

Ocenjevanje občutljivosti v neurologiji Sensory examination in neurology

Duška Meh*

Ključne besede
nevrolška preiskava
občutek
občutek, prag
občutek, motnje

Key words
neurologic examination
sensation
sensorz thresholds
sensation disorders

Izvleček. Ocenjevanje občutljivosti je zahteven del nevrolške preiskave, odvisen tako od preiskovančeve motiviranosti in pripravljenosti na sodelovanje kot od znanja, potrpežljivosti in empatije preiskovalca. Zaznavanje ocenimo med klinično preiskavo, natančnejše podatke pa dobimo s sodobnimi psihofizikalnimi metodami. Opisali smo modalno specifično ocenjevanje zaznavanja toplote, hladu, bolečine, vibracije in dotika. Natančno smo opredelili kvantitativne in kvalitativne spremembe zaznavanja.

Abstract. Sensory examination is a part of the routine neurologic examination. It depends on both the patient and the examiner. Conventional sensibility tests are neither quantitative nor selective with regard to different modalities of sensations. Modality specific sensibility tests are described. Quantitative and qualitative sensory abnormalities are defined.

Uvod

Pravilna, natančna in pravočasna diagnoza je predpogoj za pravilno vodenje in zdravljenje bolnikov z moteno občutljivostjo. Občutljivost je spremenjena pri različnih boleznih, sprememba je lahko zelo obremenjujoča ali le nepomembna spremljevalka bolezenskega dogajanja, je začetni simptom ali pa se razvije pozneje. Motnje zaznavanja so posledica okvare receptorjev, senzoričnih poti ali možganskih središč, procesi, ki izzovejo bolezenske spremembe, pa so zelo različni. Okvare občutljivosti so vsaj enako pogoste kot motnje gibljivosti, so pa manj očitne in jih je težje natančno oceniti. Natančna preiskava občutljivosti je pomembna, saj razporeditev motenj občutkov pomaga pri lokalizaciji okvar, kakovost spremenjenega občutka omogoča razpoznavo prizadete strukture, ponavljanje preiskave pa spremljanje razvoja bolezni.

Pionirsko delo pri preučevanju občutljivosti so v začetku 20. stoletja opravili Nemeč Otto Förster in Angleža Henry Head in Geoffrey Holmes, ki so preučevali in opisali motnje pri mnogih nevrolških boleznih. Pozneje so se raziskovalci več ukvarjali z motoričnimi motnjami, preiskavne metode, ki so jih razvijali, so bile v glavnem elektrofiziološke. Ocenjevanje občutljivosti je bilo prepuščeno le kliničnemu vrednotenju. Delovanje senzoričnega živčevja so sicer opazovali z nekaterimi elektrofiziološkimi metodami (nevrografijo, perkutano mikrografijo, izvajljenimi odzivi), ocenjevanje občutljivosti pa je zares zaživelo šele v zadnjih dvajsetih letih, ko so raziskovalci po vsem svetu razvili vrsto psihofizikalnih metod, ki omogočajo natančnejšo in objektivnejšo opredelitev mote-

*Znanstvena sodelavka dr. sc. Duška Meh, dr. med., Inštitut RS za rehabilitacijo, Linhartova 51, 1000 Ljubljana.

ne občutljivosti. Med raziskovalci občutljivosti je imel več kot 30 let osrednjo vlogo švedski raziskovalec Ulf Lindblom.

Splošna načela preiskovanja somatskih občutkov

Preiskovanje občutljivosti je pomemben del nevrološke preiskave, utrudljiv tako za preiskovanca kot za preiskovalca. Zanesljive podatke dobimo le od motiviranega preiskovanca, ki je pripravljen in sposoben sodelovati. Uveljavljena klinična nevrološka ocena je le orientacijska in ugotovljene spremembe pogosto težko ovrednotimo.

