

Computer-unterstützte dynamische Thermographie in der Mammadiagnostik

Geser, M. (Zürich), Böslger, P.

Institut für Biomedizinische Technik der Universität und ETH Zürich,
Moussonstr. 18, CH-8044 Zürich

Die konventionellen mammadiagnostischen Untersuchungsverfahren erfassen vorwiegend strukturelle oder morphologische Gewebeeränderungen. Ergänzend und komplementär dazu liefern thermographische Messverfahren funktionelle Informationen über den Wärmehaushalt der Brust, der beim Vorhandensein eines Krebstumors oft gestört ist. Neue Erkenntnisse lassen sich aus der thermographischen Untersuchung des dynamischen Temperaturverhaltens der Brustoberfläche gewinnen. Bei diesem Verfahren wird die auf eine forcierte Abkühlung mit einem Luftstrom folgende Wiederaufwärmphase des Gewebes durch periodisches Aufnehmen von Wärmebildern festgehalten. Diese Wärmebildsequenzen werden durch den Computer quantitativ analysiert.

Ein mögliches Einsatzgebiet der dynamischen Telethermographie im Rahmen der Mammadiagnostik stellt die weitere Abklärung klinisch negativer Fälle dar, die auffällige stationäre Brustthermogramme aufweisen. Zu diesem Zweck wurde ein nach speziellen Fragestellungen ausgewähltes Kollektiv von Patientinnen der senologischen Sprechstunden der Universitätsfrauenklinik Basel (*) dynamisch thermographiert. Die dynamischen Messungen erfolgten unter Standardbedingungen /4/, zum Teil unmittelbar nach den statischen Aufnahmen. Bei jeder Untersuchung wurde als erstes die stationäre Temperaturverteilung abgespeichert, die als Referenz für die Beurteilung des Abkühlverhaltens dient. Die Kühlvorrichtung besteht aus zwei an einem schwenkbaren Hebelarm fest montierten Ventilatoren. Die Kühldauer von 75 Sekunden bewirkt eine Abkühlung der Brustoberfläche von im Mittel 2.5 - 3 Grad C. Nach der Abkühlung wird während der folgenden Wiederaufwärmphase eine Sequenz von 20 Frontalthermogrammen in variablen Zeitintervallen zwischen 3 und 7.5 Sekunden aufgenommen und zur späteren Verarbeitung abgespeichert.

Die für die Steuerung der Aufnahme und die Verarbeitung der Thermogrammsequenzen eingesetzte Anlage umfasst eine Infrarotkamera, ein Mikroprozessorsystem mit verschiedenen Peripheriegeräten, sowie eine Bildspeicher- und Visualisierereinheit. Mit der für die Aufnahmen verwendeten IR-Kamera (modifizierter Thermograph Spectrotherm 2000 von UTI) werden die Temperaturverteilungen im Bereich von 20 bis 36 Grad C mit einer Auflösung von etwa 0.1 Grad C registriert. Die digitalisierten Temperaturmesswerte werden in die Bildspeichereinheit übertragen. Der Bildspeicherinhalt wird wahlweise farb- oder grau-

tonkodiert auf einem Monitor dargestellt. Er ist dem Prozessor (Floating-Point CPU TMS 99100A von Texas Instruments) über ein Memory-Mapping-Verfahren zur Datenanalyse direkt zugänglich. Ein Festplattenlaufwerk dient als Speichermedium für Wärmebildsequenzen und Programme. Die Archivierung der Thermogramme erfolgt in digitaler Form auf Videoband, die der Programme auf Floppy-Disk. Ein Lichtgriffel gewährleistet die interaktive Markierung von auszuwertenden Gebieten im Thermogramm sowie die Ablaufsteuerung von Programmen. Zu Dokumentationszwecken stehen eine Farb-Sofortbildkamera und eine S/W-Hardcopy-Einheit zur Verfügung.

