

Elektrische Implantate bei Herzinsuffizienz (Herzschwäche)

Eine aktuelle Übersicht mit Ausblick in die Zukunft

frei nach dem gleichnamigen Vortrag anlässlich der
Jahrestagung von Defibrillator-Deutschland am 11. März 2012

2012 ist das Jahr eines großen Jubiläums!

Das EKG feiert 125sten Geburtstag, denn 1887 leitete Augustus Desire Waller erstmals bei seinem Laborhund Jimmy eine Herzstromkurve ab. Damit war das grundlegende Prinzip nicht zuletzt für die faszinierende Entwicklung der elektrischen kardiologischen Implantate, und damit auch für den ICD entdeckt. Jedoch erst durch Willem Einthoven fand diese Technik als EKG Einzug in die Klinik, wofür er auch 1924 mit dem Nobelpreis für Medizin geehrt wurde.

Seit dem ersten Einsatz eines komplett implantierten Defibrillators beim Menschen 1980 hat sich viel getan – und es wird sich mit Sicherheit auch weiterhin viel tun, so dass in diesem Artikel auch ein wenig Zukunftsmusik –wenn auch möglicherweise teils spekulativ- anklingen soll.

Auf eine Darstellung der Assist-Devices (beiläufig sei erwähnt, dass sich der moderne Mediziner nicht mehr lateinisch, sondern englisch ausdrückt), also von herzchirurgisch implantierten Herz-Unterstützungs-Systemen, wird bewusst verzichtet, nachdem es den Rahmen dieses Artikels sprengen würde, aber auch vernünftigerweise von einem Herz-Chirurgen übernommen werden sollte.

Herzinsuffizienz

Zunächst sollen grundsätzliche Abläufe innerhalb des Körpers bei der Herzinsuffizienz verdeutlicht werden, um verständlich zu machen, worin das Therapie-Prinzip der verschiedenen Elektro-Therapien liegt.

Eine Herzinsuffizienz (auch mit „Herzschwäche“ übersetzbar) liegt vor, wenn das Herz nicht mehr in der Lage ist, das Körpergewebe bzw. die Organe ausreichend mit Blut und damit Sauerstoff sowie Nährstoffen zu versorgen. Und natürlich gelingt es entsprechend nicht mehr, Abfall-Produkte und Kohlendioxid abzutransportieren, damit sie z.B. durch die Lunge abgeatmet, die Nieren oder die Leber entgiftet bzw. ausgeschieden werden können.

Im Überbegriff bedeutet dies, dass der körpereigene Stoffwechsel unter Belastung oder in späteren Stadien bereits in Ruhe nicht mehr sichergestellt werden kann.

Von der **New York Heart Association** wurde eine Einteilung in vier Stadien vorgeschlagen, benannt nach den Anfangs-Buchstaben als Stadium NYHA I bis NYHA IV.

Dabei bemerkt der Patient von seiner Herzschwäche im Stadium I noch nichts, während im Stadium IV bereits in Ruhe Beschwerden bestehen. Entsprechend treten in dem Stadium III bereits Symptome unter leichter Belastung auf, im leichteren Stadium II unter schwerer körperlicher Tätigkeit.

Diese Einstufung hat sicher ihre Probleme, insbesondere ist es im Alltag nicht immer einfach, zwischen schwerer und leichter körperlicher Belastung zu unterscheiden, hat aber aufgrund ihrer Anschaulichkeit weite Verbreitung gefunden.

Das Vegetativum

Das vegetative Nervensystem steuert unbewusst viele Funktionen in unserem Körper. Dabei spricht man vom Sympathikus und Parasympathikus, die sich zu jedem Zeitpunkt die Waage halten müssen.

Man stellt sich dabei vor, dass uns das Vegetativum bereits in den Zeiten als Steinzeitmenschen gesteuert hat. Ist eine „Fluchtreaktion“ erforderlich, zum Beispiel weil uns plötzlich ein Raubtier bedroht, wird der Sympathikus aktiv.

Er steigert unter anderem die Herzfrequenz und den Blutdruck, erweitert die Bronchien, lässt in der Leber Zucker freisetzen und das Fettgewebe Fettsäuren in die Blutbahn abgeben, um den Muskeln Energie bereitzustellen. Die Schweißproduktion steigt, um die zu erwartende Erwärmung durch Muskelarbeit abzuführen. Die Pupillen werden weit, die in diesem Moment nicht so wichtigen Verdauungsorgane werden weniger durchblutet. Um Ballast abzulassen, werden Schließmuskel geöffnet („man macht sich vor Angst in die Hose“). Damit wird der Körper bestens zur Flucht oder zum Kampf vorbereitet (Neudeutsch: „fight or flight“).

