Thermoprofile im Gesichtsbereich Teil I: Bestimmung einer Normwertgruppe

Andreas Bremerich und Petra Krischek-Bremerich
Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Universität Ulm im Bundeswehrkrankenhaus, Oberer Eselsberg 40, 7900 Ulm

Zusammenfassung

Anhand eines 292 Personen umfassenden Probandenkollektivs wurde versucht, Normwertprofile im Gesichtsbereich zu erstellen. Die Untersuchung wurde mit dem elektronischen Kontaktthermometer "*Thermognost"* durchgeführt.

Im Seitenvergleich ergibt sich im Gesichtsbereich kein symmetrisches Verhalten. Die gemessenen Individualwerte weichen zum Teil erheblich voneinander ab. Eine Thermoregulation nach Belastung mit einem Kältereiz an den Ohrläppchen findet statt. Dabei ergeben sich keine Unterschiede zwischen den Gesichtshälften. Durchschnittlich erhöht sich die Temperatur um $0,1\,^{\circ}\mathrm{C}$

Aufgrund der Meßergebnisse ist von einer breiten biologischen Variabilität der Gesichtstemperatur auszugehen.

Summary

The aim of this study was to establish a "normal value temperature profile" of the facial area. The group examined consisted of 292 healthy persons. For the investigation we used the "Thermognost" – an instrument based on contact measurements.

Comparing the two halves of the face a symmetrical pattern of thermographical behaviour could not be found. In parts there was a considerable difference concerning the individual values. After a stimulus by cold at the lobe of the ear a thermoregulation took place – however, differences in the two halves of the face could not be registered. The temperature increased at about 0.1 °C on an average.

According to these results it can be stated that the temperature in the facial area is based on an extensive variability.

Résumé

Pour un collectif de 292 personnes on a essayé d'établir un profil de valeurs normales thermiques de la face. L'étude a été faite avec le thermomètre "*Thermognost*".

En comparant les deux côtés de la face on ne trouve pas de rapports symétriques. Les résultats individuels diffèrent en partie considérablement. Après exposition du bout de l'oreille à une sensation de froid on constate une thermorégulation. Dans ce cas il n' y a pas de différence entre les deux côtés de la face. On en moyenne trouve une augmentation de température de $0.1\,^{\circ}\mathrm{C}$.

En raison de ces résultats on constate une variabilité biologique assez large de la température de la face.

Einleitung

In den vergangenen Jahren hat die Thermographie im Rahmen einer sorgfältigen Differentialdiagnose bei den verschiedensten Krankheitsbildern zunehmend an Bedeutung gewonnen (6, 7, 8, 10, 11). Die Thermographie als relativ unkompliziertes und nicht invasives Verfahren wird von den Patienten entsprechend gut toleriert und hat daher auch – vor allem in der Schmerzdiagnostik nach Schädigung von Spinalnerven – ihren Stellenwert erreicht. Im Gegensatz dazu wird die thermographische Analyse bei Erkrankungen im Gesichtsbereich noch nicht entsprechend genutzt.

Ziel der zweiteiligen Untersuchung war es, die Möglichkeiten der Thermographie in der Gesichtsschmerzdiagnostik abzuklären. Im ersten Teil der Untersuchung wurde

versucht, Normwert-Thermoprofile im Gesichtsbereich zu erstellen. Dabei sollten folgende Arbeitshypothesen bewiesen werden:

- 1. Die Gesichtstemperatur verhält sich bei gesunden Menschen im Seitenvergleich symmetrisch.
- 2. Nach Belastung mit einem Kältereiz verhält sich die thermoregulatorische Antwort der Gesichtshaut im Seitenvergleich unauffällig. Bezogen auf den Wert vor Reiz ist allerdings ein hyperthermes Verhalten zu erwarten.

Material und Methodik

Unter Standardbedingungen (Tab. 1) wurde bei 300 willkürlich ausgewählten Probanden eine Thermoprofilanalyse der Gesichtshaut erarbeitet. Hinsichtlich des geplanten Erstellens von Normwert-Thermoprofilen wurden bei der Auswahl der dafür zulässigen Probanden die in Tabelle 2 aufgeführten Kriterien zugrunde gelegt.

Tab. 1 Allgemeine Standardbedingungen (für alle Probanden und Patienten!).

- Konstante Raumtemperatur von 22 °C
- Luftfeuchtigkeit um 50 %
- Probanden:
 - keine Bartträger
 - kein Nikotingenuß und keine sportlichen Aktivitäten bis 2 Stunden vor der Untersuchung
 - keine akuten Entzündungszeichen oder Operationen im Mund-, Kiefer-Gesichtsbereich
 - Adaptation der Probanden an die Raumtemperatur f
 ür die Dauer von mindestens 10 Minuten

Tab. 2 Spezielle Kriterien, die die Probanden des gesunden Kollektivs erfüllen mußten.

