

# Journal für Kardiologie

Austrian Journal of Cardiology

Österreichische Zeitschrift für Herz-Kreislaferkrankungen

## Doping und seine Auswirkungen auf das kardiovaskuläre System

Ledl-Kurkowski E, Niebauer J

*Journal für Kardiologie - Austrian*

*Journal of Cardiology 2009; 16*

*(9-10), 345-350*

Homepage:

[www.kup.at/kardiologie](http://www.kup.at/kardiologie)

Online-Datenbank  
mit Autoren-  
und Stichwortsuche



Member of the



EUROPEAN  
SOCIETY OF  
CARDIOLOGY®

ESC-Editor's Club

Offizielles Organ des  
Österreichischen Herzfonds



Indexed in EMBASE/Excerpta Medica/SCOPUS

Krause & Pachernegg GmbH • Verlag für Medizin und Wirtschaft • A-3003 Gablitz

P.b.b. 02Z031105M,

Verlagsort: 3003 Gablitz, Linzerstraße 177A/21

Preis: EUR 10,-

### **Datenschutz:**

Ihre Daten unterliegen dem Datenschutzgesetz und werden nicht an Dritte weitergegeben. Die Daten werden vom Verlag ausschließlich für den Versand der PDF-Files des Journals für Kardiologie und eventueller weiterer Informationen das Journal betreffend genutzt.

### **Lieferung:**

Die Lieferung umfasst die jeweils aktuelle Ausgabe des Journals für Kardiologie. Sie werden per E-Mail informiert, durch Klick auf den gesendeten Link erhalten Sie die komplette Ausgabe als PDF (Umfang ca. 5–10 MB). Außerhalb dieses Angebots ist keine Lieferung möglich.

### **Abbestellen:**

Das Gratis-Online-Abonnement kann jederzeit per Mausklick wieder abbestellt werden. In jeder Benachrichtigung finden Sie die Information, wie das Abo abbestellt werden kann.

### Das e-Journal

### **Journal für Kardiologie**

- ✓ steht als PDF-Datei (ca. 5–10 MB) stets internetunabhängig zur Verfügung
- ✓ kann bei geringem Platzaufwand gespeichert werden
- ✓ ist jederzeit abrufbar
- ✓ bietet einen direkten, ortsunabhängigen Zugriff
- ✓ ist funktionsfähig auf Tablets, iPads und den meisten marktüblichen e-Book-Readern
- ✓ ist leicht im Volltext durchsuchbar
- ✓ umfasst neben Texten und Bildern ggf. auch eingebettete Videosequenzen.

# Doping und seine Auswirkungen auf das kardiovaskuläre System

E. Ledl-Kurkowski, J. Niebauer

**Kurzfassung:** Fast alle zu Dopingzwecken missbräuchlich verwendeten Substanzen haben das Potenzial zu schweren kardialen Komplikationen, die von Arrhythmien über myokardiale Hypertrophie oder Myokardfibrosen bis hin zu Herzinfarkten führen. Zahlreiche Todesfälle sind im Leistungssport auf kardiale Nebenwirkungen dieser missbrauchten Substanzen zurückzuführen. Begünstigt werden diese Effekte durch hohe Dosie-

rungen und gewagte Kombinationen, welche die therapeutischen Bereiche deutlich überschreiten. Im Folgenden erhalten Sie einen Überblick über die Problematik dieser Schattenseite des Sports.

**Abstract: Doping and its Effects on the Cardiovascular System.** Substances abused for doping may lead to severe cardiac complications such as arrhythmias, myocardial hypertrophy or

fibrosis, and myocardial infarction, to only name a few. There is a long list of cardiac deaths in athletes secondary to drug abuse. This is largely due to the poor choice of drugs and/or the far too high dosage and combination of drugs that even in hospitals we wouldn't dare to give. With this text, we'd like to raise your awareness of this potent problem, and shed some light on a dark side of sport. **J Kardiol 2009; 16: 345–50.**

## ■ Einleitung

Wenngleich jüngste Ereignisse um den Radsport und andere Sportveranstaltungen sowie öffentliche Geständnisse das Doping neuerlich in das Zentrum des öffentlichen Interesses gerückt haben, so ist dessen Geschichte dennoch beinahe so alt wie jene des Sports. Bereits aus der Antike gibt es Berichte, dass den Athleten dem Doping vergleichbare pflanzliche Mittel bekannt waren und diese damals wie heute auch eingenommen wurden, um die eigene Leistung zu steigern und so den Konkurrenten zu übertreffen.

Damals wie heute ist es das Ziel des Wettkampfsportlers, aber auch seines betreuenden Teams, möglichst erfolgreich zu sein und unter dem Motto „schneller – höher – weiter“ zu siegen und neue Rekorde aufzustellen. Da dies durch leistungssteigernde Substanzen vermeintlich einfacher erscheint, haben diese im Zeitalter hoher Preisgelder an Popularität gewonnen. Bedingt durch die einfache Zugänglichkeit über das Internet ist derzeit zusätzlich eine Zunahme dieses Missbrauchs auch im Breitensport zu verzeichnen. Inwiefern dies sowohl im Breiten- als auch im Hochleistungssport überhaupt notwendig ist, wird dabei kaum hinterfragt, da man sich so oder so einen Nutzen davon verspricht. Kaum jemand bedenkt dabei, dass viele der zur Leistungssteigerung eingesetzten Substanzen nicht unbeträchtliche Nebenwirkungen haben, die mitunter auch mit Todesfällen in Zusammenhang gebracht werden können.