Der Parasympathikus als Gegenspieler ist dagegen für Erholung und Verdauung zuständig („rest and digest“) – die Pupillen werden eng (man will das Haar in der Suppe sehen), die Bronchien müssen nicht erweitert bleiben, zur Entspannung fällt die Herz-Frequenz und der Blutdruck. Die Schließmuskel bleiben geschlossen (man will ja nicht sein Nest beschmutzen), die Verdauungsorgane werden bevorzugt durchblutet und Nährstoffe in gut speicherbare Stoffe umgebaut.

Häufig wird der größte Nerv des Parasympathikus, nämlich der Vagus, synonym für den Parasympathikus verwendet.

Ein Übersetzungsversuch der Faustregel ins Deutsch könnte sein:

Sympathikus gegen Parasympathikus (Vagus) steht für „Kampf“ gegen „Mampf“.

Teufelskreis Herzinsuffizienz

Was passiert nun, wenn die Herzleistung und damit das Herzzeitvolumen (in Ruhe werden beim Gesunden um 4,5 Liter/min gepumpt) sinkt? Dabei spielt die Ursache keine Rolle! Eine Herzkranzgefäß- oder Herzmuskel-Erkrankung, eine Entzündung, ein abgelaufener Herzinfarkt, eine Klappenerkrankung, eine Rhythmusstörung oder ein durch langjährigen Bluthochdruck geschädigtes Herz - Alle denkbaren Ursachen enden schließlich in einem Abfall des Herzzeitvolumens.

Der Organismus bemerkt dies durch die verringerte Gewebsdurchblutung und steigert u.a. Aktivität des Sympathikus. Hierdurch wird Puls und Blutdruck gesteigert, was zunächst durchaus die Durchblutung verbessert.

Die Nieren werden oft in ihrer zentralen Stellung unterschätzt.

Durch eine Minderdurchblutung könnte die Nierenfunktion so verschlechtert werden, dass Abbau-Produkte des Stoffwechsels, wenn man so will Abfall- oder Gift-Stoffe, nicht mehr ausreichend ausgeschieden werden. Daher werden vermehrt Hormone gebildet (Renin, Angiotensine, Aldosteron), durch die vermehrt Wasser und Blut-Salze im Gefäß-System zurückgehalten werden. Auch dies verbessert zunächst die Blutversorgung, führt aber im Weiteren zu einer Überlastung des gesamten Organismus mit Salzen, v.a. Natrium, und Flüssigkeit, das teilweise durch den erhöhten Druck im Gefäß durch die Gefäßwände auspresst werden. Hierdurch sammelt sich z.B. Wasser im Gewebe der Beine bzw. Füße und

wird als „Ödem“ erkennbar – eine Schwellung, die mit dem Finger weggedrückt werden kann und längere Zeit als Delle bestehen bleibt. Im Lungenkreislauf kann die Flüssigkeit in die Lungenbläschen sickern, ein Lungen-Ödem entsteht, der Patient leidet unter schwerster Atemnot.

Desweiteren bedeutet diese Volumen-Überladung vermehrte Arbeit für das ohnehin schon vorgeschädigte Herz; die vermehrte Dehnung der Herzwände führt zu verschlechterter Pumpmechanik und gesteigerter Bereitschaft zu Herzrhythmus-Störungen. Diese verschlechtern ihrerseits ebenfalls die Pumpleistung. Auch der Sympathikus tut das Seine, indem er Rhythmusstörungen begünstigt und über lange Zeit das Herz in Alarmbereitschaft hält, was an sich mal als kurzfristige Fluchtreaktion gedacht war.

Es entwickelt sich ein stabiler Teufelskreis, den es zu durchbrechen gilt.

Behandlung der Herzinsuffizienz

Die Grundlage der Behandlung der Herzinsuff. stellt die medikamentöse Therapie dar. Zuvor müssen jedoch neben der Behandlung der auslösenden Grunderkrankung Basismaßnahmen erfolgen, wie Gewichtsreduktion und Trinkmengen-Beschränkung, Reduktion der Kochsalz-Zufuhr (wenig Natrium, eher mehr Kalium und Magnesium), aber auch körperliche Bewegung (Bettruhe heutzutage nur noch bei NYHA IV empfohlen!).

