

Redaktion

H. Göbel, Kiel
R. Sabatowski, Dresden



3 Punkte sammeln auf...

**springermedizin.de/
eAkademie**

Teilnahmemöglichkeiten

Diese Fortbildungseinheit steht Ihnen als e.CME und e.Tutorial in der Springer Medizin e.Akademie zur Verfügung.

- e.CME: kostenfreie Teilnahme im Rahmen des jeweiligen Zeitschriftenabonnements
- e.Tutorial: Teilnahme im Rahmen des e.Med-Abonnements

Zertifizierung

Diese Fortbildungseinheit ist mit 3 CME-Punkten zertifiziert von der Landesärztekammer Hessen und der Nordrheinischen Akademie für Ärztliche Fort- und Weiterbildung und damit auch für andere Ärztekammern anerkennungsfähig.

Hinweis für Leser aus Österreich

Gemäß dem Diplom-Fortbildungs-Programm (DFP) der Österreichischen Ärztekammer werden die in der e.Akademie erworbenen CME-Punkte hierfür 1:1 als fachspezifische Fortbildung anerkannt.

Kontakt und weitere Informationen

Springer-Verlag GmbH
Springer Medizin Kundenservice
Tel. 0800 77 80 777
E-Mail: kundenservice@springermedizin.de

CME Zertifizierte Fortbildung

M. Mücke^{1,2} · H. Cuhls² · L. Radbruch² · R. Baron³ · C. Maier⁴ · T. Tölle⁵ · R.-D. Treede⁶ · R. Rolke⁷

¹ Institut für Hausarztmedizin, Universitätsklinikum Bonn, Bonn

² Klinik für Palliativmedizin, Universitätsklinikum Bonn, Bonn

³ Klinik für Neurologie, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel, Kiel

⁴ Abteilung für Schmerztherapie, Klinik für Anästhesiologie, Intensiv-, Palliativ- und Schmerzmedizin, Berufsgenossenschaftliches Universitätsklinikum Bergmannsheil GmbH, Bochum

⁵ Klinik für Neurologie, Klinikum rechts der Isar, Technische Universität München, München

⁶ Lehrstuhl für Neurophysiologie, CBTM, Medizinische Fakultät Mannheim, Universität Heidelberg, Mannheim

⁷ Klinik für Palliativmedizin, Uniklinik RWTH Aachen, Aachen

Quantitative sensorische Testung

Zusammenfassung

Die quantitative sensorische Testung (QST) ist eine standardisierte und formalisierte klinische Sensibilitätsprüfung. Bei dem subjektiven (psychophysischen) Verfahren kommt es auf die Mitarbeit der zu untersuchenden Person an. Mit kalibrierten Reizen werden Wahrnehmungs- und Schmerzschwellen erfasst, die Auskunft über das Vorhandensein sensibler Plus- oder Minuszeichen geben. Die vorgestellte QST-Batterie imitiert natürliche thermische oder mechanische Reize. Ziel ist die Erfassung von Symptommustern eines sensiblen Funktionsdefizits sowie einer Funktionszunahme bei gleichzeitiger Erfassung der Oberflächen- sowie Tiefensensibilität. Die meisten getesteten QST-Parameter sind erst nach Logarithmierung normalverteilt (sekundäre Normalverteilung). Ein vollständiges QST-Profil kann innerhalb einer Stunde gemessen werden. Die QST eignet sich für klinische Studien, aber auch in der Praxis als diagnostisches Verfahren zur Charakterisierung der Funktion des somatosensorischen Systems.

Schlüsselwörter

Sensibilitätsprüfung · Schmerzschwelle · Wahrnehmungsschwelle · Somatosensorisches Nervensystem · Hyperalgesie

R. Baron, C. Maier, T. Tölle und R.-D. Treede sind Vorstandsmitglieder des Deutschen Forschungsverbands Neuropathischer Schmerz (DFNS).

Bei der QST wird mit kalibrierten Reizen und subjektiven Empfindungsangaben der Funktionszustand des somatosensorischen Systems untersucht

Die Testung erlaubt eine Bewertung der Funktion von marklosen C-Fasern, A δ -Fasern und A β -Fasern

Als von-Frey-Filamente werden heute Nylonfilamente oder Glasfaserkabel eingesetzt

Lernziele

Nach Lektüre dieses Beitrags

- verstehen Sie das Verfahren der quantitativen sensorischen Testung (QST).
- überblicken Sie die benötigten Materialien und deren Verwendung.
- haben Sie eine Vorstellung, wie QST-Daten korrekt analysiert werden.
- verstehen Sie die Stärken und Schwächen der QST sowie ihre praktische Anwendbarkeit.

Hintergrund

Die quantitative sensorische Testung (QST) ist ein **psychophysisches Testverfahren**. Mithilfe kalibrierter Reize und subjektiver Empfindungsangaben wird der Funktionszustand des somatosensorischen Systems eines Probanden oder Patienten hinsichtlich der Ausprägung klinischer Zeichen untersucht [1]. Die hier vorgestellte Testbatterie umfasst ein validiertes Kurzprotokoll zur Erfassung des vollständigen somatosensorischen Phänotyps [2]. Die standardisierte Testdurchführung durch geschulte Untersucher, exakte mündliche Instruktionen an die Probanden für jede durchzuführende Testprozedur und das Vorliegen multizentrisch erhobener Normwerte des Deutschen Forschungsverbands Neuropathischer Schmerz (DFNS) erlauben eine gute Vergleichbarkeit der erhobenen Daten und eine vertretbare Dauer der klinischen Untersuchung.

Basierend auf internationalen Studien wurden bei der QST-Entwicklung Testverfahren ausgewählt, die die Erfassung aller relevanten somatosensorischen Submodalitäten ermöglichen. Die Testung erlaubt eine Bewertung der Funktion von marklosen C-Fasern, dünn myelinisierten A δ -Fasern sowie dick myelinisierten A β -Fasern mit deren Projektionswegen ins Gehirn.

Historischer Überblick

Bereits 1835 etablierte Weber die **Zweipunktdiskrimination** als standardisierte Methode zur Prüfung der Fähigkeit, zwei taktile Reize räumlich voneinander zu unterscheiden. Heute hat sich dieses Verfahren als Teil der Sensibilitätsprüfung innerhalb der klinisch-neurologischen Untersuchung etabliert [3]. Im Jahr 1896 war es von Frey, der Pferde- und Wildschweinhaare verschiedener Steifheit und Länge einsetzte, um beim Menschen die Berührungsempfindung zu bestimmen [4]. Im Rahmen der QST werden heute Nylonfilamente oder Glasfaserkabel als von-Frey-Filamente eingesetzt. Die Arbeitsgruppe um P.J. Dyck stellte 1978 eine automatisierte Methode zur Quantifizierung von Druck, Temperaturempfindung, Vibration und Berührung vor [5]. Dies führte zur Entwicklung weiterer Prozeduren und Instrumente, z. B. eines **Thermotesters** und **Druckalgotometers** zur Bestimmung thermischer bzw. mechanischer Wahrnehmungs- und Schmerzschwellen. Nachfolgend wird

Quantitative sensory testing

Abstract

Quantitative sensory testing (QST) is a standardized and formalized set of clinical sensitivity tests based on subjective (psychophysical) methods, which depends on the cooperation of the subject being investigated. Calibrated stimuli are used to measure the perception and pain thresholds, which provide information on the presence of sensory plus or minus signs. The QST equipment presented mimics natural thermal or mechanical stimuli. The rationale is to test for patterns of functional sensory loss or gain by simultaneous assessment of both cutaneous and deep pain sensitivity. The majority of QST parameters are normally distributed only after logarithmic transformation (i.e. secondary normalization). With QST a complete somatosensory profile can be obtained within 1 h. The QST is a suitable method for characterizing the function of the somatosensory system in clinical trials and also in clinical practice as a diagnostic procedure.

