbar, wenn die Probanden mit einem schmalen stark gepolsterten Sattel fuhren, während es bei der Benutzung des breitesten Sattels (Frauensattel) nur zu einer Abnahme der Durchblutung um 22% kam (21).

In einer weiteren Untersuchung sollte festgestellt werden, ob beim Fahren in stehender Position, also ohne perineale

Kompression, keine Veränderung der penilen Durchblutung auftritt. Es war zu beobachten, dass ein Positionswechsel von sitzender in stehende Position, in der es nicht zu einer perinealen Kompression kommt, einen Anstieg der penilen Durchblutung nahezu auf die Ausgangswerte bewirkte (19).

Daraus lassen sich folgende Empfehlungen, die Änderungen des Radfahrstils bzw. der Sitzposition auf dem Sattel betreffen, ableiten:

- Der Sattel sollte horizontal eingestellt werden bzw. die Sattelspitze 1–3 Grad nach unten geneigt sein (8, 22).
- Die Beine sollten nicht völlig gestreckt sein, wenn sich die Pedale an der tiefsten Stelle befindet. Die Knie sollten noch etwas gebeugt sein, um das Gewicht des Radfahrers mit abzustützen.
- Alle 10 Minuten ist ein Positionswechsel anzustreben (in eine stehende Position), um den Blutfluss zum Penis aufrecht zu erhalten.
- Eine Reihe anatomisch geformter Rennsättel sind auf dem Markt, von solchen mit flexibler Sattelspitze bis hin zu Modellen mit einem Loch in der Mitte. Ein breiterer, stärker gepolsterter Sattel scheint eine weniger starke Abnahme des penilen Blutflusses zu verursachen (Frauensattel).
- Gewichtigere Radfahrer können ein höheres Risiko für eine Schädigung durch eine Kompression der arteriellen Blutzufuhr aufweisen. Solchen Sportlern wird empfohlen, einen breiteren Sattel mit Extrapolsterung zu verwenden.
- Beim Radfahren auf einem Ergometer sollten lange Phasen in sitzender Position vermieden werden. Das Radfahren auf dem Ergometer ist hinsichtlich der Sitzpositionseinstellung genauso zu handhaben wie das Fahren auf einem Straßenfahrrad.

Radfahren ist eine wichtige Form des Herz-Kreislauftrainings. Insgesamt gesehen überwiegt der positive Herzkreislaufeffekt. Es ist zu empfehlen, das Trainingsprogramm den oben beschriebenen Erkenntnissen entsprechend, individuell nach Kondition und Körpertyp, anzupassen. Es ist zu betonen, dass bei Männern, die nicht regelmäßig Fahrrad fahren, keine erhöhte Impotenzrate zu finden ist (22)! Das gesundheitliche Risiko für erektile Dysfunktion und ein peniles Taubheitsgefühl steht in direkter Beziehung zur jährlichen Trainingsstrecke. Männer, die mehr als 20.000 Kilometer im Jahr fuhren, hatten ein dreimal höheres Impotenz-Risiko als andere (22). Es wurde gezeigt, dass ein Wechsel von sitzender in eine stehende Position während des Radfahrens einen signifikanten Anstieg des Sauerstoffpartialdruckes im penilen Blut zur Folge hat (19). Sinnvoll sind häufige Änderungen der Körperposition während des Radfahrens. Ergänzend dazu ist eine Verminderung der perinealen Kompression durch eine effektive Sitzposition sicherzustellen, so dass noch ein Viertel des gesamten Körpergewichtes auf dem Sattel lastet. Ausgedehnte Ruhephasen während einer langen und anstrengenden Fahrradtour sind sinnvoll, um ein peniles Taubheitsgefühl und eine mögliche erektile Dysfunktion zu vermeiden. Sollte es trotz der obengenannten „Vorbeugemaßnahmen“ zu gesundheitlichen Einschränkungen im Genitalbereich kommen, empfehlen wir als Alternative die Benutzung eines Liegefahrrades, um die Risiken von peniler

Taubheit, Hypooxygenierung und einer Verminderung des penilen Blutflusses zu vermeiden.

#### Danksagung

Wir danken *Nicole Pfeifer* für ihre Mithilfe zur Erstellung des Manuskriptes.