Durch wassertreibende Medikamente (Diuretika) wird die Überladung des Körpers mit Wasser/Salzen angegangen, die Wirkung der oben angesprochenen Hormone können reduziert werden (ACE-Hemmer, Angiotensin-Antagonisten) ebenso wie die Wirkung des Sympathikus durch Betablocker.

Dabei ist das Ziel, dem Herz Arbeit zu ersparen, indem einerseits die Wasser/Salz-Überladung des Körpers verringert wird und andererseits Gefäße weitgestellt werden. Gefäßerweiterung mit möglichst niedrigem Blutdruck entlastet das Herz, denn es muss gegen einen geringeren Widerstand anpumpen.

Behandlung mit Implantaten

ICD

Moderne Mediziner argumentieren gerne mit Leitlinien ihrer Fachgesellschaften (hier sei für Interessierte die entsprechende Seite der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie mit ihren Leitlinien angeführt: <http://leitlinien.dgk.org/>).

Verblüffenderweise findet sich die Empfehlung, einen ICD zu implantieren unter Anderem in der Konstellation „Chronischer Herzinfarkt oder dilatative Kardiomyopathie, EF \leq 35% und NYHA II-III“ –damit stellt sich die Frage, ob mit einem ICD Herzinsuff. behandelt werden kann.

Hierzu muss man sich entsprechende Statistiken ansehen:

Im NYHA-Stadium II stellt der plötzliche Herztod mit immerhin 64% der Patienten, die versterben, die häufigste Todesursache dar, im Stadium III mit 59%. Das Herzversagen überwiegt mit 56% erst im schwersten NYHA-Stadium IV. Nachdem bekannt ist, dass der plötzliche Herztod zu fast 90% durch Herz-Rhythmusstörungen bedingt ist, die prinzipiell durch den ICD beherrscht werden können, kann man das Ganze so verstehen, dass der implantierte Defi eine Therapie-Form für herzinsuffiziente Patienten darstellt.

Elektrische Widerstände im Brustkorb

Weil nun eben Defi-Träger häufig auch herzinsuffizient sind, hat die Industrie reagiert und bietet gerade für diese Patienten-Gruppe interessante Funktionen an.

Zugrunde liegt das Ohm'sche Gesetz, von dem wir Alle im Physikunterricht gehört haben: Ein ICD kann kurze elektrische Impulse mit konstanter Stromstärke aussenden und die entstehende elektrische Spannung messen. Damit ergibt sich der elektrische Widerstand oder auch Impedanz (in Ohm - Ω) aus $R=U/I$ zwischen den beiden Polen - Elektrode und Defi-Gehäuse.

Nicht schwer einzusehen, dass der Widerstand des Brustkorbs steigt, wenn man einatmet und damit viel mehr -isolierende- Luft zwischen den Polen liegt. Andererseits sinkt die Impedanz beim Ausatmen oder wenn zunehmend Flüssigkeit (Salzwasser!) im Brustkorb eingelagert wird. Somit kann einerseits die Atemfrequenz und die Atemtiefe gemessen werden (was seit Jahren als Belastungs-Sensor für Schrittmacher genutzt wird) aber auch das Ausmaß der Herzinsuffizienz.

Gerade in Verbindung mit einem Home-monitoring-System (sh. hierzu ICD Aktuell Nr.7, Mai 2010 – „Home-monitoring, oder: Wozu mit Patienten reden?“) bietet sich die Möglichkeit, dem Patienten eine massive Verschlechterung durch frühzeitige Medikamenten-Anpassung zu ersparen.

Herzinsuff. Patienten leiden einerseits überdurchschnittlich häufig an einem SAS, aber das Schlafapnoe-Syndrom seinerseits verstärkt wiederum, nicht zuletzt durch die Sympathikus-Aktivierung, die Herzinsuff. (sh. hierzu ICD Aktuell Nr. 11, Dezember 2011, „Atmung meets Herz“)

So ist es nur folgerichtig, dass bestimmte neue ICDs über die oben beschriebene Widerstands-Messung auch die Tiefe und die Frequenz der Atmung messen können. Damit überwachen solche ICD-Systeme den Patienten kontinuierlich nachts und alarmieren, falls sie ein Schlafapnoe-Syndrom beobachten sollten. Ein einleuchtendes Konzept, mit dem Patienten rasch einer entsprechenden schlafmedizinischen Abteilung zugewiesen werden können, weswegen zum Beispiel im HKZ Rotenburg an der Fulda seit Beginn des Jahres solche Implantate im Einsatz sind.