## ■ Was ist Doping und was ist verboten?

Zur besseren Bekämpfung der Dopings wurde 1999 die WADA („World Anti-Doping Agency“) in Lausanne gegründet und hat seit 2001 ihren Sitz in Montreal. Sie wird im Kampf gegen Doping durch zwischenstaatliche Organisationen, Regierungen, öffentliche Behörden sowie weitere öffent-

Eingelangt am 3. Juli 2009; angenommen am 8. Juli 2009.

Aus dem Universitätsinstitut für präventive und rehabilitative Sportmedizin der Paracelsus Medizinischen Privatuniversität Salzburg, Institut für Sportmedizin des Landes Salzburg

**Korrespondenzadresse:** Prim. Univ.-Prof. Dr. Dr. Josef Niebauer, Universitätsinstitut für präventive und rehabilitative Sportmedizin der Paracelsus Medizinischen Privatuniversität Salzburg, Institut für Sportmedizin des Landes Salzburg, A-5020 Salzburg, Lindhofstraße 20; E-Mail: j.niebauer@salk.at

liche und private Körperschaften unterstützt. Seit 1.1.2004 hat die WADA das IOC („International Olympic Committee“) im Kampf gegen Doping abgelöst.

Laut WADA (2009) beinhaltet Doping jeden Verstoß gegen die Anti-Doping-Bestimmungen (WADA-Code), das sind die Verabreichung von Wirkstoffen, die verbotenen Gruppen pharmakologischer Wirkstoffe angehören und/oder den Einsatz verbotener Methoden, die Verweigerung von Kontrollen, den Verstoß gegen die Verfügbarkeit, Besitz oder Handel von verbotenen Wirkstoffen oder Materialien (<http://www.wada-ama.org>).

Durch gezielte Kontrollen soll so die Fairness im Sport erhalten und Doping durch effektive Anti-Doping-Programme auf nationaler und internationaler Ebene bekämpft werden.

In Österreich haben die Vorfälle bei den Olympischen Spielen von Salt Lake City 2002 und Turin 2006 dazu geführt, dass ein Anti-Doping-Gesetz beschlossen wurde, das für alle Sportverbände Rechtssicherheit bieten soll und erstmals auch zu Recht Sanktionen gegenüber Betreuern und Ärzten vorsieht und den Besitz sowie die Weitergabe verbotener Mittel unter Strafe stellt.

Bei den verbotenen Wirkstoffen und Methoden werden wichtige Unterscheidungen gemacht, die in den Tabellen 1–4 dargestellt sind (WADA: Stand 1.1.2009).

Ferner werden seit 2007 zusätzlich Substanzen angeführt, zu denen einzelne Medikamente zählen bzw. Substanzen, die häufig in Arzneimitteln enthalten sind (z. B. Ephedrin). Auch werden nun Substanzen aufgeführt, durch deren Einnahme es lediglich zu einer Gefährdung des Sportlers, nicht aber zu einer Leistungssteigerung kommt (z. B. Alkohol).

Im Folgenden sollen die einzelnen verbotenen Substanzen vorwiegend hinsichtlich ihrer Wirkung auf das kardiovaskuläre System beleuchtet werden.

## ■ Anabolika (S1)

Schon lange missbräuchlich verwendet und gut untersucht sind die anabolen Steroide. Von den jährlich weltweit verkauf-

**Tabelle 1:** Unterschiedliche Verbotskategorien

- Jederzeit verbotene Wirkstoffe und Methoden (S1–S5), (M1–M3)
- Im Wettkampf verbotene Wirkstoffe und Methoden (S6–S9)
- Nur in gewissen Sportarten verbotene Wirkstoffe (P1–P2)

**Tabelle 2:** Jederzeit verbotene Wirkstoffe und Methoden

- Anabolika (S1)
- Hormone und verwandte Wirkstoffe (S2)
- Beta-2-Agonisten (S3)
- Anti-Östrogene Wirkstoffe (S4)
- Diuretika und andere maskierende Wirkstoffe (S5)
- Erhöhung der Transportkapazität für Sauerstoff (M1)
- Chemische und physikalische Manipulation (M2)
- Gendoping (M3)

**Tabelle 3:** Im Wettkampf verbotene Wirkstoffe und Methoden

- Alle in Tab. 1 und 2 aufgeführten Kategorien
- Stimulanzien (S6)
- Narkotika (S7)
- Cannabinoide (S8)
- Glukokortikoide (S9) (abhängig von Applikationsart)

**Tabelle 4:** In gewissen Sportarten verbotene Wirkstoffe

- Alkohol (P1)
- Betablocker (P2)

ten 700 Tonnen wird der weitaus überwiegende Teil nicht etwa in der Medizin eingesetzt, sondern vorwiegend von Bodybuildern und Kraftsportlern konsumiert [1]. Die Wirkung ist vor allem bei Kraftsportarten und besonders bei Frauen dokumentiert [2]. Gerade in diesen Sportarten und im Bodybuilding werden die Steroide meist zyklisch über 6–12 Wochen, weniger oft in gleich bleibenden Dosen [3] über mehrere Jahre und in Dosen, die den therapeutischen Bereich um ein Vielfaches (bis zum 100-Fachen) überschreiten, eingenommen [4].