Keywords

Sensory testing · Pain threshold · Perception threshold · Nervous system, somatosensory · Hyperalgesia

Tab. 1 Klinische Zeichen, quantitative sensorische Testung und mögliche neurobiologische Mechanismen. (Modifiziert nach [8, 9, 10])

Klinische Zeichen	Definition	Quantitative sensorische Testung Prüfung auf Vorhandensein von Plus- oder Minuszeichen (getestete periphere Fasertypen)	Möglicherweise beteiligte neurobiologische Mechanismen		
			Deafferenzierung	Periphere Sensibilisierung	Zentrale Sensibilisierung
Empfindlichkeit gegenüber Testreizen					
Pluszeichen					
Hyperalgesie	Erhöhte Schmerzempfindlichkeit ^a				
- Für Hitze	... der Haut	Hitzereiz mittels Thermotester (C, A δ)	↓	↑ ↑	→?
- Für Kälte	... der Haut	Kältereiz mittels Thermotester (C, A δ)	↓	→	↑?
- Für Nadelreize	... der Haut	Kalibrierte Nadelreize (Pinprick; C, A δ)	↓	↑?	↑ ↑
- Für stumpfen Druck	... tieferer Gewebe	Druckalgotometer (C, A δ)	↓	↑?	→?
Allodynie ^b	Schmerz als Antwort auf nichtnozizeptiven Reiz ^a	Pinsel, Wattebausch, Wattestäbchen (A β) zum Bestreichen der Haut	→	→	↑
Minuszeichen					
Hypästhesie (thermisch/mechanisch/andere)	Verminderte Empfindlichkeit für nicht-schmerzhafte Reize	Leichter Kaltreiz mittels Thermotester (A δ), leichter Warmreiz mittels Thermotester (C), von-Frey-Filamente (A β), kalibrierte Stimmgabel (64 Hz, Rydel-Seiffer; A β)	↓	→	→, ↓ ^c
Hypalgesie (thermisch/mechanisch/andere)	Verminderte Empfindlichkeit für schmerzhafte Reize	Kälte-/Hitzereiz mittels Thermotester (C, A δ), kalibrierte Nadelreize (Pinprick; C, A δ), Druckalgotometer (C, A δ)	↓	→	→

↑ Erhöhte Empfindlichkeit gegenüber Testreiz bei klinisch-neurologischer Untersuchung; ↓ verminderte Empfindlichkeit; → Empfindlichkeit unverändert oder Phänomen nicht untersuchbar; ? nicht ausreichend untersucht oder im Rahmen von Studien beschrieben bzw. noch nicht allgemein akzeptiert.^a Neue IASP-Definition [11].^b Dieser Ausdruck sollte nur verwendet werden, wenn bekannt ist, dass der Testreiz keine Nozizeptoren aktiviert. Gemeint ist hier die dynamische taktile Allodynie für leichte bewegte Berührungsreize. Ein leichtes Bestreichen der Haut ist das einzige etablierte Beispiel [11].^c Eine sekundäre taktile Hypästhesie wurde auch im Rahmen einer zentralen Sensibilisierung beobachtet [12].
IASP International Association for the Study of Pain.

eine QST-Batterie sensorischer Tests vorgestellt, die im Rahmen des DFNS entwickelt wurde und seit 2002 in Deutschland und weltweit eingesetzt wird.

Funktionsprinzip

Nach dem Protokoll des DFNS handelt es sich bei der QST um eine standardisierte Testbatterie, die aus 7 Einzeltests besteht. Während der Testdurchführung werden insgesamt 13 Einzelparameter erfasst, um die Funktion des somatosensorischen Nervensystems zu bestimmen und zu quantifizieren [6]. Mithilfe dieser Untersuchungsmethode können die Eigenschaften nozizeptiver und nichtnozizeptiver Submodalitäten verschiedener Gruppen afferenter Nervenfasern und zentraler Bahnen ermittelt werden [7]. Das Testverfahren ist so konzipiert, dass innerhalb von einer Stunde ein vollständiges sensorisches Profil erstellt werden kann, also eine Übersicht über das Vorhandensein sensibler **Plus- oder Minuszeichen** wie einer Hyperalgesie oder Hypästhesie (■ Tab. 1). Das Vorgehen ist in allen geschulten Zentren standardisiert. Stets werden in gleicher Testreihenfolge die gleichen, kalibrierten thermischen und mechanischen Testreize gesetzt.

Nach dem DFNS-Protokoll wird anhand von 13 Einzelparametern die Funktion des somatosensorischen Nervensystems bestimmt

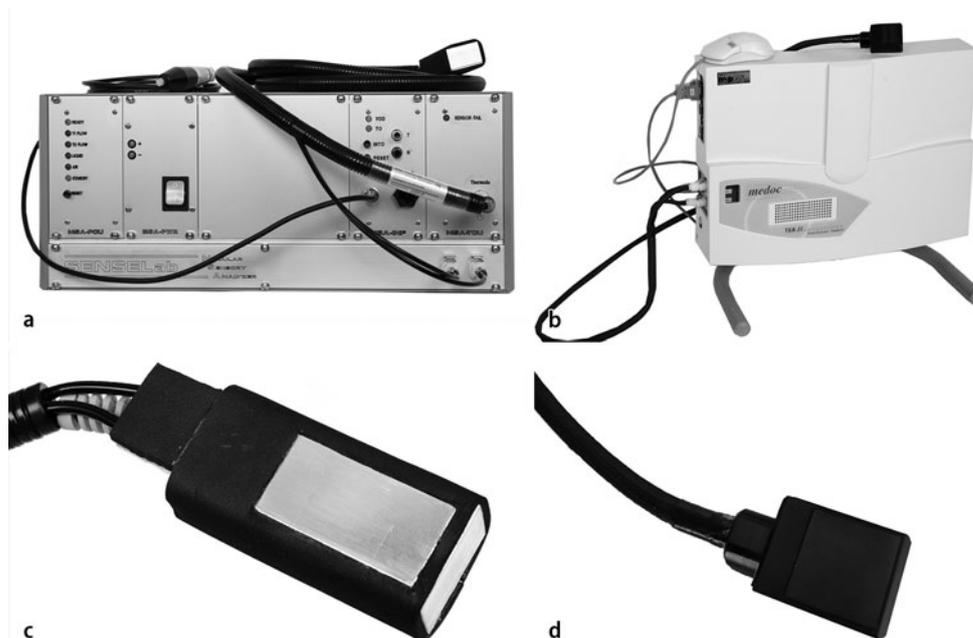


Abb. 1 ▲ Thermische Testung: **a** Modular Sensory Analyzer (MSA). **b** Thermal Sensory Analyzer (TSA-II). Die wasser-durchströmten Thermoden (**c, d**) werden mit der Peltier-Element-Seite auf dem Testareal fixiert, was je nach Ansteuerung zu einer Abkühlung oder Erwärmung der Haut führt. Der Thermotester wird über eine Schnittstelle mit einem Computer verbunden, der das Gerät ansteuert und die gefundenen Schwellenwerte aufzeichnet

Bei der Untersuchung sollte zunächst ein klinisch oder experimentell nicht betroffenes Körperareal spiegelbildlich zum Schmerz- oder Testareal geprüft werden. Im Anschluss folgt das Schmerz- bzw. Testareal selbst.

Einsatz psychophysischer Testmethoden

Um die Empfindlichkeit eines Patienten oder einer Testperson gegenüber definierten Testreizen im Rahmen der QST zu bestimmen, können Wahrnehmungs- und Schmerzschwellen quantifiziert werden. Als Testmethoden stehen die „Levels-“ sowie „Limits-Methode“ zur Verfügung – jeweils mit unterschiedlichen Vor- und Nachteilen.

Levels-Methode

Die Levels-Methode ist ein sensorisches Testverfahren, bei dem wiederholt unterhalb und dann oberhalb der Wahrnehmungs- oder Schmerzschwellen gereizt wird. Nach dem Aufbringen der Testreize werden die Testpersonen nach der Wahrnehmung bzw. Schmerzhaftigkeit des Reizes befragt, konkret, ob diese entweder als solche wahrgenommen werden oder nicht. Die Schwellenbestimmung orientiert sich an der Reizstärke, bei der 50% der Reize erkannt werden. Nachteil dieser genauen Methode ist die lange Untersuchungsdauer bis zur Bestimmung einer Schwelle, auch können gerade bei der Bestimmung von Schmerzreizen zahlreiche Messwiederholungen knapp unter- bzw. oberhalb der jeweiligen Schwelle zur Entwicklung von **Sensibilisierungspänomenen** führen.