- klinisch unauffällig
- bislang keine Operationen und Entzündungen im Mund-, Kiefer- und Gesichtsbereich
- Blutdruck im Normbereich der WHO
- kein regelmäßiger Tablettenkonsum
- Nichtraucher
- keine Infektionskrankheiten und allergische Neigungen in der Vorgeschichte bekannt

Die Thermoprofilanalyse erfolgte mit einem elektronischen Kontaktthermometer "Thermognost" (W. Eidam, Medizintechnologie GmbH), der eine sequentielle Messung aller Meßpunkte in ca. 20 sec erlaubt.

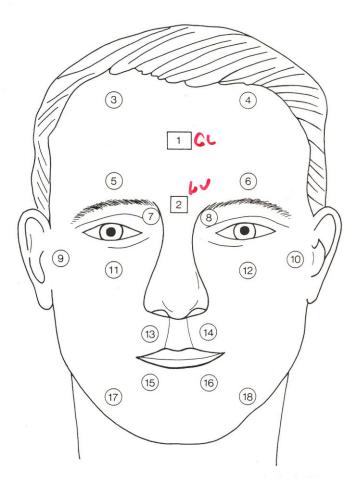


Abb. 1 Schematische Darstellung der 18 Hautmeßpunkte im Gesichtsbereich.

Die Meßpunkte – repräsentativ für die einzelnen Trigeminusäste – sind aus Abbildung 1 ersichtlich. Von den ersten beiden singulären Punkten Glabella und Nasenwurzel abgesehen, erfolgten die einzelnen Messungen im symmetrischen Seitenvergleich an nachfolgenden Hautarealen:

- 1. Glabella (Bezugswert)
- 2. Nasenwurzel (zur Beurteilung der allgemeinen Regulationsfähigkeit)
- 3. Tuber frontale, Foramen supraorbitale und Angulus oculi medialis (repräsentativ für den Nervus V1)
- 4. Oberlippe und Foramen infraorbitale (Nervus V2)
- 5. Unterlippe, Foramen mentale und Kiefergelenksregion (Nervus V3).

Wie in thermographischen Studien üblich, wurde der Glabellapunkt als Bezugswert mitgemessen, da es sich gezeigt hatte, daß dieser Punkt auch nach Belastungsreiz noch eine relative Konstanz beibehält (7, 8, 9).

Es wurden 2 Messungen durchgeführt: die erste nach einer mindestens 10minütigen Adaptation an die Raumtemperatur und die zweite Messung nach Setzen eines Kältebelastungsreizes im Bereich der Ohrläppchen. Für diesen Kältereiz wurde das in der Zahnheilkunde bekannte "Provotest" benutzt; kurzer Sprühstoß auf beide Ohrläppchen (jeweils ca. 3 sec), zweite Messung nach 1 min. Adaptationszeit.

Die Auswertungen des in dieser Studie gesammelten Datenmaterials wurden mittels des Programmsystems BMDP-1D, 4D, 6D und 8D nach entsprechender Vorbereitung am Rechenzentrum der Universität Ulm vorgenommen. Die vergleichende Untersuchung der einzelnen Probandengruppen erfolgte über Mittelwert- und Standarddeviationsbestimmungen; die Signifikanztestung wurde mit dem Wilcoxon-Test für asymmetrische Kollektivverteilung und dem t-Test für normalverteilte Grundgesamtheiten durchgeführt.

Ergebnisse

Patientenkollektiv

Das Kollektiv bestand aus 300 gesunden Probanden. 8 Personen wurden nach Anamneseerhebungen bzw. klinischer Untersuchung ausgeschlossen, da bei ihnen eine akute Entzündung im Bereich der oberen Luftwege bzw. der Kieferoder Stirnhöhle vorlag. Somit wurde die Temperaturanalyse an insgesamt 292 gesunden Probanden durchgeführt.

Von diesen 292 Probanden waren 236 (81 %) männlichen und 56 (19 %) weiblichen Geschlechts. Das Durchschnittsalter betrug 25,8 Jahre. Der jüngste Proband war 18 Jahre, der älteste 72 Jahre alt.

Allgemeine Thermoregulationen vor und nach Kältereiz

Aus den Meßergebnissen sämtlicher symmetrischer Meßpunkte der 292 Probanden wurden für jede Gesichtshälfte und für die beiden Meßdurchgänge vor und nach Kältereiz Mittelwerte inklusive zugehöriger Standardgrößen errechnet.

Der Vergleich der Werte vor und nach Kältereiz lassen einen leichten Temperaturanstieg von $34,01\,^{\circ}\text{C}$ auf $34,13\,^{\circ}\text{C}$ auf der rechten Seite und von $33,99\,^{\circ}\text{C}$ auf $34,09\,^{\circ}\text{C}$ auf der linken Seite erkennen. Die Unterschiede zwischen den

Gesichtshälften sind unbedeutend. Rechts beträgt der Temperaturanstieg 0,12 $^{\circ}$ C und links 0,1 $^{\circ}$ C (Tab. 3).