Wenngleich dies im Freizeitbereich nicht strafbar ist, so ist es dennoch sehr bedenklich, da die Nebenwirkungen gravierend sind. So kommt es zum Beispiel bei der Einnahme von Anabolika zu einer linksventrikulären Hypertrophie [5–7], vermittelt durch Androgenrezeptoren, welche nicht nur an der Skelettmuskulatur, sondern auch am Myokard zu finden sind [8]. Weiters kommt es zu dilatativer Kardiomyopathie [9], diastolischer Dysfunktion [10], arterieller Hypertonie, gesteigerter Koagulabilität und proatherogenem Lipidprofil durch Verminderung des HDL-Cholesterins und Erhöhung des LDL-Cholesterins [3, 4, 7, 11, 12], sodass es frühzeitig zur koronaren Herzerkrankung (KHK) [7, 13] und Myokardinfarkten mit Todesfolge kommen kann [14].

Ein sichtbares Zeichen von Anabolikamissbrauch ist das Auftreten einer Steroidakne [15]. Die Ergebnisse bezüglich der linksventrikulären Hypertrophie und der linksventrikulären Pumpfunktion sind widersprüchlich [11], was sich durch die

unterschiedlich hohen Anabolikaeinnahmen erklären lässt. Die Effekte scheinen dosisabhängig zu sein und erst ab einem Missbrauch von mindestens 4 Monaten aufzutreten. In vielen Fällen wird der Anabolikamissbrauch zusätzlich mit Wachstumshormonen kombiniert, wodurch es zu einer Verstärkung der Effekte kommt. Bei Kraftsportlern, welche keine Anabolika nehmen, ist keine Zunahme der linksventrikulären Muskelmasse und des Hypertrophieindex zu finden [7]. Nach Beendigung des Anabolikamissbrauchs sind diese Veränderungen nur zum Teil reversibel [6].

Bei Obduktionen von Personen mit nachgewiesenem Anabolikamissbrauch wurden neben einem überdurchschnittlichen Herzgewicht und einer linksventrikulären Hypertrophie auch kleinfleckige Myokardfibrosen, alte Myokardschwielen, sowie thrombotische Veränderungen der Koronararterien gefunden [16].

### ■ Peptidhormone und verwandte Wirkstoffe (S2)

Diese Substanzgruppe umfasst neben Choriongonadotropin (hCG), Luteinisierendem Hormon (LH), Insulin, Wachstumshormon (hGH) und Erythropoetin (Epo) auch neue Substanzgruppen wie die der selektiven Androgen-Rezeptor-Modulatoren (SARMs), des Insulin-like growth Factors 1 (IGF-1) oder des Mechano growth Factors (MGFs) – einer Variante von IGF-1 – Substanzen, deren Nebenwirkungen schwerwiegend zu sein scheinen, allerdings in vollem Ausmaß noch gar nicht abzuschätzen sind [17]. Ihre Wirkungen sind ähnlich denen der anabolen Steroide (hcG fördert Testosteronsynthese, hGH unter anderem Stimulation des Muskelwachstums) mit ähnlichen kardiovaskulären Effekten.

Das Ausmaß des Missbrauchs ist unbekannt, da einige dieser Substanzen den endogen produzierten Hormonen ähneln und derzeit noch nicht nachweisbar sind.

Optimale Effekte von Wachstumshormonen sind in Verbindung mit weiteren Hormonen wie Insulin, Schilddrüsenhormon, Östrogenen und Anabolika zu erwarten, sodass es zur Hypertrophie des Herzens kommt. Wie bei den Anabolika kommt es zu Myopathien, Rhythmusstörungen und Hypertonie [18, 19].

Besser bekannt und untersucht sind die Wirkungen und Nebenwirkungen des Erythropoetins [20, 21]. Dieses steht seit 1989 als gentechnologisch hergestelltes Medikament für Patienten mit chronischer Niereninsuffizienz zur Verfügung. Es führt zu einer gesteigerten Erythropoese und bewirkt eine Verbesserung der Sauerstoffaufnahme und somit der Ausdauerleistung, allerdings mit der Gefahr der Bildung von Thromben, die zu Embolien in Gehirn, Herzkranzgefäßen, Nieren, Milz etc. mit tödlicher Konsequenz führen können.

Unter EPO-Therapie kommt es dosisabhängig zu einem Hämatokritanstieg von bis zu 20 % und damit zu einer Steigerung der Blutviskosität. 30 % der Dialysepatienten, die mit EPO behandelt werden, entwickeln eine arterielle Hypertonie. Der Mechanismus ist nicht genau bekannt, wird aber dem Hämatokritanstieg zugeschrieben. Das Risiko hypertensiver

Krisen korreliert mit der Geschwindigkeit des Hämatokritanstieges und beträgt 20 % bei einem täglichen Anstieg von 0,5 [22].