Senzorične simptome, ki jih opišejo bolniki, je pogosto težko vrednotiti. Značilni so pozitivni senzorični simptomi, največkrat blage parestezije (spontani ali izvabljeni abnormni občutki), ki jih zaradi senzoričnih ali motoričnih izpadov (negativnih simptomov) pogosto celo spregledamo. Pri nekaterih bolnikih so bolečine in hude parestezije, največkrat celo dizestezije, značilne in najbolj obremenjujoče težave. Bolniki simptomov pogosto ne znajo opredeliti, najpogosteje jih opišejo kot zbadanje, mravljinčenje, omrtvičenost in bolečino, redkeje pa kot bizarne, težko opredeljive ali celo neopredeljive občutke. Pozneje so lahko določena področja celo popolnoma neobčutljiva, močno prizadeta globinska občutljivost pa povzroči motnje ravnotežja, senzorično ataksijo. Močno prizadeta položajna senzibilnost v prstih rok se kaže kot psevdootetoidni zgibki pri iztegnjenih rokah in zaprtih očeh. Pogosto se pojavljajo tudi bolečine, sproži jih vsak stik s hiperestetično kakovostjo dražljaja. So zelo hude, marsikdaj skoraj nevzdržne. Lahko so posledica prizadetosti tankih, nemieliniziranih živčnih vlaken ali drugih delov živčevja, posebno hude pa so osrednje, ki so posledica prizadetosti različnih osrednjih struktur (1).

Ocenjevanje delovanja živčevja je zapleteno tudi zaradi različnih vpletenih struktur. Debela dovodna (afarentna) živčna vlakna so za nevrofiziološke preiskave lahko dostopna (merjenje prevodnih hitrosti, preiskovanje občutkov za vibracijo in za dotik). Ker sta upornosti kože in podkožja razmeroma majhni, je jakost dražljajev, potrebnih za depolarizacijo struktur, majhna in je draženje razmeroma neboleče. Nasprotno so tanka vlakna za elektrofiziološke preiskave teže dostopna; perkutana mikronevrografija (2) je za klinično delo preveč zapletena in preveč invazivna, poleg tega pa je z iglo tanka vlakna težko zadeti. Večina tankih živčnih vlaken (A-delta in C) prenaša podatke o bolečini (3, 4), nekaj pa tudi o toploti in hladu (5) ter o delovanju avtonomnega živčevja (6). S preiskovanjem teh občutkov in s preučevanjem odzivov avtonomnega živčevja dobimo zanesljive podatke o njihovem delovanju. Tanka živčna vlakna pregledujejo tudi z metodo izvabljenih odzivov (evociranih potencialov) (7–12), ki pa ne omogoča ocene zaznavanja (spremljamo le prevajanje skozi živčevje). Debela živčna vlakna so za preiskave bolj dostopna, njihovo delovanje ocenjujejo s pomočjo različnih elektrofizioloških preiskav, ocenjevanje zaznavanja vibracije, dotika, dvojnega dražljaja in položaja pa omogočajo različne psihofizikalne metode (13).

Uveljavljene elektrofiziološke preiskave omogočajo oceno delovanja nekaterih struktur, vpletenih v zaznavanje, še zdaleč pa na osnovi njihovih rezultatov ne moremo vrednotiti delovanja vseh procesov, ki so vpleteni v dogajanja. Metode, s katerimi neposredno opazujemo njihovo delovanje in povezujejo specifičen dražljaj, fiziološki odgovor peri-

fernega živca in ascendentne proge z zaznavo, so psihofizikalne. Preiskave so modalno specifične, kažejo delovanje vseh tipov dovodnih živčnih vlaken in vrste osrednjih živčnih struktur. Usmerjene so neposredno na določen senzorični sistem in v nasprotju s klasičnimi elektrofiziološkimi preiskavami uporabljajo fiziološke dražljaje. Podatki, ki jih dobimo z njimi, so subjektivni in tudi nepopolni, saj ne omogočajo npr. določanje mesta bolezenskega procesa, povezovanje dobljenih rezultatov z drugimi ugotovitvami diagnostičnega postopka pa nam pogosto odgovori na zastavljeno vprašanje.