Erkennbar ist eine Verringerung der Meßwertestreuung nach Kältereiz, ausgedrückt durch die Standardabweichung. Sowohl auf der rechten als auch auf der linken Seite verringerte sich die Standardabweichung um 0,06 °C. Für die leichte Temperaturerhöhung nach Kältereiz und für die gleichzeitige Verringerung der Standardabweichung errechnete sich statistisch eine Signifikanz mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p=0,0001.\,$

Tab. 3 Temperaturmittelwerte und Standardgrößen der rechten und linken Gesichtshälfte vor und nach Kältereiz (n = 292).

		Mittel- wert	Standard- abweichung	Standard fehler
Vor Reiz	rechts	33,01 °C	0,61 °C	0,04 °C
	links	33,99 °C	0,61 °C	0,04 °C
Nach Reiz	rechts	34,13 °C	0,55 °C	0,03 °C
	links	34,09 °C	0,55 °C	0,03 °C

In Tabelle 4 werden die Mittelwerte für die einzelnen Trigeminusäste aufgeschlüsselt. Diese Mittelwerte wurden für beide Meßdurchgänge vor und nach Kältereiz ermittelt. Um eine Aussage über die stattgefundene Thermoregulation nach Belastung durch Kältereiz machen zu können, wurde aus den errechneten Mittelwerten die Differenz durch Subtraktion des Wertes *vor* Reiz vom Wert *nach* Reiz gebildet. Die so ermittelten Differenzen wurden gemäß der Literatur (7, 8) in folgende Temperaturintervalle eingeteilt: 0–0,2 °C, 0,3–0,5 °C, 0,6–1 °C und über 1 °C. Diese Regulationsbreiten gelten jedoch nur für den Rumpf. Der Kopf nimmt so gut wie gar nicht an der Steuerung der Wärmeregulation teil. Die Regulationsbreite ist daher hier ganz wesentlich geringer als im übrigen Körper (8).

Wie der Tabelle 4 zu entnehmen ist, liegen im Feld des 1. Trigeminusastes die Meßwerte der Probanden mehrheitlich mit 81 % rechtsseitig und 84 % linksseitig im Bereich von 0–0,2 °C. Im Versorgungsgebiet des 2. Trigeminusastes befinden sich 65 % rechtsseitig und 66 % linksseitig im ersten Temperaturintervall, während im Bereich des 3. Trigeminusastes 74 % rechtsseitig bzw. 80 % linksseitig gelegen sind. Die zweitgrößte Häufigkeit bezieht sich auf den Temperaturbereich 0,3–0,5 °C.

Tab. 4 Thermoregulation nach Kältereiz im Versorgungsgebiet der einzelnen Trigeminusäste (n = 292).

Feld		Temp 0-0,2	eraturdiffer ! °C		ereich 0,5 °C	0,6-	·1 °C	üt	oer 1 °C
V1	rechts	238	81 %	46	16 %	8	3 %	0	0 %
	links	245	84 %	38	13 %	8	3 %	1	<1%
V2	rechts	191	65 %	75	26 %	18	6 %	8	3 %
	links	192	66 %	72	25 %	26	9 %	2	<1%
V3	rechts	217	74 %	61	21 %	14	5 %	2	<1%
	links	235	80 %	43	15 %	13	5 %	1	<1%

Meßpunkte Glabella und Nasenwurzel

Bei dem gesunden Probandenkollektiv beträgt die durchschnittliche Glabella-Temperatur 34,83 °C vor Kältereiz (S.DEV. = 0,48 °C) und 34,75 °C nach Kältereiz (S.DEV. = 0,46 °C). Die durchschnittliche Nasenwurzeltemperatur beträgt 34,21 °C vor Kältereiz (S.DEV. = 0,54 °C) und 34,42 °C nach Kältereiz (S.DEV. = 0,52 °C). Während am Glabellapunkt sich eine relative Temperaturkonstanz trotz Belastungsreiz nachweisen läßt, steigt die Temperatur am Nasenwurzelpunkt nach Kältereiz um ca. 0,2 °C an. Des weiteren fällt auf, daß der Nasenwurzelpunkt – unabhängig vom Kältereiz – um durchschnittlich 0,5 °C kälter ist als der Glabellapunkt.

Nachfolgend werden die einzelnen Differenzen anhand der entsprechenden Meßwerte gebildet. (Ein negatives Vorzeichen im Ergebnis besagt, daß der Subtraktionswert größer ist als der Basiswert):

Meßpunkt Glabella nach Kältereiz minus Glabella vor Kältereiz

Die Differenzwerte liegen zwischen 1,9 °C und 1,25 °C. Sie sind nach dem Prinzip der $Gau\beta$ schen Normalverteilung im Mittelwert (Mean) bei -0.08 °C angeordnet. Die Standardabweichung (S.DEV.) beträgt 0,35 °C. Die Bandbreite der Meßwerte beträgt 3,15 °C.

