

# Journal für Kardiologie

Austrian Journal of Cardiology

Österreichische Zeitschrift für Herz-Kreislaferkrankungen

## Kryoballon-Pulmonalvenenisolation zur Behandlung von paroxysmale Vorhofflimmern

Fürnkranz A, Chun J, Schmidt B

Ouyang F, Kuck KH

*Journal für Kardiologie - Austrian*

*Journal of Cardiology 2010; 17*

*(5-6), 154-156*

Homepage:

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

Online-Datenbank  
mit Autoren-  
und Stichwortsuche



Offizielles  
Partnerjournal der ÖKG



Member of the ESC-Editor's Club



Offizielles Organ des  
Österreichischen Herzfonds



**ACVC**  
Association for  
Acute CardioVascular Care

In Kooperation  
mit der ACVC

Indexed in ESCI  
part of Web of Science

Indexed in EMBASE

## IM FOKUS

# Patientenfälle aus der klinischen Praxis zum Thema „Antikoagulation“

Teilnahme kostenlos

Die „Direkten oralen Antikoagulantien“ (DOAKs) haben einen großen Stellenwert in der Prophylaxe von Schlaganfällen bei Patient:innen mit Vorhofflimmern und der Therapie venöser Thromboembolien. Mit dem AF-CARE Konzept legen die 2024 aktualisierten ESC-Guidelines für das Management von Vorhofflimmern den Fokus auf einen patientenzentrierten, interdisziplinären Ansatz. Eine bedeutende Rolle spielt dabei das Management von Komorbiditäten. In diesem Webinar werden verschiedene klinische Situationen anhand von Patientenfällen diskutiert und Ihre Fragen zur Antikoagulation beantwortet.

**Live stream und on demand**



**13.05.2025**

18:00 – 18:45 Uhr

[link.fomf.at/daiichi-0525](https://link.fomf.at/daiichi-0525)



**Referent**

Prim. Priv.-Doz. Dr. Hannes Alber  
Klinikum Klagenfurt am Wörthersee



**03.06.2025**

18:00 – 18:45 Uhr

[link.fomf.at/daiichi-0625](https://link.fomf.at/daiichi-0625)



**Referent**

Priv.-Doz. Dr. Sebastian Reinstadler  
Universitätsklinik Innsbruck

In freundlicher Zusammenarbeit mit



Daiichi-Sankyo

AT/AFI/03/25/0002

# Kryoballon-Pulmonalvenenisolation zur Behandlung von paroxysmalem Vorhofflimmern

A. Fürnkranz<sup>1,2</sup>, J. Chun<sup>1</sup>, B. Schmidt<sup>1</sup>, F. Ouyang<sup>1</sup>, K.-H. Kuck<sup>1</sup>

**Kurzfassung:** Die vollständige elektrische Isolation der Pulmonalvenen vom Vorhofmyokard mittels Katheterablation wird mit weltweit zunehmender Häufigkeit zur Behandlung von Vorhofflimmern eingesetzt. Die vorherrschende Ablationsstrategie besteht in der Anlage zirkumferenzieller Läsionen um die rechten und linken Pulmonalvenenostien unter Verwendung von Hochfrequenzstrom. Aufgrund der hohen technischen Ansprüche, welche diese Prozedur an den interventionellen Rhythmologen stellt, wurde mit der Kryoballon-Technologie ein Verfahren

entwickelt, welches die Pulmonalvenenisolation mit einer oder wenigen Energie-Applikationen ermöglicht. Vor- und Nachteile dieser relativ jungen Technologie werden in dieser Übersicht im Vergleich zum Standardverfahren dargestellt.