Für Sportler besteht die Gefahr, dass es aufgrund der gesteigerten Erythropoiese zu einer Thrombozytose kommt und dies in Kombination mit einer ausdauerbedingten Bradykardie zu Thromboembolien führt [22, 23]. Als kritische Grenze wird ein Hämatokrit von 55 % angesehen, welcher bei entsprechenden Belastungen und Umweltbedingungen (Hitze) auch von Athleten mit normalem Ausgangshämatokrit erreicht werden kann [24]. Darüber hinaus werden die Kardiomyozyten auch direkt über EPO-Rezeptoren beeinflusst [20]. Auch kann es durch Kombination mit anderen leistungssteigernden oder maskierenden Substanzen wie Diuretika zu Arrhythmien kommen.

### ■ Beta-2-Agonisten (S3)

Beta-2-Agonisten haben eine sowohl stimulierende als auch anabole Wirkung und werden in hohen Dosen zur Erhöhung der Muskelmasse missbraucht. Die bekannteste Substanz ist das Clenbuterol, verwendet in der Kälbermast, welches wegen seiner anabolen Wirkung von der WADA den Anabolika zugeordnet wurde.

Zu medizinischen Zwecken erfolgt ihre Anwendung in der Asthmatherapie zur Bronchospasmodolyse und einer Erweiterung der Pulmonalgefäße.

Um Asthmatikern die Teilnahme am Sport zu ermöglichen, wurden 4 Wirkstoffe (Salbutamol, Salmeterol, Formoterol und Terbutalin) bei entsprechender Ausnahmegenehmigung zur Inhalation bei Asthma freigegeben. Lungengesunde Sportler scheinen durch Verwendung dieser Substanzen nicht zu profitieren [10, 25].

Anabole Effekte werden nur durch hochdosierte Beta-2-Agonisten erzielt. Diese führen aufgrund von Restwirkungen über Beta-1-Rezeptoren zu Tachykardien, Angina pectoris und Arrhythmien [18, 26].

### ■ Antiöstrogene (S4)

Aromatasehemmer, selektive Östrogenrezeptormodulatoren und andere Antiöstrogene werden von Männern zur Milderung der Nebenwirkungen von Anabolika verwendet. Hier werden Blutdruckerhöhungen beobachtet, die bei der therapeutischen Anwendung unbedeutend sind.

### ■ Diuretika (S5)

Wenngleich Diuretika nicht leistungssteigernd wirken, so werden sie zur Verschleierung der Einnahme anderer Dopingmittel angewandt, da es durch die forcierte Diurese zu einer Verdünnung der im Harn ausgeschiedenen Metabolite der Dopingsubstanzen kommt. In Sportarten mit Gewichtsklassen werden sie zur Gewichtsreduktion eingesetzt. Bei unüberlegtem Einsatz können Diuretika zu Dehydratation und Exsikkose, aber auch zu Hypokaliämie und Herzrhythmusstörungen führen. Da Diuretika meist in Kombination mit anderen ver-

botenen Substanzen eingenommen werden, wird so die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten lebensbedrohlicher Arrhythmien erhöht.

### ■ Stimulanzien (S6)

Sie beinhalten vorwiegend Stoffe vom Amphetamintyp und verwandte Stoffe, wie beispielsweise das Ephedrin, welches in vielen frei zugänglichen Medikamenten und auch Nahrungsergänzungsmitteln enthalten ist. Für Ephedrin gibt es einen Grenzwert von 10 µg/ml Urin, ab welchem ein Dopingvergehen vorliegt (WADA).

Die Wirkungen der Stimulanzien sind vergleichbar mit den Effekten der Stresshormone Adrenalin und Noradrenalin. So wird in Wettkämpfen die Ermüdungsschwelle angehoben und die autonom geschützte Reserve angegriffen. Am Herzen werden die Kontraktilität und die Herzfrequenz erhöht. Todesfälle im Radsport durch Myokardinfarkte haben vielerlei Ursachen. So wird unter anderem diskutiert, dass diese auch aufgrund einer relativen Koronarinsuffizienz entstehen, die aus einer unsäglichen Kombination von linksventrikulärer Hypertrophie und Stimulanzien-induzierter Tachykardie resultiert.

Weitere Nebenwirkungen des Stimulanzienmissbrauchs sind Rhythmusstörungen aufgrund von QTc-Verlängerung [27, 28], ebenso wie Vorhof- und Kammerflimmern [28].

Gut untersucht sind die kardiovaskulären Nebenwirkungen von Kokain. Mehrere Studien beschreiben sowohl eine Verlängerung von PQ-, QRS-, QT- und QTc-Dauer im EKG als auch unterschiedlichste Arrhythmien wie z. B. Vorhofflimmern, AV-Reentrytachykardien, ventrikuläre Tachykardien und Kammerflimmern. Auch Brugada-ähnliche Veränderungen und Torsade de pointes wurden beobachtet. Langer Missbrauch führt zu Myokardinfarkten, Myokarditiden, Myokardfibrosen, Myokardhypertrophie, endotheliale Dysfunktion und Atherosklerose [29].

