

# ECHOKARDIOGRAPHIE

## Linksventrikuläre Strain-Analyse

Joscha Kandels und Ulrich Laufs, Leipzig

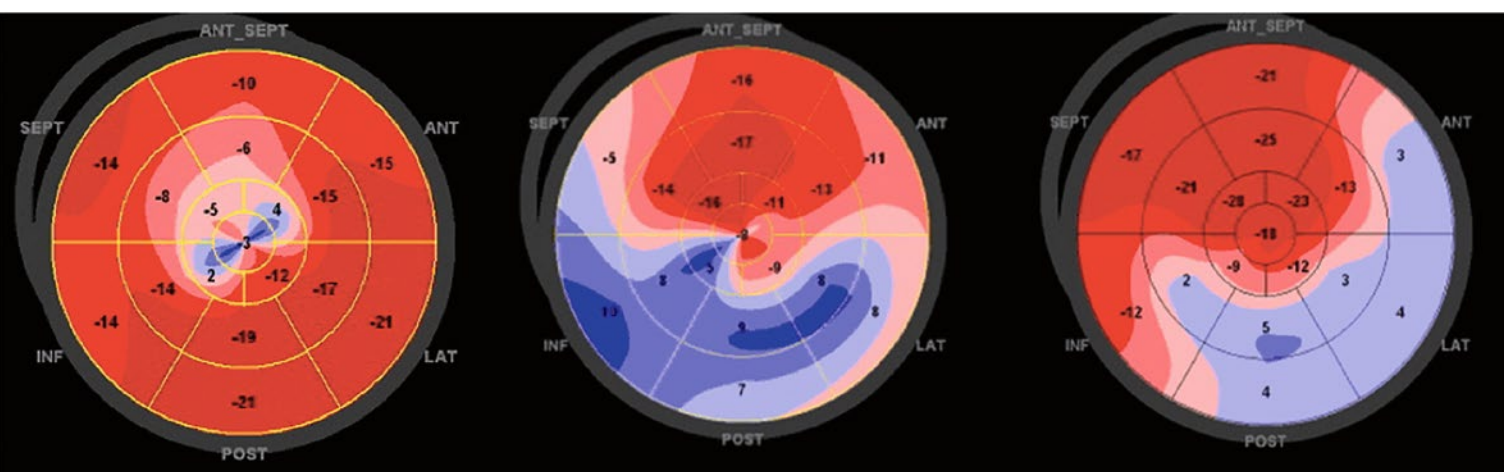


Abbildung 1: Darstellung der regionalen linksventrikulären Kinetikstörungen mittels Strain-Analyse bei einem Patienten mit Herzspitzeninfarkt mit Beteiligung der Vorderwand (links), Hinterwandinfarkt (mittig) und Seitenwandinfarkt (rechts).

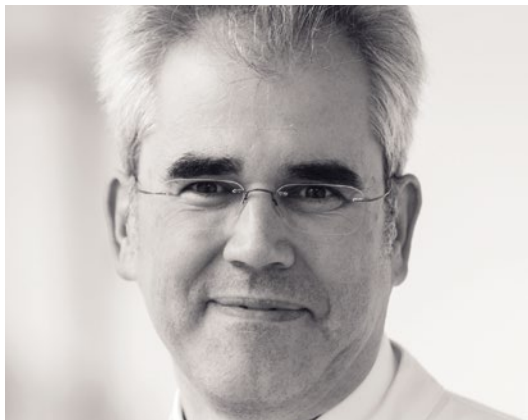
Die Quantifizierung der Funktion des linken Ventrikels ist aufgrund ihrer prognostischen und therapeutischen Bedeutung eine zentrale Fragestellung der Echokardiographie. Die Kontraktion des linken Ventrikels kann aufgrund des zirkulären Verlaufes der Myozyten mit der Auswringbewegung eines Handtuches verglichen werden. Diese dreidimensionale Kontraktionsbewegung wird durch eine Strain-Analyse besser als durch planimetrische Analysen abgebildet.

*Strain* bezeichnet allgemein die Deformation eines physikalischen Körpers, in dem man eine prozentuale Veränderung des Ausgangszustandes im weiteren Verlauf beschreibt. Er beschreibt die Deformation, d. h. die Verkürzung bzw. die Verdickung, eines myokardialen Segmentes. Für den linken Ventrikel entspricht der Ausgangszustand dem maximalen Füllungsstatus zum Zeitpunkt der Enddiastole, der in der Regel mit dem Zustand bzw. der Deformation nach maximalem Auswurf am Ende der Systole verglichen wird. Der myo-