**Abstract: Cryoballoon Pulmonary Vein Isolation for the Treatment of Paroxysmal Atrial Fibrillation.** Pulmonary vein isolation (PVI) is increasingly performed to treat atrial fi-

brillation and can be achieved by continuous circular linear lesions around the pulmonary veins using radiofrequency ablation. Due to the technical complexity of this procedure balloon-based devices have been developed to simplify PVI. Cryoballoon ablation provides excellent safety and is technically less demanding when compared to radiofrequency catheter ablation in selected patients. In this review, advantages as well as drawbacks of this emerging technology in relation to standard catheter ablation are discussed. **J Kardiol 2010; 17: 154–6.**

## ■ Einleitung

Als häufigste Herzrhythmusstörung verursacht Vorhofflimmern (VHF) beträchtliche Morbidität und Mortalität in der Bevölkerung. VHF ist mit erhöhtem Risiko für Schlaganfall und Herzinsuffizienz sowie mit erhöhter Gesamtmortalität verbunden. Die Identifikation elektrischer Trigger für paroxysmales VHF aus den Pulmonalvenen (PV) eröffnete den Weg zu potenziell kurativen Therapiestrategien durch Katheterablation [1]. Seitdem ist eine konstante Zunahme der weltweit durchgeführten Katheterablationen von VHF zu verzeichnen [2]. Die vollständige elektrische Isolation der PV (PVI) durch vorhofseitig angelegte lineare Hochfrequenzstrom- (HF-) Läsionen, welche die ipsilateralen PV umfassen, hat sich mit Erfolgsraten um 75 % bei paroxysmalem VHF als wirksam erwiesen [3]. Der Einschluss der venoatrialen Übergangsregion in das isolierte Areal eliminiert zusätzliches arrhythmogenes Substrat und bildet eine Sicherheitszone gegenüber der Venenwand, um das Auftreten von PV-Stenosen zu reduzieren. Letztere treten mit einer Häufigkeit von 2–7 % im Rahmen von HF-PVI auf [4].

Die Ablation solcher, je nach Vorhofgröße beträchtlich langen Läsionen mit der „Punkt-für-Punkt“-Technik ist zeitaufwendig und erfordert große operative Erfahrung. Aus diesem Grund wurde mit der Kryoballon-Technologie ein Verfahren entwickelt, welches die PVI mit einer oder wenigen Energie-Applikationen ermöglicht. Vor- und Nachteile dieser relativ jungen Technologie sollen im Folgenden im Vergleich zum Standardverfahren dargestellt werden.

Eingelangt und angenommen am 30. Mai 2009.

Aus der <sup>1</sup>II. Medizinischen Abteilung, Asklepios-Klinik St. Georg, Hamburg, und der <sup>2</sup>III. Medizinischen Abteilung, Wilhelminenspital, Wien

**Korrespondenzadresse:** Dr. med. Alexander Fürnkranz, II. Medizinische Abteilung, Allgemeines Krankenhaus St. Georg, D-20099 Hamburg, Lohmühlenstraße 5; E-Mail: a.fuernkranz@gmail.com

## ■ Kryothermale Läsionen

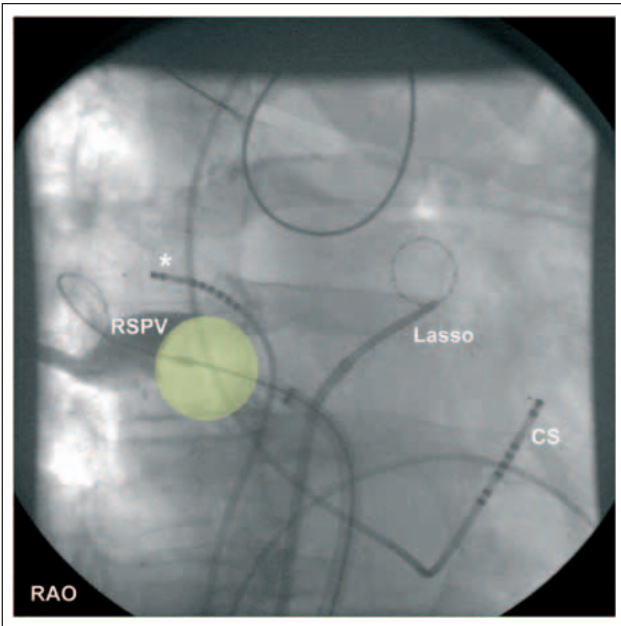
Kälteinduzierte Gewebläsionen entstehen durch direkte Zellschädigung sowie durch Zusammenbruch der Mikrozirkulation kurz nach Wiedererwärmung des Gewebes. Der Hauptmechanismus der Zellnekrose beruht auf Formation intrazellulärer Eiskristalle bei rascher Abkühlung um 100 °C/min. Daher ist bei der Kryoablation ein enger Kontakt des Gewebes zur Kältequelle erforderlich, insbesondere auch, um isolierende Eisbildung zwischen Katheter und Gewebe zu verhindern. Wiederholtes Frieren führte in experimentellen Studien zu größeren Läsionen [5]. Kryothermale Läsionen (KTL) unterscheiden sich in mehrerer Hinsicht von HF-induzierten Läsionen. KTL weisen ein intaktes Endothel [6] und somit geringere Thrombenbildung auf [7]. Entsprechend kommt es seltener zu thromboembolischen Komplikationen nach Kryoablation im Vergleich zur HF-Ablation [8]. Weiters kommt es in KTL nur minimal zur Kollageneinlagerung und somit zu geringer Gewebsschrumpfung. Entsprechend liegen bislang keine Berichte von PV-Stenosen nach Kryoballon-PVI vor.