CRT (cardiale Resynchronisations-Therapie)

Im Rahmen einer Herzerkrankung mit zunehmender Herzinsuffizienz vergrößern sich zumeist alle Herzhöhlen, die Faser-Architektur wird zerstört, auch die Strukturen des elektrischen Reizleitungssystems können leiden. Insbesondere entwickelt sich häufig ein sogenannter Linksschenkelblock, also eine Blockierung des Leitungsschenkels, der elektrische Impulse in der linken Hauptkammer verteilt.

Durch die Schädigung des Reizleitungssystems arbeiten die verschiedenen Kammern nicht mehr aufeinander abgestimmt. Der Mediziner spricht von Dys-Synchronie, die einerseits zwischen den Vorhöfen (Atrien) und den Hauptkammern (Ventrikeln), aber auch zwischen rechter und linker Hauptkammer und innerhalb der Kammern selbst auftritt.

Im Bereich der linken Kammer, die ja im Wesentlichen verantwortlich ist für den Auswurf des Blutes in die Hauptschlagader (Aorta), zieht sich typischerweise bei Linksschenkelblock der Anteil der Scheidewand als erstes zusammen. Damit wird Blut in Richtung Hinter-/Seitenwand gepumpt, dieser Wandbereich ist aber durch den Schenkelblock noch

entspannt und gibt nach. Kommt der elektrische Impuls nun verzögert an und dieser Wandbereich spannt sich an, haben wir genau die umgekehrte Situation. Hierdurch entsteht Pendelblut, das im Herzen hin und her gepumpt wird, statt in Richtung Aorta. Dieser Effekt zeigt sich im Ultraschall ganz typisch.

Durch die CRT (= cardiale Re-Synchronisations-Therapie) wird versucht, diese Störungen zu beheben und das Herz wieder zu „re-synchronisieren“.

Dazu ist eine Elektrode im Vorhof und in der rechten Kammer erforderlich, wie sie bei jedem konventionellen Zwei-Kammer-System üblich ist, sowie eine zusätzliche dritte über der Seitenwand der linken Kammer.

Diese Zusätzliche kann chirurgisch einfach -über einen Schnitt zwischen zwei Rippen- direkt auf den Herzmuskel genäht oder eingeschraubt werden. Dieses Verfahren sollte aber die Ausnahme bleiben, sofern es nicht gelingt, die Elektrode anders zu platzieren oder falls dem Patienten ohnehin der Brustkorb für eine andere Herzchirurgische Operation (Bypass/Klappenkorrektur) geöffnet werden muss.

Im Regelfall nutzt man die Vene des Herzens, die überwiegend parallel zu den Herzkranzgefäßen verläuft und über die das Blut aus dem Herzmuskel wieder zurück zum rechten Vorhof fließt. Bei der Implantation wird über speziell vorgeformte Katheter die Mündung der Vene (Sinus coronarius) sondiert und mit Kontrastmittel die -äußerst variable - Anatomie der Vene dargestellt. Nach Identifizierung einer passenden Zielvene, wird die Elektrode dorthin vorgeschoben, wobei ebenfalls verschieden geformte Katheter (teilweise sogar mehrere ineinander – „Teleskop-Technik“) oder feine Drähte wie bei der Ballon-Dehnung von Kranzgefäßen genutzt werden (sh. Abb. 1 & 2)



Abb. 1
Darstellung der Anatomie der Herzvene mit Kontrastmittel im Rahmen der Implantations-Operation (ebenfalls gut zu erkennen, die bereits liegende ICD-Elektrode in der Spitze der rechten Kammer)



Abb. 2
Platzierung der dritten, „linksseitigen“ CRT-Elektrode in der Herzvene

Aktuell wird erneut heftig über den optimalen Stimulations-Ort diskutiert, weiter Richtung Herz-Spitze oder nicht, weiter seitlich oder hinten, Innen- oder Außenwand des Muskels. Diese Debatte ist sicher noch nicht entschieden und führt an dieser Stelle im Detail zu weit, soll aber den Ansatz moderner Verfahren verdeutlichen.

So bietet aktuell eine Hersteller-Firma Elektroden mit vier Polen („quadripolar“) an, die unabhängig voneinander genutzt werden können, so dass zahlreiche unterschiedliche Strompfade programmierbar sind.

Aber auch kleine, drahtlose System finden inzwischen ihren Einsatz beim Menschen. Diese Mini-Schrittmacher-Kapseln mit wenigen Millimetern Durchmesser besitzen Widerhaken an der Spitze und können über einen Herz-Katheter in den Herzmuskel eingehakt werden.

