ANALYSE VON PULSKURVEN UND AKRALER WIEDERERWÄRMUNG BEI MILDER INFRAROT-A-HYPERTHERMIE ZUR SKLERODERMIEBEHANDLUNG

Beate Meffert, Olaf Hochmuth, Mathias Steiner,
Hans Meffert, Ines Buchholtz

Humboldt-Universität zu Berlin, Fachbereich
Elektrotechnik und Hautklinik der Charité

ZUSAMMENFASSUNG

Jede Erhöhung der Körperkerntemperatur bewirkt eine Weitstellung der kleinen Blutgefäße und weitere Veränderungen der zentralen und peripheren Hämodynamik [3,11]. Bei systemischer Sklerodermie tendieren die peripheren Blutgefäße zur Verengung. Zur Untersuchung möglicher therapeutischer Effekte sind Patienten mit systemischer Sklerodermie einer seriellen Infrarot-A-(IRA-)Ganzkörperbestrahlung unterzogen worden. Dabei wurden zwei Größen als Maß für die Änderungen der Durchblutung während und nach der Therapie ausgewählt: die akrale Wiedererwärmung der Haut und die Formunterschiede des peripheren Pulses. Beide Größen haben sich als prinzipiell geeignet erwiesen.

EINLEITUNG

Kurzwellige Infrarotstrahlung mit Wellenlängen zwischen 800 und 1400 nm durchdringt die oberflächlichen Hautschichten weitaus besser als Infrarotstrahlung größerer Wellenlängen und wird zu einem beträchtlichen Teil erst in den hautnahen Kapillaren in Wärme umgewandelt [2], die dann mit dem fließenden Blut rasch im Körper verteilt wird. Auf diese Weise kann der Körper schonend und effektiv überwärmt werden. Die einsetzende gegenregulatorische Weitstellung der kleinen hautnahen Blutgefäße dient der Abgabe dieser überschüssigen Wärme in die Umgebung. Die Vorteile der Überwärmung mit kurzwelliger Infrarotstrahlung gegenüber konventionellen Methoden liegen darin, daß die Hitzebelastung der Oberhaut entfällt und mehr Wärme schonender eingebracht werden kann.

Das Einsatzspektrum der Infrarothermie wird in [6] angegeben: Behandlung von chemotherapiereisistenten Infektionen, chronischen Entzündungen, insuffizienter Hormonproduktion, Krankheiten mit Immunpathogenese, allgemein zur Anregung von Stoffwechselprozessen im Organismus und Durchblutungsverbesserungen. Letzteres trifft für die Behandlung der systemischen Sklerodermie zu.

TECHNISCHE AUSRÜSTUNG

Infrarothermiewärmergeräte sollten keine langwelligen Infrarotanteile emittieren, wie das bei Geräten älterer Bauart der Fall ist, da sonst Hitzeschmerz und -reizung der Oberhaut die Intensität der Strahlung begrenzen würden.

Die zur Verfügung stehende Infrarot-A-Hyperthermiejereinrichtung IRA-Therm II des Forschungsinstitutes "Manfred von Ardenne" ist für die Erzeugung von Ganzkörperhyperthermie geeignet [4,7]. Kernstück der Hyperthermiejereinrichtung sind Halogenstrahler mit 1300 Watt Nennleistung, deren Emission durch einen Wassermantel gefiltert wird. Der Wassermantel absorbiert die störende langwellige Infrarotstrahlung mit Wellenlängen größer 1400 nm.

Der Patient liegt unbedeckt auf einem dünnen, knotenfreien Kunstfasernetz mit einer Maschenweite von 6 mm, das zwischen zwei Glasfaserholmen gespannt ist. Ein Strahler-Reflektor-System, IRAflex, erzeugt mit hoher Effektivität Wärmestrahlung, die tief in das menschliche Gewebe eindringt und homogen auf das Zielgebiet gerichtet ist. Die Bestrahlungsstärke ist in den einzelnen Regionen der IRA-Therm-Therapieeinrichtung stufenlos zwischen 1,7 und 12 W/dm² einstellbar.

PATIENTEN UND METHODEN

Nach klinischen Gesichtspunkten ausgewählte weibliche Patienten mit systemischer Sklerodermie wurden insgesamt 15mal bestrahlt, wobei eine Bestrahlung jeweils eine Dauer von 30 Minuten hatte. Das Durchschnittsalter betrug 48,3 Jahre, die Krankheit bestand zwischen 9 und 33 Jahren. Die maximale Bestrahlungsstärke betrug 12 W/dm², die rektal gemessene Temperatur stieg im Mittel um 0,9°C an, die Pulsfrequenz nahm mäßig zu, der diastolische Blutdruck sank kontinuierlich, im Mittel um 8 mm Quecksilbersäule. Subjektiv wurde ein Wärmegefühl angegeben, das etwa 2 Tage anhielt.

Zur Objektivierung des therapeutischen Effektes wurden die Pulscurven und die akrale Wiedererwärmung herangezogen, die beide vor und nach der Bestrahlung registriert worden sind. Die Druckpulscurven wurden vom rechten Zeigefinger mit einer nichtinvasiven Technik unter Verwendung eines piezoelektrischen Sensors abgeleitet. Die Messung der akralen Wiedererwärmung erfolgte berührungslos nach Kälteschock mit einer Vakuumthermosäule.

PULSKURVENANALYSE

Das Ziel der Pulscurvenanalyse ist die Gewinnung von Aussagen über die individuelle Wirksamkeit der IRA-Hyperthermie.