Limits-Methode

Ein weiteres psychophysisches Verfahren ist die Limits-Methode. Bei diesem Verfahren werden die Wahrnehmungs- und Schmerzschwelle als erster festgestellter Reiz im Rahmen ansteigender Reizstärken erfasst. Im Unterschied zur Levels-Methode wird die eigentliche Schwelle überschätzt, da die getestete Schwelle ein **Reaktionszeitartefakt** beinhaltet. Die untersuchte Person muss nach Erreichen der Schwelle noch eine Rückmeldung geben, während die Reizstärke in der Reaktionszeit noch weiter ansteigt. Vorteil dieser Methode ist die kurze Dauer der Schwellenbestimmung.

Zunächst sollte ein klinisch oder experimentell nicht betroffenes Körperareal spiegelbildlich zum Schmerz- oder Testareal geprüft werden

Bei der Levels-Methode wird wiederholt unterhalb und dann oberhalb der Wahrnehmungs- oder Schmerzschwellen gereizt

Ein Nachteil der Levels-Methode ist die lange Untersuchungsdauer

Mit der Limits-Methode werden die Wahrnehmungs- und Schmerzschwelle als erster festgestellter Reiz im Rahmen ansteigender Reizstärken erfasst

Tab. 2 Kraftausübung der Stimuli

Stimulus	Kraftausübung	Applikationsart
Von-Frey-Filamente	0,25–512 mN	Punktförmig
Nadelreizstimulatoren	8–512 mN	Punktuell
Wattestäbchen mit Plastikhalter	100 mN	Streichende Bewegung
Weicher Pinsel	200–400 mN	Streichende Bewegung
Wattebausch	3 mN	Streichende Bewegung

Thermische Testung

Die thermische Testung erfasst die Funktionalität dünn myelinisierter A δ -Fasern und unmyelinisierter C-Fasern. Sie kann mit verschiedenen computergestützten Thermotestern (■ **Abb. 1a,b**) erfolgen. Die meisten Tests werden wissenschaftlich mit dem Thermal Sensory Analyzer II (TSA 2001-II, Medoc, Israel) und dem MSA Thermal Stimulator (Somedic AB, Schweden) durchgeführt.

Eine Thermode mit Peltier-Element und Kühlwasserversorgung (■ **Abb. 1c,d**) wird auf die Haut aufgelegt. Dann werden mit der Limits-Methode folgende Parameter ermittelt:

- Kaltschwellen
- Warmschwellen
- Thermische Unterschiedsschwellen zur Erfassung paradoxer Hitzeempfindungen
- Kälteschmerz- und Hitzeschmerzschwellen

Die Kontaktfläche der jeweiligen Thermoden beträgt dabei 9,0 cm² (TSA II) bzw. 12,5 cm² (MSA). Durch Drücken eines Stoppschalters, der mit einer Computereinheit verbunden ist, kann nach kontinuierlicher auf- oder absteigender Temperatur der Thermodenkontaktfläche ausgehend von einer Basistemperatur von 32°C eine Schwellenwertbestimmung vorgenommen werden. Die Temperatur ändert sich mit einer Geschwindigkeit von 1°C/s. Zur Gewährleistung der Sicherheitsrichtlinien schaltet sich das Gerät bei Erreichen einer Temperatur von 0°C oder 50°C automatisch ab und kehrt zur Ausgangstemperatur von 32°C zurück. So werden Hautirritationen vermieden. Die eigentliche Schmerzschwelle ist der arithmetische Mittelwert von 3 aufeinanderfolgenden Einzelwerten.

Mechanische Detektionsschwelle

Zur Erfassung der mechanischen Detektionsschwelle wird im DFNS-QST-Protokoll ein Set aus standardisierten von-Frey-Filamenten (OptiHair₂-Set, Marstock Nervtest, Deutschland) empfohlen. Als von-Frey-Filamente (■ **Abb. 2c**) werden hier Glasfaserfilamente mit unterschiedlichem Durchmesser und variierender Länge sowie mit einer kugelförmigen Kontaktfläche von etwa 0,5 mm Durchmesser (■ **Abb. 2d**) verwendet [13]. Um eine exakte Testung der Detektionsschwelle zu gewährleisten, werden die Filamente immer auf die gleiche Weise aufgesetzt, bis sich das Filament s-förmig durchbiegt. Das zur Testung eingesetzte Set (■ **Abb. 2c**) besteht aus Filamenten mit den Stärken 0,25, 0,5, 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256 und 512 mN.

Die Kontaktzeit auf der Hautoberfläche soll bei der Testung etwa 2 s betragen. Aufgrund der runden Beschaffenheit der Filamentspitze werden bevorzugt niederschwellige Mechanorezeptoren aktiviert, die die Wahrnehmung einer Berührung über A β -Fasern vermitteln. Zur Bestimmung der taktilen Detektionsschwelle wird mithilfe einer modifizierten Levels-Methode der geometrische Mittelwert aus 5 gerade über- und unterschwelligen Reizstärken ermittelt.

Mechanische Schmerzschwelle

Zur Bestimmung der mechanischen Schmerzschwelle werden Nadelreizstimulatoren (Pinprick, MRC Systems GmbH, Deutschland) eingesetzt. Die verwendeten Modelle bestehen aus stumpfen Nadeln (■ **Abb. 2b**) mit einer festen Stimulationsintensität von 8, 16, 32, 64, 128, 256 und 512 mN sowie einer stumpfen, kreisförmigen Hautkontaktfläche mit einem Durchmesser von 0,25 mm. Die stets gleichen Nadelspitzen sind in Stahlhülsen untergebracht, in denen sich verschieden große Gewichte befinden, die für die jeweils applizierte Gewichtskraft verantwortlich sind. Die einzelnen Nadelreizgeräte (Pinpricks) sollen in 5 Serien auf- und absteigender Stimulusintensität mit einer Hautkontakt-

Die thermische Testung erfasst die Funktionalität dünn myelinisierter A δ -Fasern und unmyelinisierter C-Fasern

Zur Erfassung der mechanischen Detektionsschwelle werden Glasfaserfilamente mit unterschiedlichem Durchmesser und variierender Länge verwendet

Aufgrund der runden Beschaffenheit der Filamentspitze werden bevorzugt niederschwellige Mechanorezeptoren aktiviert

Zur Bestimmung der mechanischen Schmerzschwelle werden Nadelreizstimulatoren eingesetzt