Ocenjevanje zaznavanja toplote in hladu

Za preiskovanje občutka za toploto in za hlad uporabljamo klinično steklene epruvete s toplo in z mrzlo vodo (14, 15), kar pa zadošča le za najbolj grobo orientacijo. Podobno nenatančna in slabo ponovljiva je tudi metoda s temperaturnimi Minnesota diski (iz bakra, nerjavečega jekla, stekla in polivinil-klorida), ki pa ima opredeljeno vsaj velikost stične površine (10 cm²) (16). Nekateri raziskovalci so merili prag občutljivosti s termodama z različnima temperaturama, ki so ju polagali na izbrana mesta na koži (17, 18). Uporabljena metoda ne omogoča razlikovanja med zaznavanjem toplote in zaznavanjem mraza, pri vseh teh metodah pa se hkrati aktivirajo tudi mehanoreceptorji. Dyck je s sodelavci uvedel računalniško vodeno metodo (19, 20), ki pa jo omejuje izredna dolgotrajnost preiskave (traja vsaj tri ure). Prednost Marstock metode (21) za oceno zaznavanja temperaturnih sprememb, ki jo uporabljamo v našem laboratoriju, je v skoraj linearnem spreminjanju temperature, ki jo je tako lahko uravnovati. Omogoča uporabo dokaj čistega toplotnega dražljaja brez taktilnih primesi, saj termode med draženjem ne premikamo in ne spreminjamo pritiska na kožo. Fagius in Wahren (22) menita, da primerjavo podatkov več zaporednih meritev, ponovljenih v daljših časovnih razmikih, omejuje precejšnja variabilnost podatkov, naše izkušnje pa njunih ugotovitev ne potrjujejo (23).

Ocenjevanje zaznavanja bolečine

Podatke o spontani bolečini dobimo z različnimi opisnimi in analognimi lestvicami (24–26), občutek za ostro, zbadajočo bolečino pa klinično preiskujemo z iglo (14, 15), s kleščicami (13), s tlačnim (27) ali temperaturnim (28) algometrom ter z vrsto drugih metod (29–33). Za klinično delo in raziskovanje dovolj natančne in ponovljive kvantitativne podatke o bolečini dobimo z metodo Marstock (21), ki je dovolj hitra in uporabna na praktično vseh delih telesa.

Objektivno oceno delovanja bolečinskih vlaken omogoča metoda izvabljenih odzivov (evociranih potencialov) (7, 34, 35), občutka bolečine pa z njimi ne moremo oceniti.

Ocenjevanje zaznavanja vibracije

Občutek za vibracijo preizkušamo klinično z glasbenimi vilicami. V kliničnem delu jih je začel uporabljati Rumpf (36), uveljavil pa predvsem Pearson (37). Pri kliničnem delu so pomemben in priročen instrument, dovolj za orientacijsko oceno zaznavanja vibracije. Uporabljamo vilice s frekvenco 128 Hz. Amplitude pri preizkušanju občutljivosti z glasbenimi vilicami običajno ne nadziramo, klinični nevrologi pa uporabljajo tudi vilice z utež-

mi na obeh krakih, ki omogočajo spreminjanje amplitude in tako natančnejšo oceno zaznavanja vibracije.

Za natančnejšo, kvantitativno oceno zaznavanja vibracije so razvili več elektromehanskih naprav (20, 38, 39). Na izmerjene vrednosti vpliva več dejavnikov, pomembni so predvsem pritisk stimulatorja na tkivo, stalna oblika dražljaja (sinusoidno nihanje), frekvenca in amplituda. Amplituda je odvisna od pritiska na tkivo in od njegove viskoznosti, zato so metode, kjer neposredno odčitavamo amplitude, natančnejše od tistih, kjer se spreminja napetost v stimulatorju.

Ocenjevanje občutka za dotik

Klinično preiskujemo občutek za dotik s kosmom vate ali kar s prstnimi konicami, s katerimi drsimo po določenem delu telesa in ugotavljamo spremembe. Za določanje pragov zaznave dotika obstaja vrsta natančnih in zanesljivih metod (19, 40, 41). Primerne so predvsem za raziskovanje, saj so za klinično delo preveč zamudne. Natančno neposredno merjenje amplitud omogoča draženje z nadpražnimi mehanskimi dražljaji (42–46). Pri rutinskem kliničnem delu še vedno največ uporabljamo von Freyve laske (13, 47). Metoda je semikvantitativna in izkušenemu kliniku ne pove več kot natančna klinična preiskava. Določimo lahko tudi prage zaznave posamičnih mehanskih dražljajev, vedno pomembnejše pa je merjenje CNV – kontingentne negativne variacije, ki pa je pri rutinskem delu ne uporabljamo (48).

Okvare občutljivosti

Okvare občutljivosti so različne, abnormnosti pa opredelimo z mednarodno sprejetimi izrazi (49). Bolezenski proces lahko spremeni katerakoli značilnost dražljaja, spremembe pa so nespecifične.