Ein aktuell bereits erhältliches System verfügt über eine eigene Batterie, so dass es als völlig selbständig funktionierender Schrittmacher genutzt werden kann.

Ein anderes System kombiniert einen konventionellen Zwei-Kammer-Schrittmacher mit solch einem verkapselten System (13,5mm x 2,6mm!), das jedoch seine Energie über Ultraschall-Impulse erhält, die Puls-Generator aussendet, der seinerseits unter die Haut implantiert wird.

Wahrsagungen

Wie bereits angedeutet, soll ja in diesem Artikel auch ein bisschen in die Zukunft orakelt werden: Die nachgewiesene Machbarkeit solcher Systeme lässt hoffen, dass künftig vollständig drahtlose System zur Stimulation eingesetzt werden können. Durch die Katheter-gestützte Implantation könnten evtl. künftig Regionen erreicht werden, die für die CRT optimal sind, aber bislang über die Herzvene nicht zugänglich sind.

Oder: Die größten Nachteile des S-ICD (sh. hierzu ICD aktuelle Nr.11, Dezember 2011 „Der subkutane Cardioverter-Defibrillator“) sind einerseits die fehlende Möglichkeit, bei langsamen Rhythmusstörungen als Schrittmacher zu stimulieren sowie andererseits die Tatsache nur Schocks abgeben zu können und keine Überstimulation. Könnten diese Probleme nicht mit dieser neuen Technik künftig gelöst werden? Zumindest wird damit prinzipiell ein drahtloser, Elektroden-freier ICD vorstellbar.

CCM (Cardiale Kontraktilitäts-Modulation)

Nun aber wieder zurück in die Gegenwart:

In Abb. 3 erscheinen die implantierten Elektroden mehr oder weniger als Kabelsalat im Brustkorb eines Patienten, dem neben einem Zwei-Kammer-ICD auch ein CCM-Aggregat eingepflanzt wurde.

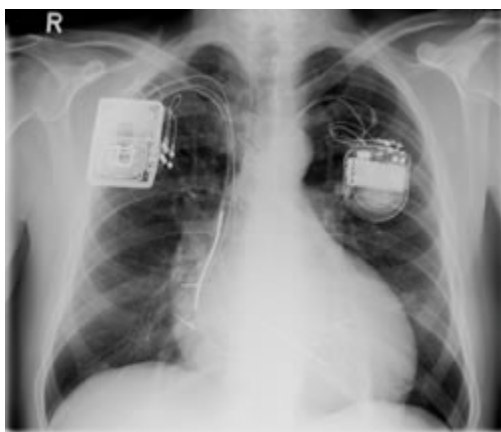


Abb. 3

Röntgen-Bild eines Patienten mit Zwei-Kammer-ICD (rechts auf dem Bild, also auf der linken Seite des Patienten) und eines CCM-Aggregates links auf dem Bild

Gut zu erkennen: Nach links zeigen die beiden Vorhof-Elektroden und nach rechts die beiden CCM-Kammer- sowie die dickere ICD-Elektrode

Das CCM (Cardiale Kontraktilitäts-Modulation) nutzt ein Prinzip, das im Rahmen der reinen Grundlagen-Forschung entdeckt wurde. Gibt man einen relativ starken elektrischen Impuls zu einem bestimmten, frühen Zeitpunkt im EKG ab, kann dies nicht zur elektrischen Erregung der ohnehin schon erregten Herzmuskelzelle führen, aber durch komplizierte und auch noch

nicht vollständig geklärte Mechanismen nimmt die Kraft der Herzmuskelzelle zu. (Es sei hier angedeutet, dass vermehrt Calcium in die Zelle gelangt und offensichtlich auch bestimmte Gene, die bei herzinsuffizienten Patienten aktiv sind, wieder abgeschaltet werden.)

In Studien konnte inzwischen nachgewiesen werden, dass sich Patienten unter der CCM-Therapie besser fühlen und auch messbar belastbarer werden. So nimmt zum Beispiel die Gehstrecke im 6-Minuten-Geh-Test zu und die Patienten nehmen vermehrt Sauerstoff unter Belastung auf. Inwieweit bestimmte Patienten-Gruppen mehr oder weniger profitieren, muss sicher noch in weiteren Studien geklärt werden.