Die bei der Aufnahme auftretenden Bewegungsartefakte infolge der Atmung der Patientin bewirken Verschiebungen der einzelnen Thermogramme einer Sequenz gegeneinander. Um bei der quantitativen Auswertung der Bildfolgen eine hohe Auflösung und Genauigkeit zu erzielen, müssen diese Artefakte vorgängig möglichst vollständig auskorrigiert werden. Die automatische Bewegungskorrektur durch den Computer basiert auf einem für diese Zwecke angepassten und optimierten sequentiellen Algorithmus, der translatorische Verschiebungen der Thermogramme bezüglich des ersten Bildes der Sequenz ermöglicht /1,3/.

Das Grundziel der Auswertung bildet die Beschreibung der Thermodynamik der auffälligen Strukturen (Gefässmuster, Hot-Spots) durch quantitative Parameter, mit deren Hilfe eine objektive Klassifikation jeder Sequenz durchgeführt werden kann /3/. Für die Extraktion der interessierenden Strukturen werden Einzelthermogramme und Differenzbilder der Abkühlung und Aufwärmung in mehreren Schritten durch den Computer verarbeitet. Als anomaliesensitiv erweisen sich nicht nur die auf den Differenzthermogrammen definierten Parameter, sondern auch Grössen, die das globale und lokale Wiederaufwärmverhalten mit der örtlichen Durchblutung und ihrer Regulation in Relation stellen. Diese Analyse basiert auf einem physikalischen Modell, das die Wärmebilanz auf der Brustoberfläche berücksichtigt /2,5/.

Die Beurteilung einer Sequenz aufgrund der Gesamtheit aller Parameter beruht auf den Ergebnissen einer multivariaten Diskriminanzanalyse. Dieses Verfahren erlaubt die thermographische Klasseneinteilung der Aufnahmen, basierend auf der Berechnung von Wahrscheinlichkeiten für die Zugehörigkeit der Messungen zur Gruppe der Sequenzen von Patientinnen

mit negativen und positiven Karzinombefunden.

Das dynamisch untersuchte Lernkollektiv bestand aus 160 Patientinnen ohne nachweisbare Karzinome und 50 Frauen mit histologisch gesicherten Karzinomen. Die retrospektive dynamisch-thermographische Klassifikation der klinisch positiven Fälle ergab eine Karzinomerkennungsrate von etwa 75 %, was vergleichbar ist mit der entsprechenden Beurteilung der statischen Wärmebilder. Von den 35 Frauen ohne nachweisbare Karzinome mit auffälligen stationären Thermogrammen wurden 40 % dynamisch unauffällig, 20 % dynamisch suspekt und 40 % dynamisch ebenfalls auffällig klassifiziert.

Die kombinierte Anwendung der statischen und dynamischen Thermographieuntersuchungen kann also die thermographisch "falsch-positiven" Fälle um etwa zwei Fünftel reduzieren, wenn dynamisch unauffällige Aufnahmen als thermographisch negativ eingestuft werden. Es bleibt allerdings in einer mehrjährigen klinischen Studie abzuklären, inwiefern sich die Risiken für das Auftreten von Karzinomen zwischen den Gruppen dynamisch auffälliger und dynamisch unauffälliger Patientinnen mit statisch suspekten Thermogrammen unterscheiden.

(*) PD Dr. D. Stucki, Dr. C. Landolt
Universitätsfrauenklinik des Kantonsspitals
Basel, Schweiz

- /1/ Barnea D.I., Silverman H.F.
A Class of Algorithms for Fast Digital
Image Registration
IEEE Trans. Comp. 21 : 179-186, 1972
- /2/ Bösiger P. et al.
Dynamische Belastungsthermographie der Gingiva
Thermologie Fachberichte 4 : 19-22, 1982
- /3/ Geser M.
Diss. ETH Zürich, in Bearbeitung
- /4/ Scaroni F.
Relevanzanalyse diagnostischer Parameter von
Computer-Thermogrammen des menschlichen Körpers
Diss. ETH Zürich 7385, 1983
- /5/ Thermal Characteristics of Tumours
Annals of the New York Academy of Sciences
Vol. 335, 1980