Kvantitativne spremembe občutljivosti

Kvantitativne spremembe občutljivosti bolniki pogosto lažje opišejo kot kvalitativne. Povedo, da nek znan in natančno opredeljiv dražljaj čutijo bolj, manj ali pa ga sploh ne. Fiziološka osnova vseh teh okvar je spremenjen zaznavni prag. Pri hipesteziiji in anesteziiji je zvišan, pri hiperesteziiji pa znižan. Izrazi, s katerimi opišemo spremembe, so:

- **hipesteziija** – zmanjšana občutljivost,
- **anesteziija** – popolna neobčutljivost in
- **hiperesteziija** – povečana občutljivost.

Vedno moramo označiti tudi občutek, za katerega je občutljivost spremenjena, saj nam le natančen opis okvare pove, kakšna je, pogosto pa nam pomaga tudi pri anatomski diagnozi. Za nekatere občutke imamo celo posebna imena. Kadar na primer govorimo o bolečini, uporabljamo izraze:

- **hipalgezija** – zmanjšana občutljivost za bolečino,
- **analgezija** – neobčutljivost za bolečino in
- **hiperalgezija** – preobčutljivost za bolečino.

Kvalitativne spremembe občutljivosti

Občutljivost je lahko okvarjena tudi drugače. Spremenjena je kakovost občutka. »Drugačen« občutek bolniki pogosto težko opišejo, saj pogosto ni podoben nobeni znani zaznavi, lahko je celo prav bizaren. Pojavljanje »mravelj«, »prelivanja tekočine« pod kožo so znane spremembe, nekateri opisi so prav izvirni in nenavadni, npr. »kot hoja po požetem žitnem polju«. Nepotrpežljiv in nasičen zdravnik bolnika zato včasih težko razume ali pa mu celo ne verjame, kar bolnika, zmedenega, negotovega in prestrašenega zaradi nenavadnega dogajanja v njegovem telesu, še dodatno potre in potisne v psihično prav nezavidljiv položaj.

Kvalitativne spremembe občutljivosti so spontane ali izzvane:

- **parestezija** – abnormen občutek (spontan ali izvabljen),
- **dizestezija** – neprijeten abnormen občutek (spontan ali izvabljen),
- **alodinija** – bolečina, ki jo izzove normalno neboleč dražljaj,
- **hiperpatija** – nenormalno huda bolečina, izzvana z bolečim dražljajem,
- **anesthesia dolorosa** – bolečina na področju, ki je anestetično in
- **kavzalgija** – pekoča bolečina, alodinija in hiperpatija po poškodbi živca.

Kvalitativne spremembe občutljivosti spremljajo pogosto vazo- in sudomotorne, pozneje pa tudi trofične spremembe.

Spremenjeno trajanje občutka

Zaznavanje je spremenjeno tudi, če trajanji dražljaja in občutka nista enaki:

- **zapoznel občutek** (*after-sensation*) – bolnik začuti dražljaj dolgo po dejanskem draženju in
- **podaljšan občutek** – bolnikovo »zaznavanje« traja še določen čas po prenehanju draženja.

Spremenjena lokalizacija

Občutek lahko bolnik zazna drugje, kot je deloval dražljaj. Značilna primera sta:

- **sevanje občutka** – zaznava na mestu, oddaljenem od mesta draženja in
- **prenesen občutek** – bolnik zazna občutek na drugem mestu (npr. prenesena bolečina pri angini pectoris).

Vrednotenje ugotovljenih sprememb

Za pravilno vrednotenje rezultatov ocenjevanja občutljivosti ni dovolj le poznavanje sprememb, ki so posledica bolezenskega procesa. Pomembno je tudi poznavanje možnih anatomskih variacij, še prej pa nas lahko zavedejo fiziološke posebnosti, ki bi jih kaj lahko označili za abnormne. Zanimiv je npr. paradokсни občutek mraza pri ljudeh (50), ki ga izzove draženje specifičnih receptorjev za hlad s temperaturo od 45 °C do 50 °C in njihov paradokсни odziv (51). Nasprotno zelo nizke temperature v normalnih razmerah ne izzovejo paradoksnega odziva receptorjev za toploto (52). Poznati moramo tudi druge dejavnike, ki lahko vplivajo na zaznavanje, in pa vrsto somatskih in avtonomnih refleksov, endokrinih sprememb in motivacijsko-afektivnih odzivov, ki jih lahko izzove draženje.