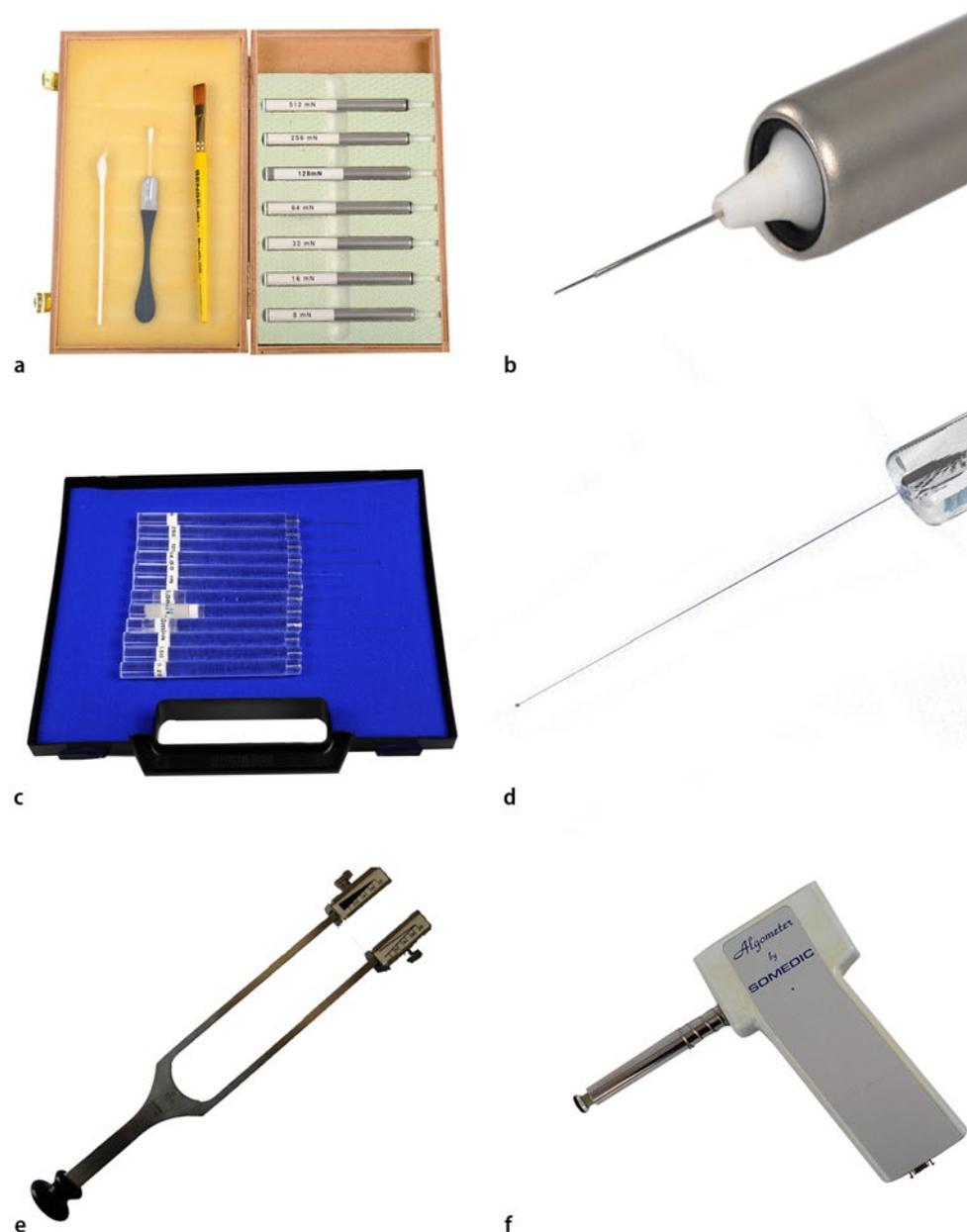


Abb. 2 ▲ Mechanische Testung: Set zur Überprüfung der mechanischen Schmerzempfindlichkeit. **a** Nadelreizstimulatoren (Pinpricks) verschiedener Intensität sowie Wattestäbchen, Wattebausch und Pinsel. **b** Nadelreizstimulator. **c** Von-Frey-Filamente zur Überprüfung der mechanischen Detektionsschwelle. **d** Filamente: Glasfaserkabel mit abgerundeter Spitze. **e** Neurologische 64-Hz-Stimmgabel mit 8/8-Skala (Rydel-Seiffer) zur Überprüfung der Vibrationschwelle. **f** Digitales Druckalgometer zur Bestimmung der Druckschmerzschwelle

zeit von etwa 1–2 s in einem senkrechten Winkel zur Haut aufgebracht werden. Auch bei diesem Test wird die eigentliche mechanische Schmerzschwelle nach der Levels-Methode als geometrischer Mittelwert 5 gerade überschweiliger und 5 gerade unterschweiliger Reizstärken berechnet.

Reiz-Antwort-Funktionen

Zur Ermittlung der mechanischen Schmerzempfindlichkeit der Haut und zur Detektion einer eventuell vorliegenden dynamischen mechanischen Allodynie bei leichten Berührungsreizen wird ein Set bestehend aus den zuvor beschriebenen Nadelreizstimulatoren, einem Wattestäbchen, einem weichen Pinsel und einem Wattebausch (■ **Abb. 2a**) verwendet. Das Verfahren lässt eine Aussage über das

Reiz-Antwort-Verhalten nach Nadelreizen und primär nichtschmerzhaften, leichten Berührungsreizen zu. Die Reize werden in balancierter Reihenfolge gesetzt (■ **Tab. 2**).

Die Versuchspersonen werden aufgefordert, die Wahrnehmung des Reizes auf einer numerischen Schätzska von 0 bis 100 zu bewerten (0= kein Schmerz; 100= stärkster vorstellbarer Schmerz). Im gleichen Testablauf wird zusätzlich das Ausmaß einer eventuellen dynamischen mechanischen Allodynie ermittelt. Mit den Geräten, die der Allodynieerfassung dienen (■ **Abb. 2a**), werden geringe Kräfte auf die Haut ausgeübt: Wattebausch (3 mN), Wattestäbchen (100 mN) und standardisierter Pinsel (Somedic, Schweden; 200–400 mN). Diese 3 taktilen Stimuli werden vom Untersucher für etwa 2 s mindestens 2 cm weit über die Haut der Testperson gestrichen (■ **Tab. 2**). Auch hier bewerten die Testpersonen den Reiz auf einer numerischen Skala von 0 bis 100.

Die leichten Berührungsreize werden in einer balancierten Testreihenfolge eingestreut und zwischen den oben beschriebenen Nadelreizen appliziert. Die Reize sollten im Testareal in 5 pseudorandomisierten Sequenzen aufgebracht werden, die jeweils aus den 3 leichten Berührungsreizen und 7 Nadelreizen bestehen. Insgesamt umfasst der Testablauf 50 Reize (15 leichte Berührungs- und 35 Nadelreize). Alle Reize sollten mit einem Interstimulusintervall von 10 s gesetzt werden, sodass die kritische Frequenz für ein mögliches Wind-up-Phänomen nicht erreicht werden kann.

Die mechanische Schmerzsensitivität wird als geometrischer Mittelwert aller numerischen Einzelwerte für Nadelreize errechnet. Die dynamische mechanische Allodynie wird als geometrischer Mittelwert aller numerischen Einzelwerte für die leichten Berührungsreize bestimmt.

Wind-up-Phänomen

Zur Bestimmung des Wind-up-Phänomens werden Nadelreizstimulatoren mit einer Intensität von 256 mN verwendet. Über der empfindlichen Haut des Gesichts sollte nur ein 128-mN-Pinprick eingesetzt werden. Bei der Wind-up-Bestimmung wird im Testgebiet die Empfindlichkeit der Haut auf einen Einzelreiz mit der auf eine Reizserie (10 Nadelreize) verglichen. Die Stimulation erfolgt mit einer Reizfrequenz von 1 Hz. Um diese Frequenz möglichst genau einzuhalten, empfiehlt sich der Einsatz eines Metronoms. Die Testperson bewertet auf einer numerischen Schmerzskala die applizierten Reize, also den Einzelreiz und die gesamte Reizserie. Das Aufbringen des Einzelreizes gefolgt von der Reizserie wird 5-mal wiederholt.

Der Wind-up-Quotient berechnet sich aus dem Verhältnis der empfundenen Schmerzstärke über die Reizserien geteilt durch die Schmerzstärke nach den Einzelreizen [14]. Im Rückenmark ist das „wind-up“ ein Phänomen zeitlicher Summation, das spezifisch bei Wide-dynamic-range-Neuronen auftritt, wenn deren C-Faser-Eingänge >1-mal in 3 s gereizt werden.

Vibrationsschwelle

Zur Ermittlung der Vibrationsschwelle wird eine Rydel-Seiffer-Stimmgabel (■ **Abb. 2e**) mit einer Vibrationsfrequenz von 64 Hz und einer 8/8-Skala empfohlen. Die Gewichte an den Backen der Stimmgabel reduzieren die Vibrationsfrequenz von 128 Hz (Stimmgabel ohne Backen) auf 64 Hz und erlauben ein Ablesen der 8/8-Skala während der Untersuchung. Zur Überprüfung der Schwellenwerte wird die angeschlagene und schwingende Stimmgabel auf das Testareal aufgesetzt, möglichst über einem knöchernen Aufsatzpunkt wie etwa dem Fußknöchel. Die Versuchsperson gibt an, wann sie die Schwingungen der Stimmgabel nicht mehr spürt. Für diesen Zeitpunkt wird die Reizintensität auf der Skala der Stimmgabel erfasst. Nach 3-maliger Bestimmung der Vibrationsschwelle kann der arithmetische Mittelwert der Schwellenwerte errechnet werden.