Meßpunkt Nasenwurzel vor Kältereiz minus Glabella vor Kältereiz

Die Differenzwerte liegen zwischen 1,72 °C und –2,6 °C. Die Bandbreite der Streuung beträgt demnach 4,32 °C. Die relative Häufigkeit ist um den Mittelwert bei –0,62 °C normal verteilt. Die Standardabweichung beträgt –0,48 °C. Bei Betrachtung des Wärmewerts der beiden Meßpunkte Glabella und Nasenwurzel ist ein deutlicher Unterschied festzustellen. Aus dem negativen Vorzeichen des Mittelwertes der Differenzbildung ergibt sich, daß der Nasenwurzelpunkt kälter ist als der Glabellapunkt und zwar um 0,62 °C.

Meßpunkt Nasenwurzel nach Kältereiz minus Glabella nach Kältereiz

Die Differenzen liegen zwischen $0.7\,^{\circ}\mathrm{C}$ und $-1.9\,^{\circ}\mathrm{C}$. Die Streubreite umfaßt $2.6\,^{\circ}\mathrm{C}$. Der Mittelwert beträgt $-0.33\,^{\circ}\mathrm{C}$, die Standardabweichung $0.41\,^{\circ}\mathrm{C}$. Auch bei der Messung nach Kältereiz, bezogen auf den Mittelwert, ist der Nasenwurzelpunkt kälter als der Glabellapunkt. Die Differenz beträgt

-0,33 °C. Verglichen mit dem Ergebnis vor Kältereiz bedeutet dies eine deutliche Verringerung des Temperaturunterschiedes.

Seitendifferenzen symmetrischer Meßpunkte nach Kältereiz

Die Differenzbildung erfolgte unter der Annahme, daß bei den gesunden Probanden relative Kongruenz der Temperaturen korrespondierender Punkte besteht. Aus den Meßwerten der acht symmetrischen Punkten 3–18 (Abb. 1) wurde für jedes Wertepaar die Seitendifferenz nach Kältereiz ermittelt. Dabei wurde einheitlich vom Meßwert der rechten Seite der dazugehörige Wert von der linken Seite subtrahiert. Diese Festlegung erfolgte willkürlich. Betrachtet wird nur der Meßdurchgang nach Kältereiz, da sich gezeigt hat, daß nach Kältereiz eine geringere Meßwertstreuung besteht. Ein negatives Vorzeichen bei den einzelnen Differenzen drückt aufgrund der willkürlichen Subtraktionsrichtung nur aus, daß der Meßwert der linken Gesichtshälfte größer ist als derjenige der rechten.

Meßpunkt Tuber frontale rechts minus links nach Kältereiz

Die Differenzen liegen zwischen $1,35\,^{\circ}\mathrm{C}$ und $-1,5\,^{\circ}\mathrm{C}$. Die Häufigkeit dieser Differenzen ist um den Mittelwert (Mean) bei $-0,13\,^{\circ}\mathrm{C}$ normal verteilt. Die Bandbreite der Streuung beträgt $2,85\,^{\circ}\mathrm{C}$, die Standardabweichung $0,4\,^{\circ}\mathrm{C}$.

Meßpunkt Foramen supraorbitale rechts minus links nach Kältereiz

Der Mittelwert der Seitendifferenz beträgt 0,06 °C, die Standardabweichung 0,35 °C. Die errechneten Differenzen streuen zwischen 1,1 °C und -0,9 °C, die Bandbreite beträgt somit 2 °C.

Meßpunkt Angulus oculi medialis rechts minus links nach Kältereiz

Die einzelnen Differenzwerte liegen im Bereich von $-2.7\,^{\circ}$ C bis $1.8\,^{\circ}$ C, umfassen somit eine Bandbreite von $4.5\,^{\circ}$ C. Der Mittelwert liegt mit $-0.87\,^{\circ}$ C deutlich asymmetrisch, d. h. der Meßwert der linken Seite ist durchschnittlich um $0.87\,^{\circ}$ C wärmer als derjenige der rechten Seite. Die Standardabweichung beträgt $0.62\,^{\circ}$ C und deutet somit auf eine große Meßwertstreuung hin.

Meßpunkt Oberlippe rechts minus links nach Kältereiz

Die Differenzen liegen zwischen $-1.7\,^{\circ}\mathrm{C}$ und 2,26 °C. Die Bandbreite dieses Streubereichs beträgt 3,96 °C, der Mittelwert 0,05 °C und die dazugehörige Standardabweichung ebenfalls 0,05 °C.