Literatura

1. Boivie J. Central pain. In: Wall PD, Melzack R, ed. *Textbook of pain*. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1994: 871–902.
2. Haghbarth KE, Vallbo AB. Mechanoreceptor activity recorded percutaneously with semi-microelectrodes in human peripheral nerves. *Acta Physiol Scand* 1967; 69: 121–2.
3. Bessou P, Perl ER. Response of cutaneous sensory units with unmyelinated fibers to noxious stimuli. *J Neurol Neurosurg* 1969; 32: 1025–43.
4. Hallin RG, Torebjörk HE, Wiesenfeld Z. Nociceptors and warm receptors innervated by C fibres in human skin. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1981; 44: 313–9.
5. Fowler CJ, Sitzglou K, Ali Z, Halonen P. The conduction velocities of peripheral nerve fibres conveying sensations of warming and cooling. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1988; 51: 1164–70.
6. Ruska H, Ruska C. Licht- und Elektronenmikroskopie des peripheren neurovegetativen Systems im Hinblick auf die Function. *Deut Med Wochenschr* 1961; 86: 1770–2.
7. Carmon A, Mor A, Goldberg J. Evoked cerebral responses to noxious thermal stimuli in humans. *Exp Brain Res* 1976; 25: 103–7.
8. Chatt AB, Kenshalo DR. Cerebral evoked responses to skin warming recorded from human scalp. *Exp Brain Res* 1977; 28: 449–55.
9. Duclaux R, Franzen O, Chatt AB, Kenshalo DR, Stowell H. Responses recorded from human scalp evoked by cutaneous thermal stimulation. *Brain Res* 1974; 78: 279–90.
10. Fruhstorfer H, Guth H, Pfaff U. Cortical responses evoked by thermal stimuli in man. *Pflügers Arch* 1973; 339: R88.
11. Jamal GA, Hansen S, Weir AI, Ballantyne JP. Cerebral cortical potentials to pure non-painful temperature stimulation: an objective technique for the assessment of small fibre pathway in man. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1989; 52: 99–105.
12. Martin HF, Manning JW. Peripheral nerve and cortical responses to radiant thermal stimulation of skin fields. *Fed Proc* 1969; 28: 458.
13. Lindblom U. Quantitative testing of sensibility including pain. In: Stålberg E, Young R, eds. *Clinical neurophysiology*. London: Butterworths, 1981: 168–90.
14. DeMyer WE. *Technique of the neurologic examination*. A programed text. New York: McGraw-Hill, 1994.
15. Lavrič A. Klinična nevrološka preiskava. Ljubljana: Medicinski razgledi, 1996.
16. Dyck PJ, Curtis DJ, Bushek W, Offord K. Description of »Minnesota thermal disks« and normal values of cutaneous thermal discrimination in man. *Neurology* 1974; 24: 325–30.
17. Bertelsmann FW, Heimans JJ, Weber EJM, van der Veen EA, Schouten JA. Thermal discrimination thresholds in normal subjects and in patients with diabetic neuropathy. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1985; 48: 686–90.
18. Heimans JJ, Bertelsmann FW, van Rooy JCGM. Large and small nerve function in painful diabetic neuropathy. *J Neurol Sci* 1986; 74: 1–9.
19. Dyck PJ, Zimmerman JR, O'Brien PC. Introduction of automated systems to evaluate touch, pressure, vibration and thermal cutaneous sensation in man. *Ann Neurol* 1978; 4: 502–10.
20. Dyck PJ, Karnes J, O'Brien PC, Zimmerman IR. Detection thresholds of cutaneous sensation in humans. In: Dyck PJ, Thomas PK, Lambert EH, Bunge R, eds. *Peripheral neuropathy*. Philadelphia: WB Saunders, 1984: 1103–38.
21. Fruhstorfer H, Lindblom U, Schmidt WG. Method for quantitative estimation of thermal thresholds in patients. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1976; 39: 1071–5.
22. Fagius J, Wahren LK. Variability of sensory threshold determination in clinical use. *J Neurol Sci* 1981; 51: 11–27.
23. Meh D, Denišlić M. Quantitative assessment of thermal and pain sensitivity. *J Neurol Sci* 1994; 127: 164–9.
24. Huskisson EC. Measurement of pain. *Lancet* 1974; 2: 1127–31.
25. Ohnhaus EE, Adler R. Methodological problems in the measurement of pain: A comparison between the verbal rating scale and the visual analogue scale. *Pain* 1975; 1: 379.
26. Scott J, Huskisson EC. Graphic representation of pain. *Pain* 1976; 2: 175.