Die Vibrationsschwelle ist der einzige Test im gesamten QST-Verfahren, bei dem eine „Verschwindeschwelle“ bestimmt wird. Bei allen anderen Parametern geht es um die Wahrnehmung eines schmerzhaften oder nichtschmerzhaften Reizes.

Druckschmerzschwelle

Die Bestimmung der Druckschmerzschwelle erfolgt mithilfe eines Druckalgometers (beispielsweise Somedic, Schweden; [15]). Das Druckalgometer (■ **Abb. 2f**) besitzt eine stumpfe gummierte Kontaktfläche von etwa 1 cm², mit der ein Druck von 0 bis 2000 kPa aufgebracht werden kann. Die Messgenauigkeit beträgt je nach Gerätetyp etwa ±3%. Der Druck wird stufenweise mit 0,5 kg/cm²·s

Über der empfindlichen Haut des Gesichts sollte nur ein 128-mN-Pinprick eingesetzt werden

Der Wind-up-Quotient ist das Verhältnis der empfundenen Schmerzstärke über die Reizserien geteilt durch die Schmerzstärke nach Einzelreizen

Die Vibrationsschwelle ist der einzige Test im gesamten QST-Verfahren zur Bestimmung einer „Verschwindeschwelle“

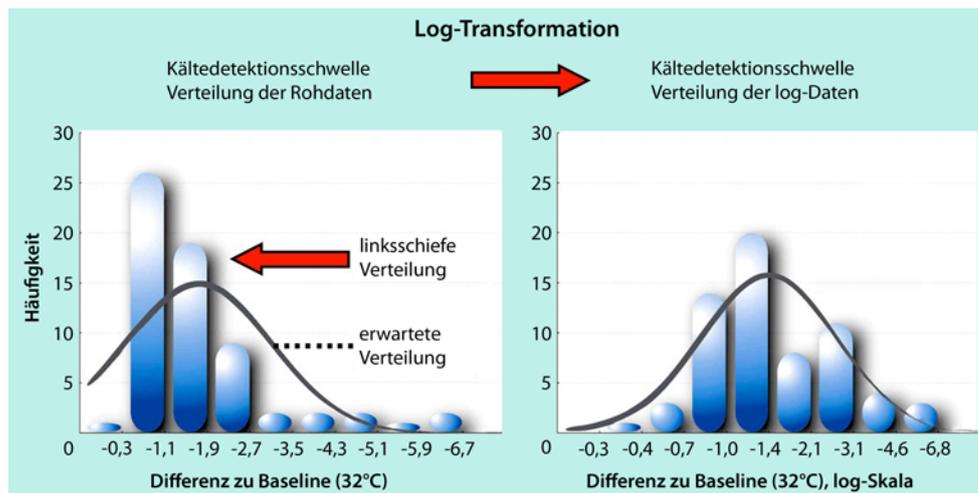


Abb. 3 ▲ Kälteerkennungsschwellen als Rohdaten und logarithmisch transformierte Daten, hier dargestellt in log-Intervallen (x-Achse). Im linken Teilbild zeigt sich eine linksschiefe Verteilung (nicht parametrisch). Nach log-Transformation zeigt sich rechts eine sekundäre Normalverteilung. (Adaptiert nach [17])

An der Druckschmerzschwelle geht die Wahrnehmung der Druckqualität erstmals in einen schmerzhaften Sinneseindruck über

Die meisten QST-Parameter müssen durch logarithmische Transformation in eine Normalverteilung überführt werden

Paradoxe Hitzeempfindungen und die dynamische mechanische Allodynie sind in der Regel als pathologisch zu werten

Fast alle Parameter weisen regionale Unterschiede in verschiedenen Körperbereichen auf

Die Gewebespezifität beeinflusst die einzelnen QST-Parameter

(50 kPa/s) aufgebaut [1]. Dokumentiert wird die Druckschmerzschwelle als Wert in Kilopascal, bei dem die Wahrnehmung der Druckqualität erstmals in einen schmerzhaften Sinneseindruck übergeht. Die Druckschmerzschwelle wird als arithmetischer Mittelwert nach 3 Wiederholungsmessungen berechnet.

Datenanalyse

Für die meisten QST-Parameter zeigen sich linksschiefe Verteilungen. Da QST-Parameter meist logarithmisch normalverteilt sind [2], können sie erst durch logarithmische Transformation in eine Normalverteilung überführt werden. Bei den Schmerzschätzungen, z. B. im Rahmen der Reiz-Antwort-Funktion, für Nadelreize und leichte Berührungsreize tritt häufiger auch der Wert „0“ auf, der sich nicht logarithmisch transformieren lässt. Daher sollte zu allen Schmerzschätzungen vor der log-Transformation noch eine kleine Konstante addiert werden (+0,1). Dieses statistische Manöver wird auch als **Bartlett-Prozedur** bezeichnet. Es dient dem Ziel, keine Nullwerte für die Auswertung logarithmierter Werte zu verlieren [16].

Mit Ausnahme der Anzahl paradoxer Hitzeempfindungen, der Kälte- und Hitzeschmerzschwellen sowie der Vibrationsdetektionsschwelle sollten alle QST-Parameter logarithmisch transformiert und dann beispielsweise mit den Post-hoc-Tests ANOVA und LSD analysiert werden (■ **Abb. 3**).

Die im Einzelfall erhobenen Befunde können mit multizentrisch gewonnenen Normwerten verglichen werden, die nach Alter, Geschlecht und Reizort stratifiziert sind. Werte außerhalb des 95%-Konfidenzintervalls gesunder Probanden gelten als pathologisch. Da paradoxe Hitzeempfindungen und die dynamische mechanische Allodynie in den meisten Altersgruppen bei Gesunden nicht vorkommen, ist ihr Auftreten in der Regel als pathologisch zu werten.

Regional- und gewebespezifische Schwellenwerte

Vergleicht man Studien, so fällt auf, dass sich die meisten QST-Parameter je nach untersuchter Körperregion deutlich unterscheiden. Regionale Unterschiede in verschiedenen Körperbereichen treten fast bei allen Parametern auf. Beispielsweise ergeben sich für die Druckschmerzschwelle (■ **Abb. 4**) generell über dem Gesicht die niedrigsten Werte. Danach folgen Hand und Fuß.

In der Literatur finden sich für das hier vorgestellte QST-Protokoll Referenzwerte für Gesicht, Hand, Fuß sowie den Rumpf. Von Bedeutung sind sie v. a. in der Beurteilung sensorischer Veränderungen, z. B. bei einer postherpetischen Neuralgie [18].

Auch die Gewebespezifität spielt für die Erfassung der einzelnen QST-Parameter eine Rolle. So gibt es etwa für die Druckschmerzschwelle deutliche gewebespezifische Unterschiede. Möglicherweise ist dafür die variierende Innervationsdichte der Gewebe ausschlaggebend. Weiche Gewebe wie

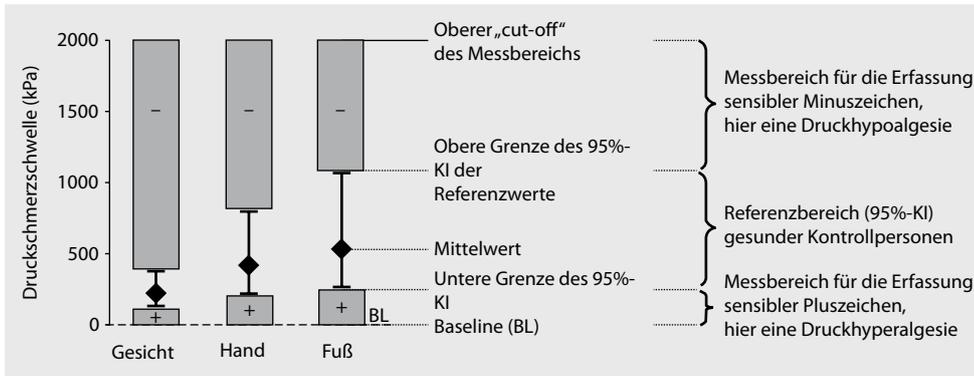


Abb. 4 ▲ Die mittleren Druckschmerzschwellen unterscheiden sich über Gesicht, Hand und Fuß. Abgebildet sind hier die Mittelwerte $\pm 1,96$ Standardabweichungen entsprechend den oberen und unteren Grenzen eines 95%-KI (Referenzbereich) gesunder Kontrollpersonen. Mittelwerte und Referenzbereiche nehmen mit der Länge der Nervenbahnen zum Gehirn hin zu. Da die Datenanalyse hier mit logarithmisch transformierten Werten erfolgte, resultieren nach Retransformation asymmetrische Verteilungen der Referenzbereiche. *KI* Konfidenzintervall. (Adaptiert nach [1], mit freundl. Genehmigung des Elsevier-Verlags)

die Muskulatur weisen im Vergleich zu harten, z. B. Knochen, eine eher niedrige Schmerzschwelle auf [19].