### ■ Narkotika (S7)

Die Dopingliste beinhaltet Morphinderivate. Sie werden weniger zur Leistungssteigerung, als viel mehr zur Analgesie und damit zur Erhöhung der Leistungsbereitschaft eingenommen. Neben dem Suchtpotenzial werden bei einigen Substanzen wie dem Methadon arrhythmogene Effekte beobachtet [29]. Da es zur Analgesie eine Reihe nicht verbotener Substanzen gibt, werden sie heute kaum mehr eingenommen.

### ■ Cannabinoide (S8)

Cannabinoide sind im Hanf enthaltene Wirkstoffe, deren bekanntester das Tetrahydrocannabinol (THC) ist. Sie besitzen vorwiegend psychotrope Wirkungen und sind so nicht direkt leistungssteigernd, können aber aufgrund der sedierenden Wirkung die Risikobereitschaft erhöhen und so zu einer Selbstgefährdung und Gefährdung des Gegners führen.

Sie können unter Belastung supraventrikuläre und ventrikuläre Tachykardien hervorrufen [30].

<b>Tabelle 5:</b> Tabellarische Zusammenfassung der Effekte auf das kardiovaskuläre System		
<b>Anabole, androgene Steroide (S1)</b>	Substanzen	Dianabol, Nandrolon, Stanozolol
	Wirkungen	anabol und androgen <u>Anabol:</u> allgemein aufbauend (Muskelmasse, Kraft, verringerter Körperfettanteil) <u>Androgen:</u> geschlechtsspezifische, vermännlichende Wirkung
	Nebenwirkungen	Schädigung/Störung – des Lipidprofils (HDL: Verringerung) – linksventrikuläre Hypertrophie – Hypertonie – QT-Dispersion – Arrhythmien – frühzeitiger Myokardinfarkt – Myokardfibrosen und Nekrosen – Thrombosen
<b>Peptidhormone und analog wirkende Substanzen (S2)</b>	Substanzen	STH, HGH, EPO, IGF-1, Insulin, MGF
	Wirkungen	– fördern das allgemeine Wachstum der Zellen – fördern das Körperwachstum – Erythropoetin: erhöht Produktion von roten Blutkörperchen – Kortikotropin reguliert körpereigene Produktion von Kortison und Kortisol
	Nebenwirkungen	<u>Epo:</u> – erhöhte Viskosität und thromboembolisches Risiko, Infarkte von Herz, Lunge, Gehirn etc. – Hypertonie – Myokardinfarkte – Arrhythmien <u>hGH, IGF:</u> – Hypertonie – Myopathien – KHK – ventrikuläre Tachykardien
<b>Beta-2-Agonisten (S3)</b>	Substanzen	Clenbuterol, Salbutamol, Terbutalin, Salmeterol
	Wirkungen	Anabole Wirkung, bronchospasmolytische Wirkung, Dilatation der Blutgefäße
	Nebenwirkungen	Tachykardie, Arrhythmien
<b>Antiöstrogene (S4)</b>	Substanzen	Aromatasehemmer, Östrogenrezeptorenhemmer
	Wirkungen	Hemmung der Bildung von Östrogenen, wodurch der Testosteronspiegel ansteigen soll
	Nebenwirkungen	Hypertonie
<b>Diuretika (S5)</b>	Substanzen	Azetazolamid, Furosemid, Marsalyl
	Wirkungen	– forcierte Diurese bzw. verringerte Rückresorption – schneller Wasser- und somit Gewichtsverlust
	Nebenwirkungen	Verlust wichtiger Mineralien – Wasser- und Elektrolythaushalt werden gestört – Muskelkrämpfe – Arrhythmien
<b>Stimulanzien (S6)</b>	Substanzen	Amphetamine, Kokain, Ephedrin, Modafinil
	Wirkungen	Erhöhung des allgemeinen Energieumsatzes, Verzögerung der Ermüdung, Anstieg von Körpertemperatur, Herzfrequenz und Blutdruck
	Nebenwirkungen	Agitiertheit, Palpitationen, PQ-, QRS-, QT-, QTc-Verlängerung, Tachykardien, Arrhythmien, Myokardinfarkte, Myokardfibrosen, Ausschalten des körpereigenen Warnsystems und Aufbrauchen der körpereigenen autonomen Reserven
<b>Narkotika (S7)</b>	Substanzen	Morphin, Heroin, Codein, Methadon
	Wirkungen	Wirken auf das Nervensystem und dämpfen den Schmerz, in geringen Dosen heben sie die Stimmung
	Nebenwirkungen	Arrhythmien
<b>Cannabinoide (S8)</b>	Substanzen	Cannabis, Marihuana, Haschisch
	Nebenwirkungen	– Vorhofflimmern – paroxysmale Tachykardien – ventrikuläre Arrhythmien
<b>Glukokortikoide (S9)</b>	Substanzen	Kortison
	Nebenwirkungen	– Hypertonien – Arrhythmien durch metabolische und Mineralstoffveränderungen
<b>Verbotene Methoden und Urinmanipulationen</b>	Erhöhung der Sauerstofftransportkapazität (M1) Manipulation von Dopingproben (M2) Gendoping (M3)	Thromboembolien, Hypertonie
<b>Substanzklassen mit gewissen Einschränkungen</b>	Substanzen	Alkohol (P1)
	Nebenwirkungen	Vorhofflimmern, alkoholische Kardiomyopathie
	Substanzen	Betablocker (P2)
	Nebenwirkungen	Sinusbradykardie, AV-Block