## ■ Technik der Kryoballon-Pulmonalvenenisolation

Der Kryoballonkatheter (Arctic Front<sup>®</sup>, CryoCath Technologies, Montreal, Kanada) besteht aus einem doppelwandigen Ballon, welcher das Kühlmittel N<sub>2</sub>O aufnimmt (Abb. 1). Durch Verdunstung des N<sub>2</sub>O kommt es zur Abkühlung auf etwa –80 °C. Zwei unterschiedliche Ballongrößen stehen zur Verfügung (23 und 28 mm). Der bidirektional deflektierbare Katheter enthält ein zentrales Lumen für die Aufnahme eines Führungsdrahtes, sowie die Injektion von Kontrastmittel. Nach Punktion des Vorhofseptums wird ein Führungsdraht in die linke obere PV eingelegt, über den eine ebenfalls deflektierbare 12-French-Schleuse (Cryoflex<sup>®</sup>, CryoCath Technologies) in den linken Vorhof eingebracht wird. Anschließend wird der Ballonkatheter durch die Schleuse über den Führungsdraht an das zu behandelnde PV-Ostium vorgeschoben

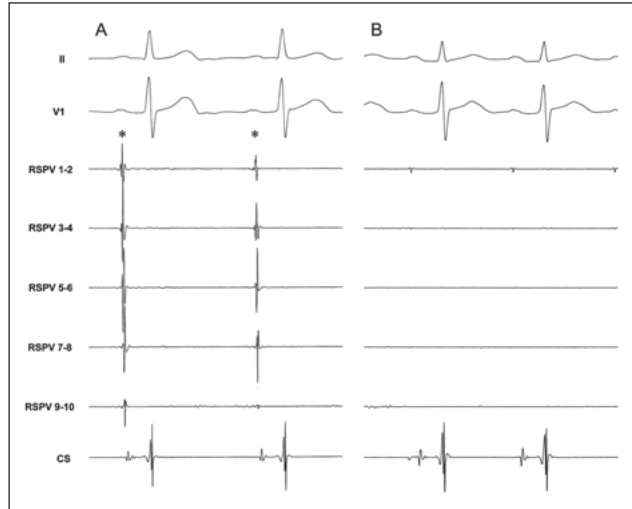


**Abbildung 1:** Der Arctic Front®-Kryoballorkatheter mit der steuerbaren 12-French FlexCath®-Schleuse. Die Kühlkonsole ist im rechten Bildteil zu sehen. Nachdruck mit Genehmigung von Medtronic, Inc.



**Abbildung 2:** Die okklusive Position des Kryoballons an der rechten oberen Pulmonalvene (RSPV) wird durch fehlenden Kontrastmittelabfluss ins linke Atrium bei Venographie aus der Katheterspitze demonstriert. Ein oktapolarer Katheter (Stern) wurde in die V. cava superior eingelegt, um den rechten N. phrenicus während der Kryoablation zu stimulieren.  
Lasso: Lasso-Katheter in der linken oberen Pulmonalvene; CS: Koronarsinus.