Schmerzsensitivität von Frauen und Männern

QST-Referenzwerte gesunder Probanden dienen als Grundlage für die Beurteilung pathologischer Veränderungen. Von großer Bedeutung für die Erstellung ist die Geschlechtsspezifität, wie sie auch in anderen Bereichen der Medizin fest etabliert ist, z. B. bei der Bestimmung des Hämoglobingehalts im Blut. In einer deutschlandweiten Multicenterstudie im Rahmen des DFNS wurden mehr als 180 gesunde Männer und Frauen untersucht. Dabei wurden in einer jüngeren und älteren Altersgruppe 13 verschiedene QST-Parameter über Gesicht, Hand und Fuß beidseits erfasst. Wie **Abb. 5** zeigt, unterscheiden sich Männer und Frauen bezüglich ihrer Schmerzempfindlichkeit. Frauen sind bezogen auf die Schmerzschwelle signifikant empfindlicher – ein Befund, dessen genaue Ursachen noch nicht aufgeklärt wurden.

QST-Parameter im Seitenvergleich

Zwischen der rechten und linken Körperseite finden sich für keinen QST-Parameter signifikante Unterschiede (**Abb. 6**). Der intraindividuelle Vergleich der rechten und linken Körperseite zeigt für alle hier vorgestellten QST-Parameter hohe Korrelationskoeffizienten ($r=0,78-0,97$, alle p -Werte $<0,001$). Die r^2 -Werte liegen zwischen 0,61 und 0,94 und zeigen, dass systematische intraindividuelle Differenzen bezogen auf den Vergleich beider Körperseiten zwischen 61 und 94% der Gesamtvarianz dieser QST-Parameter ausmachen. QST-Werte zeigen also beim Vergleich der rechten und linken Körperseite eines Menschen eine hohe Stabilität.

Effekte des Alters auf die Somatosensorik

Bei Gesunden sind nahezu alle untersuchten QST-Parameter altersabhängig. So zeigen Studien, dass es mit zunehmendem Alter zu einer Erhöhung der Wahrnehmungs- und Schmerzschwelle kommt. Die größten altersabhängigen Effekte konnten für die Kälteschmerzschwelle gefolgt von der Vibrationsschwelle und Hitzeschmerzschwelle nachgewiesen werden.

Stärken und Schwächen der Methode

Das Konzept einer mechanismenbasierten Schmerzdiagnostik mittels QST geht von der Hypothese aus, dass die Erniedrigung oder Erhöhung von Wahrnehmungs- und Schmerzschwellen indirekt auf zugrunde liegende neurobiologische Mechanismen hinweist (**Tab. 1**). Allerdings ist eine derartige

Frauen sind bezogen auf die Schmerzschwelle signifikant empfindlicher

QST-Werte zeigen also beim Vergleich der rechten und linken Körperseite eines Menschen eine hohe Stabilität

Am stärksten wirkt sich das Alter auf die Kälteschmerzschwelle aus

Eine Interpretation von QST-Befunden im Sinne neurobiologischer Mechanismen ist bisher nicht allgemein akzeptiert

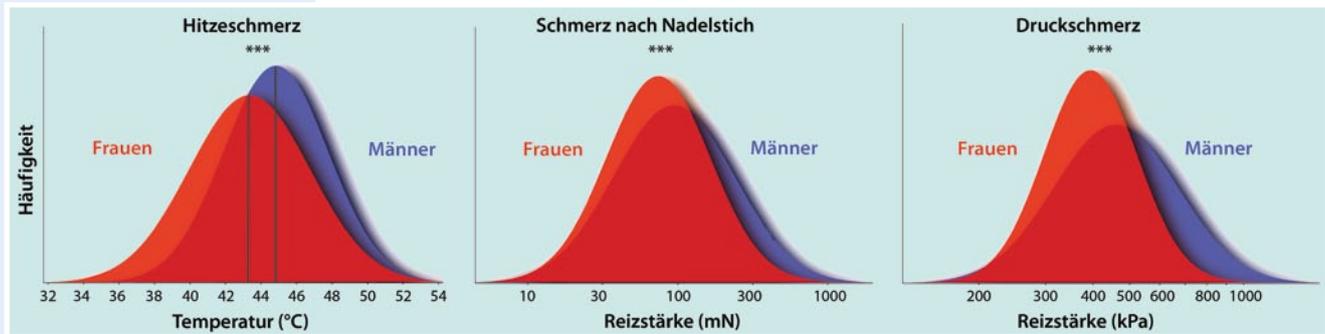


Abb. 5 ▲ Exemplarisch sind hier die angepassten Verteilungen für die Schmerzempfindlichkeit von Frauen (rote Verteilungskurven) und Männern (blaue Verteilungskurven) für 3 ausgewählte Schmerzreize gezeigt. Frauen sind für alle Schmerzreize signifikant empfindlicher [Hitzeschmerzschwelle, mechanische Schmerzschwelle für Nadelreize (Pinprick) sowie Druckschmerzschwelle hoch signifikant; ANOVA; $p < 0,001$]. (Adaptiert nach [17])

Das Phänomen einer dynamischen mechanischen Allodynie kann auf eine zentrale Sensibilisierung hinweisen

Interpretation von QST-Befunden bisher nicht allgemein akzeptiert, da unklar ist, ob nicht dasselbe klinische Zeichen, z. B. eine Hitzehyperalgesie, durch verschiedene Mechanismen ausgelöst wird oder ein einzelner Mechanismus mehrere klinische Zeichen hervorrufen kann [8]. Tierexperimentelle Forschung und Ergebnisse aus humanen Surrogatmodellen (z. B. durch intrakutane Injektionen geringer Mengen Capsaicin) belegen am besten den Zusammenhang zwischen einer Hyperalgesie für spitze mechanische Reize (Pinprick-Hyperalgesie) und einer zentralen nozizeptiven Sensibilisierung [20]. Das Phänomen einer dynamischen mechanischen Allodynie (Schmerz nach leichter Berührung) kann ebenfalls auf eine zentrale Sensibilisierung hinweisen, während Hitze- und Druckhyperalgesien eher im Rahmen einer peripheren Sensibilisierung von Nozizeptoren zu beobachten sind [1, 9].

Einsatzbereiche der QST

Die Erfassung des vollständigen somatosensorischen Phänotyps ist in einem klinisch vertretbaren Zeitrahmen von etwa einer halben Stunde je Testareal [1, 21] möglich. Dabei werden Schmerz- und Temperaturreize über den spinothalamischen Trakt weitergeleitet, während Berührungs- und Vibrationsreize über die Hinterstränge des Rückenmarks ins Gehirn projiziert werden. Entsprechend erlaubt die QST in gewissem Umfang auch topodiagnostische Aussagen, zu denen man aber im Rahmen einer klinischen Untersuchung auf einfachere Weise gelangt. Nach aktuellem Stand eignet sich die QST v. a. für die Durchführung klinischer Studien. An Zentren im DFNS (<http://www.neuro.med.tu-muenchen.de/dfns/uns/verein.html>) sowie auch international wird die QST aber auch umfangreich in der klinischen Praxis eingesetzt. Krankheitsbilder, bei denen die QST als diagnostisches Instrument sinnvoll sein kann, sind u. a.

- neuropathische Schmerzen bei Polyneuropathie (z. B. diabetische Polyneuropathie oder chemotherapieinduzierte Neuropathie),
- eine postherpetische Neuralgie,
- Schmerzen nach peripherer Nervenläsion,
- das komplexe regionale Schmerzsyndrom (CRPS),
- Schmerzen bei Tumorerkrankung,
- Rückenschmerzen und
- Fibromyalgie.