Meßpunkt Foramen infraorbitale rechts minus links nach Kältereiz

Die Differenzen liegen zwischen $-1,2\,^{\circ}\mathrm{C}$ und 2,25 $^{\circ}\mathrm{C}$, umfassen somit einen Streubereich von 3,45 $^{\circ}\mathrm{C}$. Der Mittelwert und die Standardabweichung betragen jeweils 0,18 $^{\circ}\mathrm{C}$.

Meßpunkt Unterlippe rechts minus links nach Kältereiz

Die Differenzwerte des Vergleichskollektivs umschreiben ein Streufeld mit einer Bandbreite von $3.78\,^{\circ}$ C in den Grenzen von $-2.3\,^{\circ}$ C bis $1.48\,^{\circ}$ C. Der Mittelwert beträgt $0.08\,^{\circ}$ C, die Standardabweichung $0.5\,^{\circ}$ C.

Meßpunkt Foramen mentale rechts minus links nach Kältereiz

Die Werte schwanken zwischen $-1,8\,^{\circ}\text{C}$ und $+1,8\,^{\circ}\text{C}$, umfassen somit einen Streubereich mit einer Bandbreite von 3,6\,^{\circ}\text{C}. Der Mittelwert beträgt 0,06 $^{\circ}\text{C}$, die Standardabweichung 0,51 $^{\circ}\text{C}$.

Meßpunkt Kiefergelenk rechts minus links nach Kältereiz

Hier liegt die Differenz zwischen $-1,3\,^{\circ}$ C und 2,15 $^{\circ}$ C. Die Bandbreite des Streubereichs beträgt 3,45 $^{\circ}$ C, der Mittelwert 0,18 $^{\circ}$ C und die dazugehörige Standardabweichung 0,48 $^{\circ}$ C.

Diskussion

Die Thermographie hat als relativ unkompliziertes und nicht invasives Verfahren in den letzten Jahren im Rahmen der Differentialdiagnostik – unter anderem bei der Schmerzdiagnostik nach Nervschädigung – zunehmend an Bedeutung gewonnen (6, 7, 8, 10). Dagegen wird zur Differentialdiagnostik von pathologischen Zuständen im Kopf-Halsbereich die Thermographie noch sehr selten eingesetzt.

Ziel des ersten Teils unserer Studie war es, aus einem Kollektiv gesunder Probanden ein Normwertthermoprofil des Gesichtsbereichs zu erstellen. Zur Messung haben wir uns eines Kontaktmeßgerätes bedient. Die Entscheidung für dieses Gerät beruhte auf folgenden Überlegungen:

Die elektronischen IR-Telethermographiegeräte entfielen aufgrund der sehr hohen Kosten. Die Anwendung von Plattenthermographie-Geräten erschien wegen des anatomischen Gesichtsreliefs bei der Aufgabenstellung unzweckmäßig. Bei der Wahl zwischen einem elektrischen Kontaktthermometer und einem Strahlungsmeßgerät haben wir uns letztendlich dann für das Kontaktthermometer aufgrund der einfachen, schnell durchführbaren Anwendung und der unkomplizierten Produzierbarkeit der Meßergebnisse entschieden.

Rost (7, 8) und Schwamm (9) haben für den Normalfall eine thermische Symmetrie in korrespondierenden Arealen angegeben. Asymmetrie sei ein Hinweis auf pathologische Vorgänge. Gleichzeitig kann es aber auch sein, daß trotz Symmetrie ein pathologisch veränderter Zustand vorliegt. Um einem etwaigen Irrtum vorzubeugen, wurde die Überprüfung der Thermoregulation nach Belastungsreiz, z. B. mit Kaltwasserbädern, eingeführt (8).

Im Zusammenhang mit ihren Forschungsergebnissen an Rumpf und Extremitäten favorisierten *Rost* (7, 8) und *Hobbins* (3) den Belastungsreiz in Form von Warm- oder Kaltwasserbädern, in denen entweder die Hände oder Füße eingetaucht werden.

Rost (8) ist seit einiger Zeit von diesen Kaltwasserbädern abgegangen und wendet eine 10minütige Ganzkörperabkühlung durch die Raumtemperatur an.

Die Stirn hat sich dabei als Referenzwert eingebürgert, da sie sich auch nach diesen Belastungsreizen thermisch stabil verhält. Sie dient innerhalb der Temperaturkurven als thermische Bezugsachse.

Für den Gesichtsbereich haben wir in der vorliegenden Studie das kurzzeitige Besprühen beider Ohrläppchen mit Kältespray als adäquaten Belastungsreiz gewählt. Die Ohrläppchen sind durch die Arteria auricularis posterior sehr gut durchblutet. Sie ermöglichen somit eine schnelle Thermoregulation nach Kältereiz im Gesichtsbereich.