#### Literatur

1. *Aboseif SR, Breza J, Orvis BR, Lue TF, Tanagho EA*: Erectile response to acute and chronic occlusion of the internal pudendal and penile arteries. *J Urol* 141 (1989) 398–402
2. *Anderson KE, Wagner G*: Physiology of penile erection. *Physiol Rev* 75 (1995) 191–236
3. *Anderson KV, Bovin G*: Impotence and nerve entrapment in long distance amateur cyclists. *Acta Neurol Scand* 95 (1997) 233–240
4. *Bloch W, Klotz T, Sedlacek P, Zumbé J, Engelmann U, Addicks K*: Evidence for the involvement of endothelial nitric oxide synthase from smooth muscle cells in erectile function of human corpus cavernosum. *Urol Res* 26 (1998) 129–136
5. *Desai KM, Gingell JC*: Hazards of long distance cycling. *B M J* 298 (1989) 1072–1073
6. *Gardiner KM*: More on bicycle neuropathies (letter). *N Engl J Med* 292 (1975) 1245
7. *Gaskell P*: The importance of penile blood pressure in cases of impotence. *Can Med Assoc J* 105 (1971) 1047–1051
8. *Goodson JD*: Pudendal neuritis from biking (letter). *N Engl J Med* 304 (1981) 365
9. *Hippocrates*: *Airs Waters Places*. Ch. XXI–XXII. In: *Hippocrates with an English translation by WHS Jones*. Vol. I. London. William Heinemann (1923) 125–131
10. *Jünemann KP, Persson-Jünemann C, Tanagho EA, Alken P*: Neurophysiology of penile erection. *Urol Res* 17 (1989) 213–217
11. *Kedia KR*: Vasculogenic impotence diagnosis and objective evaluation using quantitative segmental pulse volume recorder. *Br J Urol* 56 (1984) 516–520
12. *Lawrence R, Hartmann DJ, Sonensheim GE*: Transforming growth factor  $\beta$  stimulates type V collagen expression in bovine vascular smooth muscle cells. *J Biol Chem* 269 (1994) 9603–9609
13. *Lue TF, Hricak H, Marich KW*: Vasculogenic impotence evaluated by high-resolution ultrasonography and pulsed doppler spectrum analysis. *Radiology* 155 (1985) 777–781
14. *McDonald DI*: Is there life after genital numbness? *N Z Med J* 100 (1987) 465
15. *Mellion MB*: Common cycling injuries. Management and prevention. *Sports Med* 11 (1991) 52–70
16. *Mersdorf A, Goldsmith PC, Diederichs W, Padula CA, Lue TF, Fishman IJ, Tanagho EA*: Ultrastructural changes in impotent penile tissue: a comparison of 65 patients. *J Urol* 145 (1991) 749–785
17. *Moreland RB, Nehra A, Watkins M, Bostwick DG, Huang YH, Goldstein I, Saenz de Tejada I* (abstract): Autocrine regulation of collagen synthesis in human Corpus cavernosum: a PGE: TGF- $\beta$ 1 paradigm. *J Urol* 155 (1996) 679A
18. *Moreland RB*: Is there a role of hypoxemia in penile fibrosis? a viewpoint presented to the Society for the Study of Impotence. *Int J Impot Res* 10(2) (1998) 113–120
19. *Noyal W, Schwarzer U, Klotz T, Heidenreich A, Engelmann U*: Transcutaneous penile oxygen pressure during bicycling. *BJU Internat* 83 (1999) 623–625
20. *Nehra A, Nugent M, Pabby A, Azadzi K, Goldstein I, Moreland RB* (abstract): An in vivo model for transforming growth factor- $\beta$ 1 induced corporal fibrosis: implications for penile ischemia-associated fibrosis. *J Urol* 155 (1996) 622A
21. *Schwarzer U, Klotz T, Sommer F, Haupt G, Engelmann U* (abstract): Cycling and penile oxygen pressure: the type of saddle matters. *J Urol* 163 (4) (2000) 102
22. *Schwarzer U, Wiegand W, Bin-Saleh A, Lötzerich H, Kahrmann G, Klotz T, Engelmann U* (abstract): Genital numbness and impotence in long distance cyclists. *J Urol Suppl* 153 (1999)

23. *Solomon S, Cappa KG*: Impotence and bicycling. A seldom-reported connection. *Postgrad. Med.* 81 (1987) 99-102
24. *Sommer F, Caspers HP, Schwarzer U, Reddy P, Klotz T, Engelmann U* (abstract): The penile oxygen pressure during cycling. *BJU Internat* 85 (2000) 37P
25. *Steinacker JM, Spittlmeister W*: Dependence of transcutaneous O<sub>2</sub> partial pressure on cutaneous blood flow. *J Appl Physiol* 64(1) (1988) 21-25
26. *Takiwaki H, Nakanishi H, Shono Y, Arase S*: Influence of cutaneous factors on the transcutaneous pO<sub>2</sub> and pCO<sub>2</sub> at various body sites. *Br J Dermatol* 125(3) (1991) 243-247
27. *Tarhan F, Kuyumcuoglu U, Kolsuz A, Ozgul A, Canguven O*: Cavernous oxygen tension in the patients with erectile dysfunction. *Int J Impot Res (England)* Sep 9(3) (1997) 149-153
28. *Wilborn J, Crofford LJ, Burdick MD, Kunkel SL, Strieter RM, Peters-Golden M*: Cultured lung fibroblasts isolated from patients with idiopathic pulmonary fibrosis have a diminished capacity to synthesize prostaglandin E2 and to express cyclooxygenase-2. *J Clin Inv* 95 (1995) 1861-1868

**Korrespondenzadresse:**

**Dr. F. Sommer**

**Klinik und Poliklinik für Urologie der Universität zu Köln**

**Joseph-Stelzmann-Str. 9**

**50924 Köln,**

**Fax: 0221-478-6256**

**e-mail: Frank.Sommer@uni-koeln.de**