Nach aktuellem Stand eignet sich die QST v. a. für die Durchführung klinischer Studien

Eine klinische QST-Domäne ist die nichtinvasive Diagnostik einer Small-fiber-Neuropathie. In spezialisierten Abteilungen kann ergänzend auch eine Hautbiopsie durchgeführt werden, um die diagnostische Sicherheit weiter zu erhöhen [22]. Auch in der Frühdiagnostik kann die QST eine wichtige Rolle spielen, beispielsweise zur Abklärung der diabetischen Neuropathie im Kindes- und Jugendalter [23]. Zur vereinfachten Auswertung der Untersuchungen mit Darstellung der QST-Werte als „normal“ oder „pathologisch“ steht mit EQUISTA ein datenbankbasiertes Tool zur Verfügung. Eine Zertifizierung als QST-Zentrum kann aus Gründen der Qualitätssicherung empfohlen werden, wenn das Verfahren regelmäßig klinisch oder zu Forschungszwecken eingesetzt wird [24, 25].

Eine klinische QST-Domäne ist die nichtinvasive Diagnostik einer Small-fiber-Neuropathie

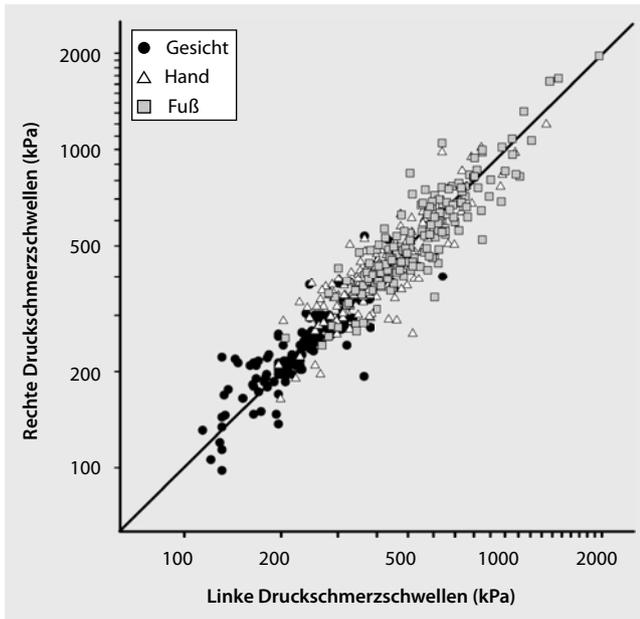


Abb. 6 ◀ Seitenvergleich (*rechts vs. links*) für das Beispiel der Druckschmerzschwellen über Gesicht, Hand und Fuß. Die Druckschmerzschwellen über der rechten und linken Körperseite zeigen eine große Ähnlichkeit, während sich die Werte über Gesicht, Hand und Fuß deutlich unterscheiden. (Aus [17])

Die QST hat nicht nur klinische und experimentelle Relevanz, sondern kann auch als Methode für Gutachten genutzt werden. Hier ist allerdings zu beachten, dass es sich um ein „subjektives Verfahren“ handelt und somit die Mitarbeit des Patienten eine entscheidende Rolle spielt. Die QST-Ergebnisse können plausibel andere objektive Verfahren wie eine Neurographie, somatosensibel evozierte Potenziale (SEP), laserevozierte Potenziale (LEP) oder Hautbiopsien ergänzen, sollten aber nicht die alleinige Basis für gutachterliche Empfehlungen sein.

Die QST kann auch als Methode für Gutachten genutzt werden

Fazit für die Praxis

- Die QST ist eine formalisierte und standardisierte klinische Sensibilitätsprüfung mit kalibrierten Reizen [24].
- Die Testung erlaubt die Erfassung sensibler Plus- und Minuszeichen, z. B. einer Hypästhesie oder Hyperalgesie. Im Gegensatz dazu bleibt die konventionelle Elektrophysiologie, beispielsweise eine Neurographie im somatosensorischen System, im Wesentlichen auf die Erfassung eines Funktionsdefizits beschränkt.
- Das getestete Körperareal, nicht aber die gemessene Körperseite, hat signifikanten Einfluss auf die gemessenen Schwellenwerte.

Korrespondenzadresse



M. Mücke
Klinik für Palliativmedizin, Universitätsklinikum Bonn
Sigmund-Freud-Str. 25, 53127 Bonn
martin.muecke@ukb.uni-bonn.de

Danksagung. Unser Dank gilt den Probanden und Patienten, die sich für die Erfassung der hier vorgestellten Daten zur Verfügung gestellt haben.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. M. Mücke, H. Cuhls, L. Radbruch, R. Baron, C. Maier, T. Tölle, R.-D. Treede und R. Rolke geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag enthält keine Studien an Menschen oder Tieren.

Literatur

- Rolke R, Baron R, Maier C et al (2006) Quantitative sensory testing in the German Research Network on Neuropathic Pain (DFNS): standardized protocol and reference values. *Pain* 123(3):231–243
- Mücke M, Cuhls H, Radbruch L et al (2014) Evidence of heterosynaptic LTD in the human nociceptive system: superficial skin neuromodulation using a matrix electrode reduces deep pain sensitivity. *PLoS One* 9(9):e107718
- Weber EH (2012) Der Tastsinn und das Gemeingefühl. *Tredition Classics*
- Von Frey M (1923) Über die Beziehungen zwischen Kitzel-, Berührungs- und Druckempfindung. *Skand Arch Physiol* 43(1):93–100
- Dyck PJ, Zimmerman IR, O'Brien PC et al (1978) Introduction of automated systems to evaluate touch-pressure, vibration, and thermal cutaneous sensation in man. *Ann Neurol* 4(6):502–510
- Zaslansky R, Yarnitsky D (1998) Clinical applications of quantitative sensory testing (QST). *J Neurol Sci* 153(2):215–238
- Baron R, Förster M, Binder A (2012) Subgrouping of patients with neuropathic pain according to pain-related sensory abnormalities: a first step to a stratified treatment approach. *Lancet Neurol* 11(11):999–1005
- Hansson P, Backonja M, Bouhassira D (2007) Usefulness and limitations of quantitative sensory testing: clinical and research application in neuropathic pain states. *Pain* 129(3):256–259
- Woolf CJ, Mannion RJ (1999) Neuropathic pain: aetiology, symptoms, mechanisms, and management. *Lancet* 353(9168):1959–1964
- Rolke R (2009) Diagnostischer „Work-up“ neuropathischer Schmerzen in der klinischen Praxis: Quantitative sensorische Testung als komplementäres Verfahren zur konventionellen Elektrophysiologie. *Klin Neurophysiol* 40(03):177–182
- Loeser JD, Treede R-D (2008) The Kyoto protocol of IASP basic pain terminology. *Pain* 137(3):473–477
- Magerl W, Treede R-D (2004) Secondary tactile hypoesthesia: a novel type of pain-induced somatosensory plasticity in human subjects. *Neurosci Lett* 361(1–3):136–139
- Fruhstorfer H, Gross W, Selbmann O (2001) von Frey hairs: new materials for a new design. *Eur J Pain* 5(3):341–342
- Van den Berg F (2008) *Angewandte Physiologie 4, Schmerzen verstehen und beeinflussen: 43 Tabellen*. Thieme, Stuttgart
- Rolke R, Campbell KA, Magerl W, Treede R-D (2005) Deep pain thresholds in the distal limbs of healthy human subjects. *Eur J Pain* 9(1):39–48
- Olson CL (1976) On choosing a test statistic in multivariate analysis of variance. *Psychol Bull* 83(4):579–586
- Rolke R (2010) *Quantitative sensorische Testung: Mechanismen-basierte Diagnostik chronischer Schmerzsyndrome*. Habilitationsschrift, Eigenverlag, Mainz
- Pfau DB, Krumova EK, Treede R-D et al (2014) Quantitative sensory testing in the German Research Network on Neuropathic Pain (DFNS): reference data for the trunk and application in patients with chronic postherpetic neuralgia. *Pain* 155(5):1002–1015
- Rolke R, Campbell KA, Magerl W, Treede R-D (2005) Deep pain thresholds in the distal limbs of healthy human subjects. *Eur J Pain* 9(1):39–48
- Treede R-D, Magerl W (2000) Multiple mechanisms of secondary hyperalgesia. In: Sandkuhler J, Bromm B, Gebhart GF (Hrsg) *Progress in brain research* [Internet]. Elsevier, S 331–341. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079612300290250>. Zugegriffen: 20. März 2014
- Rolke R, Magerl W, Campbell KA et al (2006) Quantitative sensory testing: a comprehensive protocol for clinical trials. *Eur J Pain* 10(1):77–88
- Scherens A, Maier C, Haussleiter IS et al (2009) Painful or painless lower limb dysesthesias are highly predictive of peripheral neuropathy: comparison of different diagnostic modalities. *Eur J Pain* 13(7):711–718
- Blankenburg M, Kraemer N, Hirschfeld G et al (2012) Childhood diabetic neuropathy: functional impairment and non-invasive screening assessment. *Diabet Med* 29(11):1425–1432
- Backonja MM, Attal N, Baron R et al (2013) Value of quantitative sensory testing in neurological and pain disorders: NeuPSIG consensus. *Pain* 154(9):1807–1819
- Geber C, Scherens A, Pfau D et al (2009) Procedure for certification of QST laboratories. *Schmerz* 23(1):65–69