Die Äste der Arteria carotis externa bestimmen im wesentlichen die Hauttemperatur in der fazialen Region. Auch bleibt der Bezugswert Glabella (Zentralpunkt der Stirn) weitgehend unberührt, denn die Stirn wird von der Arteria ophthalmica, einem Ast der Arteria carotis interna, versorgt. Hobbins (3) hat die Richtigkeit dieses Belastungsreizes in seinen Ausführungen indirekt bestätigt. Er führte unter anderem aus, daß die Kaltwasserbäder nur Vasokonstriktionen in Extremitäten oder im Rumpf bewirken und keine fazialen Veränderungen zur Folge haben.

Zur Überprüfung der Wirkung des Kältereizes wurden für jede Gesichtshälfte aus allen Werten die Durchschnitte ermittelt. Dabei zeigte sich rechtsseitig ein Temperaturanstieg um $0.12\,^{\circ}\text{C}$ und links um $0.10\,^{\circ}\text{C}$ (p = 0.0001). Eine Thermoregulation findet demnach statt, was anhand der physiologischen Gegebenheiten zu erwarten war. Die Dimension ist jedoch im Gesichtsbereich verhältnismäßig klein. Bei der Analyse der Thermoprofile – entsprechend der einzelnen Trigeminusäste – zeigt sich, daß durchschnittlich 80 % der Probanden mit ihren Meßwerten im Bereich $0\,^{\circ}\text{C}$ bis $0.2\,^{\circ}\text{C}$ liegen.

Rost (7, 8) und Laforie et al (5) gaben anhand ihrer Untersuchungen ein relativ gleichbleibendes Temperaturniveau am Glabellapunkt an, welches auch nach Belastungsreizen konstant blieb. Unsere Untersuchungen können diese Konstanz zumindest für den Mittelwert bestätigen. Die durchschnittliche Differenz, ermittelt aus den Werten vor und nach Kältereiz, liegt um 0 °C. Diese mathematische Konstanz ergibt sich aber nur dadurch, weil die sehr unterschiedlichen Individualwerte gleichmäßig verteilt zwischen + 0,55 °C und -0,65 °C streuen.

Zusätzlich zur biologischen Variabilität muß in diesem Zusammenhang auch an eine gerätebedingte Toleranzbreite gedacht werden. Ebenfalls ist nicht auszuschließen, daß psychische Streßsituationen, wie z. B. eine bestimmte Erwartungshaltung gegenüber dem Kältereiz, die Zweitmessung entsprechend beeinflussen und so zu der recht individuellen Reaktion ihren Teil beitragen kann. Im Vordergrund steht aber sicherlich die normale biologische Variabilität bei thermischen Reaktionen im Gesichtsbereich.

Rost (7, 8) gibt des weiteren eine relative Gleichheit des Glabellawertes und des Nasenwurzelwertes an. Bei etwaigen Unstimmigkeiten sollen Kreislaufdysregulationen diagnostizierbar sein. Aus den ebenfalls erheblich streuenden Individualwerten ergibt sich ein um/0,62 °C kälterer Nasenwurzelwert beim Meßdurchgang von Kältereiz und ein um 0,33 °C kälterer Nasenwurzelwert beim Meßdurchgang nach Kältereiz.

Die von *Rost* (7, 8) angegebene Übereinstimmung der beiden Meßpunkte Glabella und Nasenwurzel konnte unsererseits also nicht hachvollzogen werden.

Von Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die enge Lagebeziehung der beiden Punkte Nasenwurzel und Angulus oculi medialis. Alio und Padron (1) wiesen bei ihren thermographischen Untersuchungen der Orbito-ocular-Region darauf hin, daß in diesem Bereich teilweise erhebliche Asymmetrien auftreten können. Für den symmetrischen Seitenvergleich gaben sie ein vorzeichenbereinigtes Toleranzintervall von 0,75 °C \pm 0,29 °C an. Die eigenen Ergebnisse können diese Asymmetrie am Angulus oculi medialis bestätigen. Beim gesunden Kollektiv konnte eine Abweichung von 0,87 °C zur linken Seite hin festgestellt werden. Diese Abweichung könnte evtl. auf anatomische Variabilitäten der in dieser sehr beengten Region anastomosierenden Endäste der Arteria ophthalmica und der Arteria facialis beruhen. Detaillierte Untersuchungen liegen zu diesem Problem bisher jedoch nicht vor.

Aufgrund der dargestellten Beziehung erscheint eine <u>Aussage</u> über die Kreislaufregulation anhand etwaiger Temperaturdifferenzen zwischen Nasenwurzel und Glabella fraglich.