und inflatiert. Um einen allseits guten Gewebekontakt zu garantieren, erfolgt nach Positionierung des Ballons eine PV-Angiographie über die Katheterspitze. Im Idealfall läuft hierbei kein Kontrastmittel in den linken Vorhof ab (Abb. 2). Ist dies nicht möglich, kann alternativ nach Anfrieren des oberen Ballonsegments der Katheter zum Schluss einer verbleibenden inferioren Lücke nach unten gezogen werden („Pull down“-Technik) [9]. Nach bisheriger Erfahrung genügt eine Kühldauer von 4–5 Minuten pro Applikation. Das Ablationsergebnis wird nach jedem Frieren durch Einlegen eines Spiral-(Lasso-) Katheters überprüft. Im Erfolgsfall unterbleibt die elektrische Leitung vom Vorhof in die entsprechende PV (Abb. 3). Ob eine zusätzliche Kälteapplikation nach PV-Iso-



**Abbildung 3:** EKG-Ableitungen II und V1 sowie Elektrogramme des Lasso- und CS-Katheters vor (A) und nach (B) Kryoballon-PVI der RSPV. Die elektrische Isolation der PV wird durch den Verlust des Nahfeldsignals aus der Vene (Stern) demonstriert. Der Lasso-Katheter befindet sich in der RSPV.  
CS: Koronarsinus; PVI: Pulmonalvenen-Isolation; RSPV: rechte obere Pulmonalvene.

lation („Bonus“-Ablation) einen klinischen Vorteil erbringt, ist Gegenstand laufender Studien.

Die technischen Anforderungen an den Interventionisten sind bei Verwendung des Kryoballonsystems geringer als bei Verwendung eines HF-Katheters, welcher sequenziell um das PV-Ostium geführt werden muss. Die Prozedur erfordert neben der Fluoroskopie keine weitere Bildgebung oder elektro-anatomisches Mapping. Um kontinuierliche Läsionen zu erzielen, muss jedoch ein guter Kontakt des Ballons zum Gewebe sichergestellt sein. Dies ist im Allgemeinen bei superioren PV leicht zu erzielen, da diese ohne Deflektion der Schleuse erreichbar sind, und dem pulmonalvenösen Blutfluss hohe Druckkraft entgegengesetzt werden kann. Die Ballonpositionierung an den inferioren PV, insbesondere septal, erfordert oft spezielle Techniken, wie etwa das bereits erwähnte „Pull-down“-Manöver [9]. Insgesamt können > 98 % aller PV allein mit dem 28 mm Ballon isoliert werden („Single Big Cryoballoon“-Technik) [9].

### ■ Klinische Erfolgsrate

Bei Patienten mit paroxysmalem VHF ohne antiarrhythmische Medikation wird die klinische Erfolgsrate nach einmaliger Kryoballon-PVI und Nachbeobachtungszeiten bis zu 1 Jahr zwischen 49 und 74 % angegeben [9–11]. Somit ist die Erfolgsrate etwas geringer als bei Verwendung von RF-Energie [12], was auch im Zusammenhang mit Kryoablation von akzessorischen Leitungsbahnen bzw. AV-Knoten-Reentry-Tachykardien beschrieben wurde [13]. Es liegt bislang jedoch keine randomisierte Studie zur Ablation von paroxysmalem VHF vor, in der beide Energiequellen direkt verglichen wurden.

### ■ Sicherheit

Die Ablation von VHF mittels HF-Energie ist mit einer Reihe von potenziell schwerwiegenden Komplikationen assoziiert.



In einer weltweiten Übersicht, welche mehr als 7000 Patienten repräsentiert, wurde eine Komplikationsrate von 6 % angegeben [6]. Dies inkludiert ein Risiko für Pulmonalvenenstenosen (> 50 %) von 1,6 %, bzw. für Schlaganfall oder transitorische ischämische Attacken von 0,9 %. Im Gegensatz dazu wurde bislang nach Kryoballon-PVI von keiner Pulmonalvenenstenose berichtet. Auch das Risiko einer zerebralen Ischämie ist nach heutigem Stand sehr gering (ein berichteter Schlaganfall in einer Serie von 293 Patienten) [14] und möglicherweise auf Luftembolie zurückzuführen. Die Ausbildung einer atrio-ösophagealen Fistel nach Ablation von VHF mittels HF-Energie ist eine seltene, aber oft letale Komplikation, welche nach Kryoballon-PVI bislang nicht beobachtet wurde. Reversible ösophageale Schleimhaut-Ulcerationen nach Kryoballon-PVI wurden in manchen Fällen endoskopisch nachgewiesen [15].