CME-Fragebogen

Bitte beachten Sie:

- Teilnahme nur online unter: springermedizin.de/eAkademie
- Die Frage-Antwort-Kombinationen werden online individuell zusammengestellt.
- Es ist immer nur eine Antwort möglich

? Welche Aussage zu den Rahmenbedingungen für eine QST-Messung trifft zu?

- Bei der QST handelt es sich um eine nicht-standardisierte klinische Sensibilitätsprüfung.
- Bei der QST handelt es sich um ein subjektives Verfahren, bei dem es auf die Mitarbeit der zu untersuchenden Person ankommt.
- Bei der QST handelt es sich um ein elektrophysiologisches Verfahren, bei dem die Funktionstüchtigkeit des somatosensorischen Systems untersucht wird.
- Die mechanische Testung erfolgt automatisiert und ist damit untersucherunabhängig objektiv durchführbar.
- Als „subjektives Verfahren“ kann die QST nicht als ergänzendes Verfahren für gutachterliche Tätigkeiten eingesetzt werden.

? Die QST setzt sich aus einer thermischen und einer mechanischen Testung zusammen. Welches Instrument gehört *nicht* zum QST-Equipment?

- Thermotester.
- Nadelreizstimulator (Pinprick).
- von Frey-Filament.
- Druckalgometer.
- Reflexhammer.

? Beim Vergleich welcher gemessenen QST-Werte finden sich in der Regel *keine* signifikanten Unterschiede?

- Zwischen Männern und Frauen.
- Zwischen alten und jungen Menschen.
- Zwischen verschiedenen Körperregionen wie etwa Hand vs. Fuß.
- Zwischen rechter und linker Körperseite.
- Zwischen Knochen und Muskelgewebe beim Messen der Druckschmerzschwelle.

? Ein Patient mit postherpetischer Neuralgie berichtet über Schmerzen nach einer leichten, streichenden Berührung der Haut mit einem Q-Tip im Neuralgiebereich. Welche Aussage trifft zu?

- Es liegt ein Wind-up für repetitive mechanische Reizung vor.
- Es handelt sich um eine paradoxe Hitzeempfindung nach mechanischem Reiz.
- Es besteht eine Druckhyperalgesie.
- Es zeigt sich eine dynamisch-mechanische Allodynie.
- Es kann eine Nadelreiz-Hyperalgesie angenommen werden.

? Wie unterscheidet sich die Schmerzempfindlichkeit von Männern und Frauen?

- Männer und Frauen zeigen keine signifikanten Unterschiede bezüglich ihrer Schmerzempfindlichkeit.
- Männer weisen im Vergleich zu Frauen im Gruppenvergleich niedrigere Schmerzschwellen auf.
- Frauen nehmen im Vergleich mit Männern mechanische Schmerzreize, nicht aber Hitzereize früher als schmerzhaft wahr.
- Männer sind nur für Hitzereize schmerzempfindlicher als Frauen.
- Frauen sind im Mittel für Hitzeschmerz genauso wie für Schmerz nach spitzen und stumpfen mechanischen Reizen empfindlicher als Männer.

? Welche Aussage über die Vibrationsdetektionsschwelle trifft zu?

- Die ermittelten Schwellenwerte müssen wie alle QST-Parameter vor der Auswertung logarithmiert werden.
- Es handelt sich bei der Bestimmung um eine „Verschwinde-Schwelle“.

- Diese Schwelle wird mit einer Stimmgabel als Wert zwischen gerade erkannten und nicht erkannten Reizstärken bestimmt.
- Die Vibrationsschwelle gibt Auskunft über die Funktion von schmerzleitenden C-Fasern.
- Die Vibrationsschwelle gibt Auskunft über die Funktion von schmerzleitenden A-delta-Fasern.

? Bei welcher der folgenden Sinneswahrnehmungen ist die Zuordnung zur zugehörigen sensiblen Faserklasse nicht zutreffend?

- Hitzeschmerz: C-Fasern, A-delta-Fasern.
- Druckschmerz: C-Fasern, A-delta-Fasern.
- Allodynie: C-Fasern, A-delta-Fasern.
- Mechanische Hypästhesie: A-beta-Fasern.
- Vibrationsempfinden: A-beta-Fasern.

? In der QST finden sich bei einem Patienten mit schmerzhafter diabetischer Polyneuropathie am distalen Fußrücken erhöhte Warm- und Kaltschwellen bei gleichzeitig schmerzhaft gesteigerter Berührungsempfindlichkeit für leichte, bewegte Reize. Welche neurobiologischen Mechanismen können angenommen werden?

- Es besteht eine Neuropathie dicker Nervenfasern (Large-fiber-Neuropathie) mit peripherer Sensibilisierung im Schmerzsystem.
- Es besteht eine Schädigung dünner Nervenfasern (Small-fiber-Neuropathie) mit zusätzlicher Allodynie bei zentraler Sensibilisierung.
- Es besteht eine diabetische Axonschädigung, die alle Faserklassen gleich betrifft.



Für Zeitschriftenabonnenten ist die Teilnahme am e.CME kostenfrei

- Es findet sich eine gemischte periphere und zentrale Sensibilisierung mit thermischer und mechanischer Hyperalgesie.
- Es zeigt sich eine thermische und mechanische Hyperalgesie bei zentraler Sensibilisierung.

? Welche Voraussetzung ist bei der QST besonders wichtig, um aussagekräftige und vergleichbare Daten zu erheben?

- Ein standardisierter Ablauf der Testung.
- Vollständige Durchführung der Untersuchung innerhalb von 30 Minuten, um Ermüdungseffekten beim Probanden vorzubeugen.
- Der Ausschluss von jungen und alten Probanden, für die keine multizentrisch erhobenen Normwerte vorliegen.
- Der Einsatz wenig trainierter Untersucher, um die Datenvalidität durch Vermeidung von Vigilanzproblemen des Untersuchers zu gewährleisten.
- Die potenziell schmerzhafteste Untersuchung muss unter ausreichender Analgesierung erfolgen.

? Was kann mit der Erfassung der Kalt- und Warmschwellen im Rahmen der QST-Messung erreicht werden?

- Nachweis einer Large-fiber-Neuropathie.
- Ausschluss einer demyelinisierenden Polyneuropathie.
- Darstellung der Funktion von A-beta-Fasern.
- Testung auf Vorliegen einer Small-fiber-Neuropathie.
- Sensitive individuelle Geschlechtsbestimmung durch Vergleich mit Normkollektiv des DFNS.

Diese zertifizierte Fortbildung ist 12 Monate auf springermedizin.de/eAkademie verfügbar. Dort erfahren Sie auch den genauen Teilnahmeschluss. Nach Ablauf des Zertifizierungszeitraums können Sie diese Fortbildung und den Fragebogen weitere 24 Monate nutzen.