Vergleicht man dagegen die Differenzen der beiden Meßpunkte auf Unterschiede im Ergebnis vor und nach Kältereiz, so kann man eine gewisse Regelmäßigkeit entdecken. Nach Kältereiz ist der Nasenwurzelwert um durchschnittlich 0,33 °C kälter als der Glabellawert gegenüber 0,62 °C im Meßdurchgang vor Kältereiz. Das bedeutet, daß der Nasenwurzelwert relativ zum Glabellawert "wärmer" geworden ist, bei gleichzeitiger Konstanz des Glabellawertes. Als Ursache hierfür kann ein unterschiedlicher Ruhetonus in den Gefäßen der Stirn und den anastomosierenden Ästen der Arteria ophthalmica und der Arteria facialis am Nasenwurzelpunkt angenommen werden. Koepchen (4) gibt für die Stirn einen geringen Ruhetonus an, was zur Folge hat, daß bei seiner Verminderung keine wesentliche Vasodilatation resultiert. Dies erklärt u. a. auch die relative Konstanz der Glabellatemperatur auf Kältereiz, die letztlich neuronal umgesetzt werden. In den Gefäßen am Nasenwurzelpunkt muß den Ergebnissen zufolge ein höherer Ruhetonus vorliegen, wodurch entsprechende Regulationsvorgänge möglich sind, die zu der erwartungsgemäßen Erwärmung dieses Punktes – relativ zum Glabellapunkt – nach Kältereiz führen.

Die in dieser Studie ermittelte durchschnittliche Glabellatemperatur beträgt $34,66\,^{\circ}$ C. Barnes (2) gibt für die Stirn $34,2\,^{\circ}$ C an. Uematsu (12) hat an der Stirn $34,5\pm0,73\,^{\circ}$ C gemessen. Bezogen auf den Absolutwert ist Übereinstimmung festzustellen. Die von Uematsu (12) angegebene Streuung deckt sich auch in etwa mit den in dieser Studie gefundenen Bandbreiten (S.DEV. Glabella = $0,48\,^{\circ}$ C).

Zur Betrachtung der bilateralen Meßwerte wurde der Meßdurchgang nach Kältereiz herangezogen. Würde man einen symmetrischen Vergleich zwischen den Werten vor Kältereiz ziehen, so könnten u. U. Fehlinterpretationen die Folge sein (9).

Grundidee bei den Seitenvergleichen war, Unterschiede in der Symmetrie zwischen dem gesunden Kollektiv und den später auszuwertenden pathologischen Fällen festzustellen.



Die jeweiligen Individualwerte streuten beim gesunden Kollektiv in einer Größenordnung, die – wie im 2. Teil dieser Untersuchung noch näher dargelegt wird – in ihrer Bandbreite auch die dazugehörigen pathologischen Fälle umfaßte.

Daher soll auf einen entscheidenden Unterschied bei der Betrachtung von Meßergebnissen hingewiesen werden. Die Thermographie soll als diagnostisches Hilfsmittel Verwendung finden. Aus diesem Grunde müssen selbstverständlich gefundene Individualwerte im Vordergrund stehen. Schon bei der Analyse der beiden singulären Punkte Glabella und Nasenwurzel wurde darauf hingewiesen, daß mathematische Durchschnitte nichts über die teilweise erheblich streuenden Individualwerte aussagen. Dasselbe gilt auch für den Vergleich zwischen symmetrischen Meßpunkten. Entscheidend ist daher die Bandbreite der Meßwertstreuung, die entsprechend beachtet werden muß.

Der Meßpunkt Stirn wird von den Autoren Barnes (2) und Schwamm (9) sowie Uematsu (12) nicht näher beschrieben. In unserer Untersuchung wurden die Meßpunkte Tuber frontale und Foramen supraorbitale – beides Punkte auf der Stirn - getrennt betrachtet. Für den Punkt Tuber frontale ergab sich eine durchschnittliche Seitendifferenz von 0,13 °C, allerdings schwankten die Individualwerte in einer Bandbreite von 2,85 °C. Uematsu (12) nennt für die Stirn eine durchschnittliche Differenz von 0,12 °C bei einer Standardabweichung von 0,093 °C, Rost (7, 8) gibt 0,3 °C an, verzichtet aber auf die Erwähnung einer Standardabweichung oder einer Bandbreite. Mit beiden Autoren kann nur Übereinstimmung in bezug auf den Mittelwert festgestellt werden. Die errechneten Werte am Foramen supraorbitale streuten in einer Bandbreite von 2 °C um den Mittelwert von 0,06 °C. Dieses Ergebnis deutet im Verhältnis zum Tuber frontale noch eine etwas ausgeprägtere Symmetrie an, die aber ebenfalls nicht gegeben ist.

Für den Gesichtsbereich sind in der Literatur nur noch Werte für den inneren Augenwinkel und die Wange genannt. Der Meßpunkt Angulus oculi medialis ist der einzige Meßpunkt in der vorliegenden Studie, der schon anhand seines Durchschnittswertes die Asymmetrie erkennen läßt. Die ermittelte Differenz von 0,87 °C entspricht dem von *Alio* und *Padron* (1) angegebenen Wert von 0,75 °C \pm 0,29 °C. Die Ursachen für diese Asymmetrie wurden bereits ausführlich dargelegt.