kardiale Strain ist eine dimensionslose Größe und wird in Prozent angegeben. Die Berechnung erfolgt nach der Formel  $(\text{Länge}_{[\text{enddiast.}]} - \text{Länge}_{[\text{endsyst.}]}) / \text{Länge}_{[\text{enddiast.}]}$ . Ein negatives Vorzeichen bezeichnet eine Kontraktion oder Verdünnung, ein positives Vorzeichen eine Dilatation oder Verdickung des Myokards. Die Analyse der linksventrikulären (LV) Deformation stellt ein Maß für die globale und regionale Kontraktion des linken Ventrikels dar. Die linksventrikuläre Kontraktionsbewegung lässt sich in drei Komponenten aufteilen: eine longitudinale Kontraktion in Ventrikellängsachse, eine zirkumferenzielle Kontraktion (tangentielle Verkürzung im Querschnitt entsprechend einer Verkleinerung des Ventrikeldurchmessers in der kurzen Achse) und eine radiale Kontraktion (Verdickung des Myokards während der Kontraktion in der kurzen Achse). Da der globale LV-Strain (GLS) in drei verschiedenen Ebenen technisch einfach bei guter Bildqualität bestimmt werden kann, spielt er eine zunehmende Rolle in der echokardiographischen Beurteilung der systolischen LV-Funktion. Im Vergleich zur konven-



Dr. med. Joscha Kandels  
joscha.kandels@medizin.uni-leipzig.de



Prof. Dr. med. Ulrich Laufs  
ulrich.laufs@medizin.uni-leipzig.de

tionellen Beurteilung der systolischen LV-Funktion durch die linksventrikuläre Ejektionsfraktion (LVEF) konnte gezeigt werden, dass der GLS reproduzierbarere Ergebnisse liefert und weniger untersucherabhängig ist. Zudem ist die Methodik relativ einfach zu erlernen, da bereits nach 50 Anwendungen der LV-Strain-Analyse eine *Expert Competency* zu erreichen ist [1, 2].

Erstmals definiert wurde der Begriff *Strain* 1973 von Mirsky et al. als systolische Verformung einer Herzmuskelzelle unter Stress [3]. Die Strain-Analysen in der Echokardiographie beruhen auf der digitalen Nachverfolgung von kardialen Reflexionsmustern, den sogenannten *Speckles*, die als digitaler „Fingerabdruck“ von einer Software gespeichert und über den gesamten Herzzyklus verfolgt werden. Über eine Mustererkennung werden die Bewegungsvektoren der Speckles generiert. Anschließend werden diese Vektoren auf Plausibilität mittels spezieller Algorithmen segmental überprüft. Die automatisch detektierten regionalen Deformationsmuster dienen zur Analyse der globalen, aber auch regionalen LV-Kontraktion. Da die Speckles die Basis dieses Verfahrens darstellen, spricht man auch von *Speckle-Tracking*. Der konventionelle LV-Strain ist die Differenz der longitudinalen Deformation zwischen diastolischem und systolischem Zustand. Aufgrund der Verkleinerung der Längsachse zwischen Diastole und Systole ist dieser Wert ein negativer Prozentwert. Der Normalbereich des GLS liegt bei Werten kleiner  $-17\%$  [4]. Neben der globalen Analyse der LV-Deformation können aus dem Muster der regionalen LV-Strain-Analyse territoriale Einschränkungen der LV-Kontraktilität erfasst werden. Damit ist das LV-Speckle-Tracking prädestiniert zur Darstellung von ischämiebedingten regionalen Kinetikstörungen sowohl in Ruhe als auch unter Stress [5–7] sowie von speziellen kardialen Erkrankungen mit Einschränkungen der LV-Funktion.

## Koronare Herzerkrankung

Regionale Kinetikstörungen des linken Ventrikels können in den sogenannten Bulls-Eye-Darstellungen gut verständlich dokumentiert werden. Durch die schematische Einzeichnung des rechten Ventrikels werden die LV-Regionen eindeutig festgelegt und zusätzlich in basale (äußerer Ring), mittige

(mittlerer Ring) und apikale (innerer Bereich des Bulls Eye) Segmente eingeteilt. Abbildung 1 zeigt Beispiele für einen Herzspitzeninfarkt mit Beteiligung der Vorderwand, für einen Hinterwand- und einen Seitenwandinfarkt.

## Weitere Anwendungsbereiche der LV-Strain-Analyse

### Früherkennung linksventrikulärer Kontraktionsstörungen

Die Fortschritte in der Behandlung von Patienten mit Tumorerkrankungen haben zu einer verbesserten Überlebensrate dieser Patienten geführt. Leider können verschiedene Chemotherapeutika (z. B. Anthrazykline, Trastuzumab, auch Checkpoint-Inhibitoren) mit einer Kardiotoxizität assoziiert sein. In mehreren Studien konnte gezeigt werden, dass bereits signifikante GLS-Reduktionen eine subklinische kardiotoxische Schädigung vor einer Einschränkung der LVEF erfassen können. Damit können diese Patienten früher einer kardioprotektiven Therapie zugeführt bzw. ein besseres Monitoring der Folgen einer Kardiotoxizität sowie deren Therapie durchgeführt werden [8] (Abb. 2).