Die Formunterschiede der Pulscurven lassen sich quantitativ auf verschiedene Weise erfassen; es sind sowohl Analysen im Zeitbereich als auch spektrale Verfahren möglich. Bei den spektralen Verfahren ist nach einer für das spezielle Signal günstigen Transformation zu suchen; üblich ist die Fouriertransformation, da unter Verwendung ihrer schnellen Algorithmen die Koeffizienten leicht zu berechnen sind [1] und zu erwarten ist, daß die Formunterschiede im Zeitbereich mit wenigen Koeffizienten des Spektralbereiches zu beschreiben sind. Diese Datenreduktion läßt effiziente Algorithmen zur On-line-Auswertung der Pulscurven noch während der Bestrahlung erwarten. Abb. 1 zeigt Pulssignale für den Fall einer Sklerodermieerkrankung.

Abb. 1: Pulssignal bei Sklerodermie a) vor und b) nach 20minütiger Hyperthermie

Die Formveränderungen im Falle schlechter peripherer Durchblutung sind in [5] beschrieben. Sie kommen vor allem im Niveau der Inzisur zum Ausdruck. Die Verringerung des peripheren Widerstandes geht mit einem Absinken der Inzisur einher. Dieses Phänomen, das subjektiv ein besseres Wohlbefinden der Patienten bedeutet, läßt sich effektiv anhand der Veränderungen in den jeweiligen Fourierspektren zeigen.

ANALYSE DER AKRALEN WIEDERERWÄRMUNG

Für die objektive Einschätzung der akralen Wiedererwärmung wird eine in [8,9] vorgestellte Methode herangezogen. Danach wird unter standardisierten Bedingungen ein Finger in Eiswasser 30 Sekunden abgekühlt, abgetrocknet und die von ihm ausgehende Strahlung berührungslos gemessen. Abb. 2 zeigt den relativen Verlauf einer akralen Wiedererwärmung.

Abb. 2: Relativer Verlauf einer akralen Wiedererwärmung nach Kälteschock bei Sklerodermie a) vor und b) nach Hyperthermiebehandlung

Zwischen der gemessenen Strahlung und der Hautoberflächentemperatur existiert ein analytisch angebbarer Zusammenhang. Mit der Kenntnis über die zögernd einsetzende Temperaturerhöhung läßt sich eine sogenannte Zeitkonstante der akralen Wiedererwärmung bestimmen. Für deren exakte Ermittlung sind Computerprogramme entwickelt worden, die die Versuchssteuerung und den On-line-Anschluß der Vakuumthermosäule beinhalten.

ERGEBNISSE

Die Veränderung der Fourierkoeffizienten während einer IRA-Bestrahlung und im Verlauf der Serie konnten mittels diskriminanzanalytischer Methoden abgesichert werden.

Die Messung der Zeitkonstanten der akralen Wiedererwärmung nach Kälteschock ergab, daß sie von Stundenwerten vor der Behandlungsserie auf nur wenige Minuten danach absinkt. Die Besserung hält mindestens 18 Wochen an [10].

LITERATUR

- [1] Ahmed, N. and Rao, K. R.: Orthogonal Transforms for Digital Signal Processing. Springer-Verlag, Berlin 1975.
- [2] Bachem, A.: Die Lichtdurchdringung der menschlichen Haut. Strahlenther. 39 (1931) 30-56.
- [3] Bäuml, H., Scherf, H.-P., Aurisch, R., Strangfeld, D., Siewert, H., Meffert, H., Dittmann, K., Plettig, J., Sönnichsen, N.: Einfluß einer Serie von Infrarot-Ganzkörperbestrahlungen auf Fließeigenschaften des Blutes und die Hämodynamik. Perfusion 4 (1990) 138-143.
- [4] Dauterstedt, W., Hecht, H.-Chr., Mayer, W.-K., Schuhmann, E. and Winckler, R.: IRA-Therm - eine neuartige Infrarot-A-Hyperthermieeinrichtung. Z. Klin. Med. 42 (1987) 953-957.
- [5] Gadermann, H., Jungmann, E.: Klinische Arterienpulsschreibung. Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1964.
- [6] Heckel, M.: Ganzkörpererwärmung und steuerbare Hyperthermie mittels tiefpenetrierender kurzwelliger Infrarotstrahlung. Med. Welt 21 (1970) 308-313.
- [7] Meffert, H., H.-Chr. Hecht, H. Günther, H.-P. Scherf, E. Schuhmann, M. v. Ardenne, N. Sönnichsen: Biophysikalische Ergebnisse des klinischen Tests der IRA-Therm-Hyperthermietechnik der 2. Generation. ThermoMed 3 (1990) 71-78.
- [8] Meffert, H., Sönnichsen, N. und Meffert, B.: Skin rewarming curves. Lancet (London) II., No. 7780 (1972) 679.
- [9] Meffert, H., Lemke, U., Meffert, B. und Sönnichsen, N.: Wiedererwärmung, Wärmeleitfähigkeit und Durchblutung der Haut bei Gesunden und Sklerodermiekranken. Dermatol. Monatsschr. 160 (1974) 282-290.
- [10] Meffert, H., I. Buchholtz, A. Brenke: Milde Infrarot-A-Hyperthermie zur Behandlung der systemischen Sklerodermie. Dermatol. Mon.schr. 176 (1990) 683-686.
- [11] Siewert, H.-D., D. Strangfeld, H.-P. Scherf, H.-J. Winterfeld, H. Meffert: Untersuchungen zum Verhalten der Hämodynamik unter akuter Hyperthermie. Z. Phys. Med. Baln. Med. Klim. 18 (1989) 282-283.