An der Wange hat Uematsu (12) eine Seitendifferenz von $0.18\,^{\circ}\text{C} \pm 0.19\,^{\circ}\text{C}$ beschrieben. Der Meßpunkt Foramen infraorbitale unserer Studie liegt der Wangenmitte am nächsten. Er stimmt mit seinem Durchschnittswert von $0.18\,^{\circ}\text{C}$ mit dem Ergebnis von Uematsu (12) überein. Allerdings streuen auch an diesem Punkt die Individualwerte erheblich in der Bandbreite von $3.45\,^{\circ}\text{C}$, so daß Übereinstimmung nur für den Mittelwert festgestellt werden kann.

Die Meßpunkte Oberlippe, Unterlippe, Foramen mentale und Kiefergelenksregion liegen mit ihren Mittelwerten alle um 0 $^{\circ}$ C. Die Bandbreiten sind wie bei den anderen Punkten sehr umfangreich. Insgesamt kann die von *Uematsu*

(12) für gesunde Probanden mit 0,24 Grad \pm 0,073 °C Differenz allgemein angegebene relative Symmetrie gegenüberliegender Hautareale am Rumpf für den Gesichtsbereich nicht bestätigt werden. Offensichtlich unterliegen die Temperaturen im Gesichtsbereich größeren, normalen biologischen Variabilitäten, als dies bei den Temperaturen am Rumpf der Fall ist.

Bezüglich der aufgestellten Arbeitshypothesen kann festgestellt werden, daß die Gesichtstemperatur sich in korrespondierenden Arealen asymmetrisch verhält. Die gemessenen Individualwerte weichen teilweise erheblich voneinander ab.

Eine Thermoregulation nach Belastung mit Kältereiz an beiden Ohrläppchen findet statt. Seitenunterschiede zwischen den beiden Gesichtshälften bestehen dabei nicht. Die in der Literatur beschriebene Thermoregulation am Rumpf im Bereich von 0,6 °C bis 1 °C ist in dieser Dimension im Gesicht nicht gegeben, worauf *Rost* (8) bereits hinwies. Es fanden sich lediglich geringgradig erhöhte Werte von 0,1 °C bis 0,2 °C.

Literatur

VAlio, J., M. Padron: Normal variations in the thermographic pattern of the orbito-ocular region. Diagn. Imaging 51 (1982) 93–98

² Barnes, R. B.: Determination of body temperature by infrared emission. J. Appl. Physiol. 22 (1967) 1143–1146

OHobbins, W. B.: Autonomic challenge test, Thermography and Pain. Manuskript zum Poster auf dem 5th World Congress on Pain, Hamburg 1987

⁴ Koepchen, H. P.: Kreislaufregulation. In: Gauer, O. H., K. Kramer, R. Jung (Hrsg.) Physiologie des Menschen, Bd. 3. Urban & Schwarzenberg, München (1972) 327–401

⁵ Laforie, P., P. Laurent, M. Hubin: Cutaneous thermography with thermoregulated probe controlled by microcomputer. Prog. Clin. Biol. Res. 107 (1982) 431–438

⁶ Lindorff, H. H., A. Ganssen: Thermographische Kontrolle des Heilungsverlaufs nach osteoplastischer Kieferhöhlenoperation. Österr. Z. Stomatol. 78 (1981) 364–372

⁷ Rost, A.: Thermographie und Thermoregulationsdiagnostik. Med. Lit. Verlagsgesellschaft, Uelzen (1980)

8 Rost, A.: Regulationsthermographie. Leitfaden und Atlas für die tägliche Praxis. 2. durchgesehene und erweiterte Auflage. Hippokrates, Stuttgart (1987)

⁹ Schwamm, E.: Therapie und Herddiagnostik. ZWR 84 (1975) 486–488 Ouematsu, S., N. Hendler, D. Hungerford: Thermography and electromyography in the differential diagnosis of chronic pain syndromes and reflex sympathetic dystrophy. Electromyogr. Clin. Neurophysiol. 21 (1981) 165–182

11 Uematsu, S.: Telethermography in the Differential Diagnosis of Reflex Sympathetic Dystrophy and Chronic Pain Syndrome. In: Rizzi, R., Visentin, U. (eds). Pain Therapy. Elsevier, New York (1983) 63-72

**Uematsu, S.: Thermographic imaging of cutaneous sensory segments in patients with peripheral nerve injury. J. Neurosurg. 62 (1985) 716–720

Priv.-Doz. Dr. med. Dr. med. dent. Andreas Bremerich Dr. med. Petra Krischek-Bremerich

Abteilung Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Universität Ulm im Bundeswehrkrankenhaus Oberer Eselsberg 40 7900 Ulm