Die häufigste Komplikation im Zusammenhang mit Kryoballon-PVI ist eine rechtsseitige Nervus phrenicus-Parese (PNP). Diese wird mit einer Frequenz von 3,4–7,5 % [10, 11] angegeben und resultiert aus dem anatomischen Verlauf des rechten N. phrenicus nahe der rechten oberen PV [16]. In Studien mit langer (> 1 Jahr) Nachbeobachtungszeit erwiesen sich alle PNP-Fälle nach Kryoballon-PVI als reversibel [10, 11]. Zur Früherkennung einer N. phrenicus-Läsion kann während des Frierens an den septalen PV fortlaufend die Stimulation des rechten N. phrenicus über einen Katheter in der Vena cava superior erfolgen (Abb. 2). Bei Ausfall der Zwerchfellkontraktion wird die Applikation sofort beendet. Es ist anzunehmen, dass eine venenseitige Ballonposition an großlumigen septalen PV das Risiko einer PNP erhöht, somit könnte die Sicherheit des Verfahrens durch Entwicklung größerer Ballone (> 28 mm) in Zukunft weiter gesteigert werden.

## ■ Ausblick

In ihrer gegenwärtigen Form erfordert die Kryoballon-Technik 2 transseptale Zugänge, da ein oftmaliger Wechsel von Ballon- und Lassokatheter innerhalb einer Schleuse das Risiko einer systemischen Luftembolie vergrößern würde. Prinzipiell besteht jedoch die Möglichkeit, den Führungsdraht durch einen kleinkalibrigen Spiralkatheter zu ersetzen, und PV-Signale während der Kryo-Applikation zu monitoren [17]. Ein solcher Spiralkatheter muss jedoch über ausreichend mechanische Stabilität verfügen, um ähnlich hohe Akuterfolgsraten wie bei Verwendung des steifen Führungsdrahtes zu gewährleisten [17]. Die Vorteile wären (1) die Reduktion auf eine transseptale Punktion, und (2) die Beurteilung des Ablationsergebnisses schon während der Kryo-Applikation. Ein weiteres Feld technischer Verbesserung ist die vorübergehende Reduktion des pulmonalvenösen Rückstroms, welcher mechanisch und thermisch mit der Kryoballon-PVI interferiert. Dies könnte durch rasche (180/min) ventrikuläre Stimulation in der Initialphase der Kältebehandlung erfolgen [18].

## ■ Zusammenfassung

Die Kryoballon-PVI ist ein Verfahren zur Behandlung von Vorhofflimmern, welches sich durch hohe prozedurale Sicherheit auszeichnet und eine technische Erleichterung gegenüber der HF-Katheterablation darstellt. Die zukünftige Rolle dieser interessanten Energieform in der Behandlung von Vorhofflimmerpatienten wird von den noch ausstehenden klinischen Langzeitdaten bestimmt werden.