## ■ Glukokortikoide (S9)

Der Hauptgrund einer missbräuchlichen Einnahme im Sport liegt in ihren euphorisierenden Effekten. Bei medizinischer Indikation ist ihre ektope und inhalative Einnahme mit entsprechender Ausnahmegenehmigung (TUE) erlaubt. Kardiale Wirkungen treten nur bei langer Einnahme als Folge von Übergewicht, arterieller Hypertonie und metabolischen Störungen (z. B. Diabetes) auf, welche zu erhöhtem Risiko für Atherosklerose und Thrombose-/Embolierisiko führen.

## ■ Alkohol (P1)

Alkohol ist nur in einigen Sportarten, vorwiegend Motorsportarten und Schießdisziplinen, verboten. Wengleich der Sportler Wirkungen wie Steigerung des Selbstbewusstseins, des Mutes, Erhöhung der Schmerzschwelle, Aggressivität, aber auch Beruhigung sehr begrüßt, so besteht Suchtpotenzial und langfristig die Gefahr durch Arrhythmien und azetylischer toxischer Kardiomyopathie. Eine besondere Gefahr geht von der Kombination mit Kokain und anderen Substanzen aus.

## ■ Betablocker (P2)

Auch Betablocker werden zur Beruhigung und zur Minderung der Wettkampfnervosität angewandt. Sie sind nur in bestimmten Sportarten verboten. Aufgrund ihrer Wirkungsweise können sie Sinusbradykardien verstärken sowie AV-Blöcke induzieren.

Durch die Kombination mit Diuretika, welche grundsätzlich im Sport verboten sind (siehe oben), kam es teilweise aus Unwissenheit bei national und international startenden Sportlern mit arterieller Hypertonie zu positiven Dopingfällen.

## ■ Verbotene Methoden (M1–M3)

Hier sind Methoden zur Verfälschung der Harnprobe sowie zur Erhöhung der Sauerstofftransportkapazität (Blutdoping und der Einsatz künstlicher Sauerstoffträger) und Gendoping angeführt.

Blutdoping wurde in Ausdauersportarten nachweislich bis zum Einsatz von EPO durchgeführt und wird aufgrund besserer Nachweismöglichkeiten bei EPO-Doping wieder vermehrt angewandt. Diese Form des Dopings ist ebenfalls unverantwortlich und gefährlich, da es zu Infektionen, Transfusionsreaktionen oder Embolien mit Todesfolge kommen kann. Wengleich in den Medien fast immer nur der Sportler als der alleinige „Täter“ hingestellt wird, so muss gerade hinsichtlich Blutdoping berücksichtigt werden, dass hierbei für die Blutentnahme, das korrekte Lagern des Blutes und dessen Re-Infusion ein ausgebildetes Team notwendig ist, welches im Hintergrund agiert und leider viel zu häufig unentdeckt bleibt und dazu meist noch straffrei davon kommt.

Der Einsatz modifizierter Hämoglobine, Perfluorkohlenwasserstoffe und Efavoxal zur Sauerstoffbindung können blutgruppenunabhängig infundiert werden. Ursprünglich für die Notfallmedizin entwickelt, wurden mehrere Produkte wegen

beträchtlicher Nebenwirkungen wieder vom Markt genommen [31]. Hemopure beispielsweise führt zu systolischen und diastolischen Blutdrucksteigerungen [32].

Eine ausführliche Übersicht über die Wirkungen und Nebenwirkungen aller Dopingsubstanzen wurde von Schänzer 2007 [18] zusammengefasst.

## ■ Nachwuchssport

Fast alle Substanzen die auf der Dopingliste stehen, können zu schwerwiegenden kardiovaskulären Nebenwirkungen und teilweise zu bleibenden körperlichen Schäden bis hin zu Todesfällen führen [33], sodass schon aus gesundheitlichen Gründen die Einnahme unverantwortlich ist.

Auch hätte dies für Kinder und Jugendliche fatale Folgen. So wurde in einer französischen Untersuchung gezeigt, dass bereits 1 % der 11-jährigen Kinder die täglich Sport trieben, Dopingsubstanzen einnahmen und dieser Prozentsatz nach 4 Jahren auf 3 % anstieg [34], wobei 44 % der dopenden Kinder Nebenwirkungen bemerkten. Welche Auswirkungen eine Freigabe des Dopings hätte, ist mehr als offensichtlich. Auch wären noch weniger Eltern bereit, ihre Kinder in einen Leistungssport zu schicken, der buchstäblich „über Leichen“ geht. Dies wäre aber sowohl für den Leistungssport als auch für die Volksgesundheit fatal. Denn zu dem Mangel an Nachwuchssportlern, der bereits jetzt evident ist, käme dann eine noch stärker wachsende Anzahl sich nicht bewegender und somit den Zivilisationskrankheiten schutzlos ausgelieferter Kinder. Wer Interesse am Sport hat, muss mit Elan und Überzeugungskraft, die auf guten Argumenten basiert, gegen Doping im Sport eintreten.