### Detektion von Speichererkrankungen (z. B. einer kardialen Amyloidose)

Das in der Regel nachweisbare echokardiographische Korrelat von Speichererkrankungen ist eine linksventrikuläre Wandverdickung mit körniger Myokardtextur, die nicht einer Muskelhypertrophie, sondern der Einlagerung von pathologischen Proteinen im Myokard entspricht. Während diese Wandverdickung allgemein ein nicht sehr spezifisches diagnostisches Kriterium darstellt (eine LV-Hypertrophie ist ebenfalls bei der hypertensiven Herzerkrankung oder der hypertrophen Kardiomyopathie zu beobachten), zeigen die funktionellen Auswirkungen dieser myokardialen

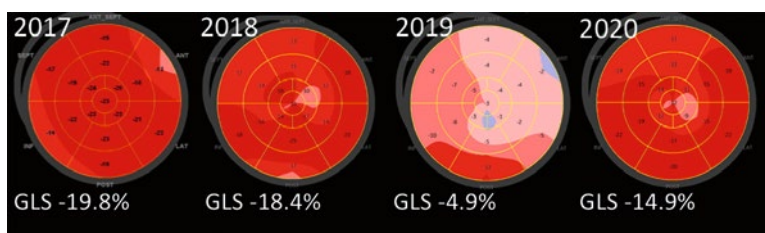


Abbildung 2: Darstellung der linksventrikulären Funktion mittels Strain-Analyse bei einer 45-jährigen Patienten mit akuter lymphatischer Leukämie vor und im Verlauf einer Polychemotherapie. Vor Beginn der Chemotherapie (2017) zeigte sich ein normwertiger Strain (GLS -19,8 %). Nach dem ersten Zyklus (2018) war bereits eine diskrete subklinische Verschlechterung des GLS zu erkennen. Im weiteren Verlauf der aggressiven Chemotherapie nach Rezidiv kam es 2019 zu einer akuten kardialen Verschlechterung der LV-Funktion (GLS -4,9 %). Nach Initiierung einer medikamentösen Herzinsuffizienztherapie zeigte sich im weiteren Verlauf (2020) eine signifikante Besserung der LV-Funktion (GLS -14,9 %).

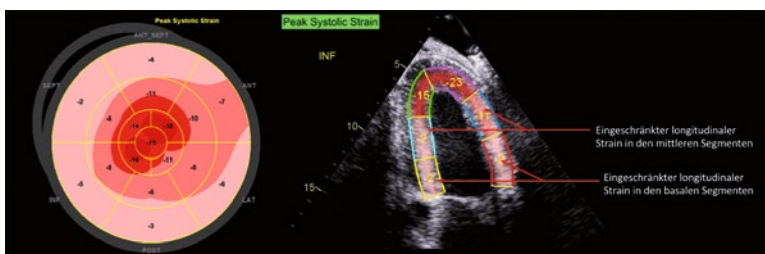


Abbildung 3: Darstellung der regionalen linksventrikulären Kinetikstörungen mittels Strain-Analyse bei einem Patienten mit kardialer Amyloidose. Es zeigen sich, wie erwartet, die reduzierten Strain-Werte in den mittleren und basalen Segmenten. Die Herzspitze bleibt funktionell intakt, man spricht vom *apical sparing*.

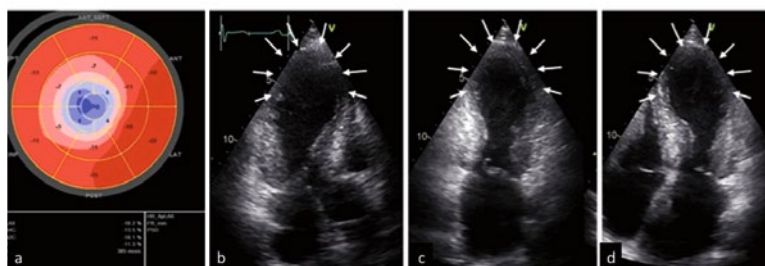


Abbildung 4: Darstellung der regionalen linksventrikulären (LV-)Kinetikstörungen durch die Strain-Analyse bei klassischem Tako-Tsubo-Syndrom (a): Die Pfeile markieren den Bereich des *apical ballooning* in der apikalen langen Achse, im apikalen 2-Kammer-Blick und im apikalen 4-Kammer-Blick endystolisch (b-d).