## Literatur:

- Haissaguerre M, Jais P, Shah DC, Takahashi A, Hocini M, Quiniou G, Garrigue S, Le Mouroux A, Le Metayer P, Clementy J. Spontaneous initiation of atrial fibrillation by ectopic beats originating in the pulmonary veins. *N Engl J Med* 1998; 339: 659–66.
- Cappato R, Calkins H, Chen SA, Davies W, Lesaka Y, Kalman J, Kim YH, Klein G, Packer D, Skanes A. Worldwide survey on the methods, efficacy, and safety of catheter ablation for human atrial fibrillation. *Circulation* 2005; 111: 1100–5.
- Ouyang F, Bansch D, Ernst S, Schaumann A, Hachiya H, Chen M, Chun J, Falk P, Khanedani A, Antz M, Kuck KH. Complete isolation of left atrium surrounding the pulmonary veins: New insights from the double-lasso technique in paroxysmal atrial fibrillation. *Circulation* 2004; 110: 2090–6.
- Packer DL, Keelan P, Munger TM, Breen JF, Asirvatham S, Peterson LA, Monahan KH, Hauser MF, Chandrasekaran K, Sinak LJ, Holmes DR Jr. Clinical presentation, investigation, and management of pulmonary vein stenosis complicating ablation for atrial fibrillation. *Circulation* 2005; 111: 546–54.
- Tse HF, Ripley KL, Lee KL, Siu CW, Van Vleet JF, Pelkey WL, Lau CP. Effects of temporal application parameters on lesion dimensions during transvenous catheter cryoablation. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2005; 16: 201–4.
- Sarabanda AV, Bunch TJ, Johnson SB, Mahapatra S, Milton MA, Leite LR, Bruce GK, Packer DL. Efficacy and safety of circumferential pulmonary vein isolation using a novel cryothermal balloon ablation system. *J Am Coll Cardiol* 2005; 46: 1902–12.
- Khairy P, Chauvet P, Lehmann J, Lambert J, Macle L, Tanguay JF, Sirois MG, Santoianni D, Dubuc M. Lower incidence of thrombus formation with cryoenergy versus radiofrequency Catheter Ablation. *Circulation* 2003; 107: 2045–50.
- Wong T, Markides V, Peters NS, Davies DW. Percutaneous pulmonary vein cryoablation to treat atrial fibrillation. *J Interv Card Electrophysiol* 2004; 11: 117–26.
- Chun KRJ, Schmidt B, Metzner A, Tilz R, Zerm T, Koster I, Furnkranz A, Koektuerk B, Konstantinidou M, Antz M, Ouyang F, Kuck KH. The 'single big cryoballoon' technique for acute pulmonary vein isolation in patients with paroxysmal atrial fibrillation: a prospective observational single centre study. *Eur Heart J* 2009; 30: 699–709.
- Van Belle Y, Janse P, Theuns D, Szili-Torok T, Jordaens L. One year follow-up after cryoballoon isolation of the pulmonary veins in patients with paroxysmal atrial fibrillation. *Europace* 2008; 10: 1271–6.
- Neumann T, Vogt J, Schumacher B, Dorszewski A, Kuniss M, Neuser H, Kurzidim K, Berkowitsch A, Koller M, Heintze J, Scholz U, Wetzel U, Schneider MA, Horstkotte D, Hamm CW, Pitschner HF. Circumferential pulmonary vein isolation with the cryoballoon technique results from a prospective 3-center study. *J Am Coll Cardiol* 2008; 52: 273–8.
- Wright M, Haissaguerre M, Knecht S, Matsuo S, O'Neill MD, Nault I, Lellouche N, Hocini M, Sacher F, Jais P. State of the art: catheter ablation of atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2008; 19: 583–92.
- Friedman PL, Dubuc M, Green MS, Jackman WM, Keane DTJ, Marinichak RA, Nazari J, Packer DL, Skanes A, Steinberg JS, Stevenson WG, Tchou PJ, Wilber DJ, Worley SJ. Catheter cryoablation of supraventricular tachycardia: results of the multicenter prospective "frosty" trial. *Heart Rhythm* 2004; 1: 129–38.
- Vogt J. P003-44-Side Effects and success of antral isolation of pulmonary veins with cryoballoon technique in a large patient cohort. *Heart Rhythm* 2009; 6: S203–S246.
- Humera A, Neuzil P, d'Avila A, Cha Y-M, Laragy M, Mares K, Brugge WR, Forcione D G, Ruskin JN, Packer D L, Reddy VY. The esophageal effects of cryoenergy during cryoablation for atrial fibrillation. *Heart Rhythm* 2009; 6: 962–9.
- Sanchez-Quintana D, Cabrera JA, Climent V, Farre J, Weiglein A, Ho S. How close are the phrenic nerves to cardiac structures? Implications for cardiac interventionalists. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2005; 16: 309–13.
- Chun KR, Furnkranz A, Metzner A, Schmidt B, Tilz R, Zerm T, Nuyens D, Wissner E, Ouyang F, Kuck KH. Cryoballoon pulmonary vein isolation with real time recordings from the pulmonary veins. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2009; 20: 1203–10.
- Chun KR, Furnkranz A, Schmidt B, Metzner A, Tilz R, Zerm T, Köster I, Buelent K, Antz M, Ouyang F, Kuck KH. Right ventricular rapid pacing in catheter ablation of atrial fibrillation – a novel application for cryoballoon pulmonary vein isolation. *Clin Res Cardiol* 2009; 98: 493–500.

# 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](#)