Tatsächlich handelt es sich bei den verbotenen Substanzen nicht nur um „Grippemittel“ etc., wie manchmal zu hören ist, sondern es werden hier Substanzen missbraucht, die selbst im klinischen Alltag zur Therapie weniger ausgewählter Erkrankungen teilweise unter größtem Respekt vor deren erheblichen Nebenwirkungen gegeben werden. In Tabelle 5 stellen wir eine Liste mit Substanzen und Nebenwirkungen auf das Herz-Kreislauf-System zusammen, die leider mit dem Ziel des Missbrauchs auch von Hobby-, Breiten- und Leistungssportlern eingenommen werden.

## ■ Fazit

Doping ist ungesund bis hin zu lebensgefährlich. Es stellt einen Betrug nicht nur am eigenen Körper, sondern auch gegenüber den Konkurrenten dar. Deshalb ist es zu begrüßen, dass sowohl Dopingkontrollen in verstärktem Ausmaß durchgeführt werden, als auch erstmals neben den Sportlern Dealer und Betreuer, die in illegale Praktiken verwickelt sind, zur Verantwortung gezogen werden können. Anstatt Energien aufzuwenden, um selbst zu dopen oder Sportler beim Doping zu unterstützen, sollte diese Energie und die für das Doping ausgegebenen Mittel für optimale Trainingsbedingungen und eine gute sportwissenschaftliche und sportmedizinische Betreuung verwendet werden, damit der Sportler während seiner Karriere, aber auch danach, seine Ziele möglichst gesundheitlich unversehrt erreichen kann.

**Literatur:**

1. Donati A. World traffic of doping substances. WADA: Donattireport 2007; 1–109.
2. Franke WW, Berenedonk B. Hormonal doping and androgenisation of athlete. Clin Chem 1997; 43: 1262–79.
3. Bonetti A, Tirelli F, Catapano A, Dazzi D, Dei-Cas A, Solito F, Ceda G, Reverberi C, Monica C, Pipitone S, Elia G, Spattini M, Magnati G. Side effects of anabolic androgenic steroids abuse. Int J Sports Med 2008; 29: 679–87.
4. Kutscher EC, Lund BC, Perry PJ. Anabolic steroids – a review for clinicians. Sports Med 2002; 32: 285–96.
5. Payne JR, Kotwinski PJ, Montgomery HE. Cardiac effects of anabolic steroids. Heart 2004; 90: 473–5.
6. Urhausen A, Albers T, Kindermann W. Are the cardiac effects of anabolic steroid abuse in strength athletes reversible? Heart 2004; 90: 496–501.
7. Kindermann W. Kardiovaskuläre Nebenwirkungen von anabol-androgenen Steroiden. Herz 2006; 31: 566–73.
8. Marsh JD, Lehmann MH, Ritschie RH. Androgen receptors mediate hypertrophy in cardiac myocytes. Circulation 1998; 98: 256–61.
9. Ferrera PC, Putnam DL, Verdile VP. Anabolic steroid use as the possible precipitation of dilated cardiomyopathy. Cardiology 1997; 88: 218–20.
10. Urhausen A, Friedmann-Bette B, Dörr B, Meyer T, Wolfahrt B, Thormann S. Stellungnahme zu den TUE der NADA. Dt Zeitschr Sportmed 2008; 59: 98–9.
11. Hartgens F, Kuipers H. Effects of androgenic-anabolic steroids in athletes. Sports Med 2004; 34: 513–54.
12. Pärssinen M, Seppälä T. Steroid use and long-term health risks in former athletes. Sports Med 2002; 32: 83–94.
13. Santora LJ, Marin J, Vangrov J, Minegar C, Robinson M, Mora J, Friede G. Coronary calcification in body builders using anabolic steroids. Prev Cardiol 2006; 9: 198–201.
14. Lungghetti S, Zaca V, Maffei S, Carrera A, Gaddi R, Diciolla F, Maccherini M, Chiavarelli M, Mondillo S, Favilli R. Cardiogenic shock complicating myocardial infarction in a doped athlete. Acute Card Care 2009; 1: 1–2.
15. Melnik B, Jansen T, Grabbe S. Abuse of anabolic-androgenic steroids and bodybuilding acne: an underestimated health problem. J Dtsch Dermatol Ges 2007; 5: 110–7.
16. Kistler L. Todesfälle bei Anabolikamissbrauch, Todesursache, Befunde und rechtsmedizinische Aspekte. Dissertation, Medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität zu München 2006.
17. Striegel H, Simon P. Doping, High-Tech-Betrug im Sport. Der Internist 2007; 10: 1842–9.
18. Schänzer W, Thevis M. Doping im Sport. Med Klinik 2007; 102: 631–46.
19. Fusanello F, Bentivegna S, Cappato R, de Ambroggi L. Effects of illicit drugs in athletes. Ital Heart J 2003; 4: 829–37.
20. Schöffel N, Börger JA, Quarcoo D, Scutaru C, Gronenberg DA. Erythropoetin – state of science. Sportverletz Sportschaden 2008; 22: 201–6.
21. Böning D, Maasen N. Wirkmechanismen von Erythropoetindoping. Dt Zeitschr Sportmed 2008; 59: 175–7.
22. Schmidt W, Hartmann U. Physiologische Leistungsförderer-Sauerstoffzufuhr und Blutdoping. Leistungssport 1995; 2: 22–7.
23. Clasnig D. Erythropoetin. Dt Zeitschr Sportmed 1997; 48: 452–7.
24. Schmidt W, Prommer N, Steinacker JM, Böning D. Sinn und Unsinn von hämatologischen Grenzwerten im Ausdauersport – Folgerung aus den Dopingskandalen von Turin 2006. Dt Zeitschr Sportmed 2006; 2: 54–7.
25. Kindermann W. Do inhaled  $\beta$ -2-agonists have an ergogenic potential in non-asthmatic competitive athletes? Sports Med 2007; 37: 95–102.
26. Davis E, Loiacono R, Summers RJ. Rush to adrenaline: drugs in sport acting on the beta-adrenergic system. Br J Pharmacology 2008; 154: 584–7.
27. McBride BF, Karapanos AK, Krudysz A, Kluger J, Coleman CI, White CM. Electrocardiographic hemodynamic effects of a multi-component dietary supplement containing ephedra and caffeine: a randomized controlled trial. JAMA 2004; 291: 216–21.
28. Haller CA, Benowitz NL. Adverse cardiovascular effects and central, nervous system events associated with dietary supplements containing ephedra alkaloids. New Engl J Med 2000; 343: 1833–8.
29. Furlanello F, Serdoz LV, Cappato R, de Ambroggi L. Illicit drugs and cardiac arrhythmias in athletes. Eur J Cardiovasc Prev Rehabil 2007; 14: 487–94.
30. Campos DR, Yonamine M, de Moraes Moreau RL. Marijuana as doping in Sports. Sports Med 2003; 33: 395–9.
31. Schumacher YO, Ashenden M. Doping with artificial oxygen carriers, an update. Sports Med 2004; 34: 141–50.
32. Asheden MJ, Schumacher YO, Sharpe K, Varlet-Marie E, Audran M. Effects of Hemopure™ on maximal oxygen uptake and endurance performance in healthy humans. Int J Sports Med 2007; 28: 381–5.
33. Kamber M, Mullis PE. Doping im Jugendalter. Therapie Umschau 2007; 64: 83–9.
34. Laure P, Binsinger C. Doping prevalence among preadolescent athletes. A four-year follow up. Br J Sports Med 2007; 41: 660–3.