# ECHOKARDIOGRAPHIE

Gewebeveränderungen (insbesondere bei der kardialen Amyloidose) ein charakteristisches Muster. Daher sind LV-Strain-Analysen – insbesondere in der Diagnostik einer kardialen Amyloidose – von Nutzen. Die longitudinale Deformation ist in den apikalen Segmenten typischerweise besser erhalten als in den basalen Segmenten. Man bezeichnet dieses Phänomen als *apical sparing* [9].

## Diagnostik eines Tako-Tsubo-Syndroms

Das Tako-Tsubo-Syndrom (TTS, *Syn.*: Stress-induzierte Kardiomyopathie) zeigt ebenfalls ein charakteristisches Muster der LV-Deformation. Bei dieser – überwiegend weibliche Patienten in der Postmenopause betreffenden – Erkrankung ähnelt die Symptomatik dem eines akuten Koronarsyndroms. Neben EKG-Veränderungen ist in der Regel auch ein Anstieg der kardialen Biomarker (z. B. kardiales Troponin T, CK-MB) zu beobachten. Koronarangiographisch lassen im Falle einer Tako-Tsubo-Kardiomyopathie keine signifikanten Koronarstenosen nachweisen. Diagnostisch zeigen sich jedoch bei der typischen Tako-Tsubo-Kardiomyopathie echokardiographisch charakteristische apikale LV-Kinetikstörungen. Diese Kinetikstörungen betreffen alle Versorgungsgebiete der Koronararterien, die dem Bild des *apical ballooning* entsprechen. Es gibt jedoch auch selten atypische bzw. inverse Formen der Tako-Tsubo-Kardiomyopathie [10].

## Fazit

Ergänzend zur konventionellen Bestimmung der LVEF liefert der LV-Strain sowohl diagnostisch als auch prognostisch wertvolle Informationen. Mit Hilfe der LV-Strain-Analyse können Erkrankungen des linken Ventrikels besser als mit konventionellen Methoden differenziert werden. Es können frühzeitiger klinische Entscheidungen getroffen und therapeutische Maßnahmen eingeleitet werden. ●

## Referenzen

1. Chan J, Shiino K, Obonyo NG et al. Left ventricular global strain analysis by two-dimensional speckle-tracking echocardiography: the learning curve. *J Am Soc Echocardiogr* 2017; 30(11): 1081–90.
2. Karlsen S, Dahlslett T, Grenne B et al. Global longitudinal strain is a more reproducible measure of left ventricular function than ejection fraction regardless of echocardiographic training. *Cardiovasc Ultrasound* 2019; 17(1): 18.
3. Mirsky I, Krayerbuehl HP. The role of wall stress in the assessment of ventricular function. *Herz* 1981; 6(5): 288–99.
4. Sitia S, Tomasoni L, Turiel M. Speckle tracking echocardiography: A new approach to myocardial function. *World J Cardiol* 2010; 2(1): 1–5.
5. Zhu W, Liu W, Tong Y, Xiao J. Three-dimensional speckle tracking echocardiography for the evaluation of the infarct size and segmental transmural involvement in patients with acute myocardial infarction. *Echocardiography* 2014; 31(1): 58–66.
6. Bière L, Donal E, Terrien G et al. Longitudinal strain is a marker of microvascular obstruction and infarct size in patients with acute ST-segment elevation myocardial infarction. *PLoS One* 2014; 9(1): e86959.
7. Loutfi M, Ashour S, El-Sharkawy E et al. Identification of high-risk patients with non-ST segment elevation myocardial infarction using strain doppler echocardiography: correlation with cardiac magnetic resonance imaging. *Clin Med Insights Cardiol* 2016; 10: 51–9.
8. Thavendiranathan P, Negishi T, Somers E et al. Strain-guided management of potentially cardiotoxic cancer therapy. *J Am Coll Cardiol* 2021; 77(4): 392–401.
9. Koyama J, Ray-Sequin PA, Falk RH. Longitudinal myocardial function assessed by tissue velocity, strain, and strain rate tissue Doppler echocardiography in patients with AL (primary) cardiac amyloidosis. *Circulation* 2003; 107(19): 2446–52.
10. Citro R, Okura H, Ghadri JR et al. Multimodality imaging in takotsubo syndrome: a joint consensus document of the European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI) and the Japanese Society of Echocardiography (JSE). *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2020; 21(11): 1184–1207.

Dr. med. Joscha Kandels  
 Prof. Dr. med. Ulrich Laufs  
 Klinik und Poliklinik für Kardiologie  
 Universitätsklinikum Leipzig  
 Liebigstraße 20, 04103 Leipzig