Durch den relativ hohen Energieverbrauch für die Stimulation über zwei Kammer-Elektroden stößt die Batterien-Technologie an ihre Grenzen. So wurde es erforderlich, um eine akzeptable Lebensdauer des CCM-Aggregats zu erreichen, einen Akku einzubauen, der vom Patienten zuhause mit einem Ladegerät wöchentlich über ca. neunzig Minuten geladen werden muss. Hierzu wird ein Ladekopf, der eine Spule enthält über das CCM-Aggregat auf die Haut aufgelegt und induktiv wie bei der elektrischen Zahnbürste aufgeladen.

Als Faustregel kann man sagen, ein Patient sollte ein CCM erhalten, wenn er alle Voraussetzungen für ein CRT-System erfüllt, außer dem Kriterium des Linksschenkelblockes – oder nicht von einem CRT-System profitiert. Einschränkend muss aber betont werden, dass das CCM noch nicht in Leitlinien erscheint und hierfür sicher auch noch weitere Studien abgewartet werden müssen.

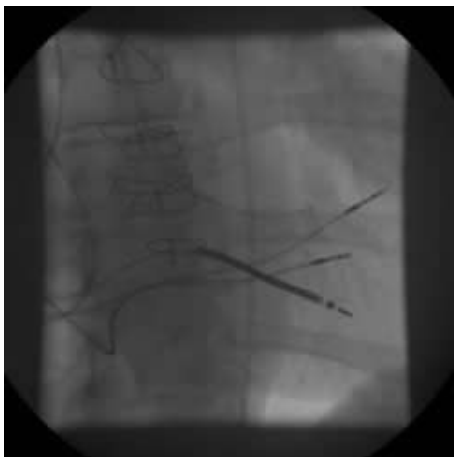


Abb. 4

Vergrößerung der beiden CCM- und der ICD-Elektrode in der rechten Kammer

Vagus-Stimulation

Zurück zu Sympathikus und Para-Sympathikus:

Wie bereits dargestellt, hat der Sympathikus eine wichtige Funktion, nämlich eine rasche Fluchtreaktion zu ermöglichen.

Aber eine andauernd hohe Sympathikus-Aktivität ist nicht vorgesehen und damit für den Gesamt-

Organismus, insbesondere für das Herz, auf Dauer schädlich. Der Herzmuskel ist nicht ausgelegt für eine kontinuierliche Stress-Situation – diese entsteht aber eben durch die hohe Sympathikus-Aktivität ausgelöst durch die Herzinsuffizienz selbst.

Und genau das ist der Ansatz für die Vagus-Stimulation: Durch Aktivierung des Sympathikus-Gegenspielers, den Vagus-Nerv, kann der Herzmuskel sich wieder erholen. Hierzu wird ein Aggregat, das äußerlich einem Zwei-Kammer-Schrittmacher ähnelt, unterhalb des Schlüsselbeins implantiert. Dabei ist eine Schrittmacher-Elektrode in der rechten Kammer erforderlich, um ein EKG ableiten zu können, das von einer entsprechenden Elektronik weiterverarbeitet wird. Eine zweite Elektrode wird um den Vagusnerv im Bereich des Halses gelegt, über die der Nerv stimuliert werden kann. Über eine trickreiche Technik wird versucht, möglichst nur Nervenfasern, die in Richtung Herz laufen, zu erregen, um damit den Herzmuskel von Stress abzuschirmen und „Erholung“ zu ermöglichen. In ersten Studien konnten durch diese Technik sehr erfreuliche Effekte nachgewiesen werden, sowohl was das Befinden bzw. die Symptome der Patienten betrifft als auch Ultraschall-Messwerte.

Fazit

Die verschiedenen Behandlungsformen, sowohl Medikamente als auch ICD und CRT, verlängern das Leben herzinsuffizienter Patienten und das auch noch mit verbesserter Lebens-Qualität.

Besonders erfreulich ist die Tatsache, dass inzwischen auch nachgewiesen werden konnte, dass die einzelnen Therapieformen sich in Kombination ergänzen und gemeinsam mehr bewirken als für sich alleine.

Und was auch mit diesem Artikel klar gemacht werden sollte: Die Zeit bleibt nicht stehen und die Zukunft verspricht weiter viele spannende, erfolgsversprechende neue Verfahren– zum Nutzen der Patienten.

Dr. med. Stefan Steiner
Oberarzt Elektrophysiologie
Kardiologische Fachklinik
Direktor Prof. C. Vallbracht
Herz- und Kreislauf-Zentrum
36199 Rotenburg a. d. Fulda