27. Keele KD. Pain sensitivity tests. The pressure algometer. *Lancet* 1954; 1: 636–9.
28. Nakahama H, Yamamoto M. An improved radiant heat algometer and its application to pain threshold measurements in man. *Pain* 1979; 6: 141–8.
29. Le Quesne PM, Parkhouse N. Laser Doppler measurement of acetylcholine-induced axon reflex flare to assess human nociceptive C-fibre function. *J Physiol* 1987; 384: 3P.
30. Lindblom U. Neurophysiological measurement of pain. *Acta Anaesth Scand* 1982; 26: Suppl 74: 30.
31. Lynn B, Perl ER. A comparison of four test for assessing the pain sensitivity of different subjects and test areas. *Pain* 1977; 3: 353–65.
32. Parkhouse N, Le Quesne P. Quantitative objective assessment of peripheral nociceptive C fibre function. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1988; 51: 28–34.
33. Procacci P, Zoppi M, Maresca M. Experimental pain in man. *Pain* 1979; 6: 123–40.
34. Kakigi R, Shibasaki H, Ikeda A. Pain-related somatosensory evoked potentials following CO₂ laser stimulation in man. *Electroenceph Clin Neurophysiol* 1989; 74: 131–8.
35. Kakigi R, Shibasaki H, Tanaka K et al. CO₂ laser-induced pain-related somatosensory evoked potentials in peripheral neuropathies: correlation between electrophysiological and histopathological findings. *Muscle Nerve* 1991; 14: 441–50.
36. Rumpf HTM. Über einen Fall von Syringomyelie nebst Beiträgen zur Untersuchung der Sensibilität. *Neurol Zbl* 1889; 8: 222–30.
37. Pearson GHJ. Effect of age on vibratory sensibility. *Arch Neurol Psychiat* 1928; 20: 482–96.
38. Goldberg JM, Lindblom U. Standardised method of determining vibratory perception thresholds for diagnosis and screening in neurological investigation. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1979; 42: 793–803.
39. Arezzo JC, Schaumburg HH. The use of Optacon as a screening device: a new technique for detecting sensory loss in individuals exposed to neurotoxins. *J Occup Med* 1980; 22: 461–4.
40. Lindblom U. Touch perception threshold in human glabrous skin in terms of displacement amplitude on stimulation with single mechanical pulses. *Brain Res* 1974; 82: 205–10.
41. Westling G, Johansson RS, Vallbo Å. A method for mechanical stimulation of skin receptors. In: Zotterman Y, ed. *Sensory functions of the skin in primates*. Oxford: Pergamon Press, 1976: 151–8.
42. Harrington T, Merzenich MM. Neural coding in the sense of pressure: human sensations of skin indentation compared with the responses of slowly adapting mechanoreceptive afferents innervating the hairy skin of monkeys. *Exp Brain Res* 1970; 10: 251–64.
43. Franzén O, Lindblom U. Tactile intensity functions in patients with sutured peripheral nerve. In: Zotterman Y, ed. *Sensory functions of the skin in primates*. Oxford: Pergamon Press, 1976: 113–8.
44. Järvilehto T, Hämäläinen H. Touch and thermal sensations: psychophysical observations and unit activity in human skin nerves. In: Kenshalo DR, ed. *Sensory functions of the skin of humans*. New York: Plenum Press, 1979: 279–95.
45. Lindblom U, Verrillo RT. Sensory functions in chronic neuralgia. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1979; 42: 422–35.
46. Knibestol M, Vallbo AB. Intensity of sensation related to activity of slowly adapting mechanoreceptive units in the human hand. *J Physiol* 1980; 300: 251–67.
47. Johansson RS, Vallbo AB, Westling G. Thresholds of mechanosensitive in the human hand as measured with von Frey hairs. *Brain Res* 1980; 184: 343–51.
48. Prevec TS, Berić A, Sherwood AM, Eaton W. Objective estimation of the light touch perception threshold by CNV. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1985; 61: 105.
49. Merskey H, Bogdik N, eds. *Classification of chronic pain*. Seattle: IASP Press, 1994: 209–13.
50. Konietzny F. Peripheral neural correlates of temperature sensations in man. *Human Neurobiol* 1984; 3: 21–32.
51. Dodt E, Zotterman Y. The discharge of specific cold fibers at high temperature. The paradoxical cold. *Acta Physiol Scand* 1952; 26: 358–65.
52. Hensel H. Cutaneous thermoreceptors. In: Iggo A, ed. *Handbook of sensory physiology*. Vol. II. Somatosensory system. Berlin: Springer, 1973: 79–110.