**Weiterführende Links:**

NADA Deutschland: Jahresbericht 2008; <http://www.nada-bonn.de>  
 NADA Österreich: Statistik 2007; <http://www.nada.at>  
 WADA: World Antidoping Agency; <http://www.wada-ama.org>



# Mitteilungen aus der Redaktion

Besuchen Sie unsere Rubrik

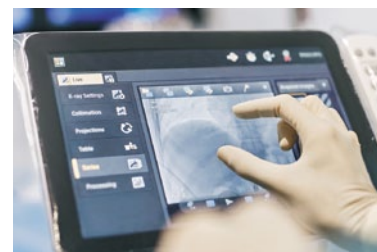
## [Medizintechnik-Produkte](#)



Neues CRTD Implantat  
Intica 7 HF-T QP von Biotronik



Artis pheno  
Siemens Healthcare Diagnostics GmbH



Philips Azurion:  
Innovative Bildgebungslösung

Aspirator 3  
Labotect GmbH



InControl 1050  
Labotect GmbH

## e-Journal-Abo

Beziehen Sie die elektronischen Ausgaben dieser Zeitschrift hier.

Die Lieferung umfasst 4–5 Ausgaben pro Jahr zzgl. allfälliger Sonderhefte.

Unsere e-Journale stehen als PDF-Datei zur Verfügung und sind auf den meisten der marktüblichen e-Book-Readern, Tablets sowie auf iPad funktionsfähig.

## [Bestellung e-Journal-Abo](#)

### Haftungsausschluss

Die in unseren Webseiten publizierten Informationen richten sich **ausschließlich an geprüfte und autorisierte medizinische Berufsgruppen** und entbinden nicht von der ärztlichen Sorgfaltspflicht sowie von einer ausführlichen Patientenaufklärung über therapeutische Optionen und deren Wirkungen bzw. Nebenwirkungen. Die entsprechenden Angaben werden von den Autoren mit der größten Sorgfalt recherchiert und zusammengestellt. Die angegebenen Dosierungen sind im Einzelfall anhand der Fachinformationen zu überprüfen. Weder die Autoren, noch die tragenden Gesellschaften noch der Verlag übernehmen irgendwelche Haftungsansprüche.

Bitte beachten Sie auch diese Seiten:

[Impressum](#)

[Disclaimers & Copyright](#)

[Datenschutzerklärung](#)