

## ОБЗОР / REVIEW

## РЕФЛЕКС НА HOFFMANN (H-РЕФЛЕКС)

## РЕЗЮМЕ

## РЕФЛЕКС НА HOFFMANN (H-РЕФЛЕКС)

*Ив. Миланов**УМБАЛНП „Св. Наум“, Медицински университет,  
София*

H-рефлексът е моносинаптичен гръбначно-мозъчен рефлекс, със сетивна аферентна част, синапс и двигателна еферентна част на рефлексната дъга, електрофизиологичен еквивалент на сухожилните рефлексии. Предизвиква се от активиране на IA проприоцептивните сетивни нервни влакна от електрическа стимулация. При възрастни хора се отвежда най-лесно от мускулите на подбедрицата (*m. soleus*) при субмаксимална електростимулация на *n. tibialis* в задколянната ямка. H-рефлексът се прилага широко, както в клиничната практика, така и за научни проучвания, поради неговото лесно отвеждане от някои мускули. Латентното време на рефлекса се използва за оценка на състоянието на предните и задни спинални коренчета (предимно  $S_1$ ) и на проводимостта по аферентните сетивни (IA) влакна на периферния нерв, в случай че не са засегнати двигателните влакна на нерва. Амплитудната асиметрия обаче е по-ранен симптом от удължената латентност при  $S_1$  радикулопатия. Чрез H-рефлексът може да се изчисли и скоростта на провеждане по IA аферентните влакна на нерва в проксималните сегменти, докато рутинните методи на изследване установяват проводимостта в дисталните отдели на нервите. H-рефлексът освен от *m. soleus* често се изследва от *m. vastus medialis*, *m. flexor carpi radialis* и *m. brachioradialis*, за диагностика на радикулопатия, засягаща съответните нервни коренчета. Амплитудата на рефлекса зависи от възбудимостта на мотоневроните, които участват в неговото получаване и може да се използва за оценка на мото-

## ABSTRACT

## HOFFMANN REFLEX (H-REFLEX)

*Iv. Milanov**University Hospital for Active Treatment in Neurology  
and Psychiatry „St. Naum“, Medical University, Sofia*

The H-reflex is a monosynaptic spinal reflex, with a sensory afferent part, a synapse, and a motor efferent part of the reflex arc, the electrophysiological equivalent of tendon reflexes. It is caused by activation of IA proprioceptive sensory nerve fibers by electrical stimulation. In elderly people, it is most easily obtained from the muscles of the lower leg (*m. soleus*) with submaximal electrical stimulation of *n. tibialis* in the popliteal fossa. The H-reflex is widely used, both in clinical practice and for scientific research, because of its ease of elicitation from certain muscles. Reflex latency is used to assess the condition of the anterior and posterior spinal roots (predominantly  $S_1$ ) and the conduction along the afferent sensory (IA) fibers of the peripheral nerve in case the motor fibers of the nerve are not affected. However, amplitude asymmetry is an earlier symptom than prolonged latency in  $S_1$  radiculopathy. Through the H-reflex, the conduction velocity along the IA afferent fibers of the nerve in the proximal segments can also be calculated, while routine research methods establish the conduction in the distal parts of the nerves. The H-reflex except from *m. soleus* is often examined by *m. vastus medialis*, *m. flexor carpi radialis* and *m. brachioradialis*, for the diagnosis of radiculopathy affecting the corresponding nerve roots. The amplitude of the reflex depends on the excitability of the motoneurons involved in its generation and can be used to assess motoneuron excitability. As an indicator of the motoneuron activity, its relationship to the maximum amplitude of the direct muscle response can be used – H/M amplitude ratio. The increase in the amplitude of the H-reflexes and the H/M

невронната възбудимост. Като показател за мотоневронната активност може да се използва и нейното отношение към максималната амплитуда на директния мускулен отговор – Н/М амплитудно отношение. Нарастването на амплитудата на Н-рефлексите и Н/М амплитудното отношение, както и появата им в мускули от които обикновено не се отвеждат има същото значение, като нарастването на сухожилните рефлексии – повишена мотоневронна възбудимост поради увреда на централния двигателен неврон. Амплитудата на Н-рефлекса може да се използва и за изследване на пресинаптичната инхибиция, която при болни със спастичитет е силно намалена до липсваща. Използва се отношението на амплитудите на Н-рефлекса (Нвibr./Нмакс.) преди и след прилагане на вибрации върху Ахилово сухожилие.

В заключение Н-рефлексът е лесен метод, който намира приложение в клиничната практика предимно за установяване на S1 радикулопатия и определяне на проводимостта в проксималните сегменти на нервите. Намира приложение и за установяване на субклинична увреда на централната нервна система, при пациенти със съмнение за латерална амиотрофична склероза или поради друга причина.

**Ключови думи:** H-reflex

Paul Hoffmann през 1910 (32) и 1918 г. (33) описва моносинаптичен гръбначно-мозъчен рефлекс, електрофизиологичен еквивалент на сухожилните рефлексии. Magladery и McDougal през 1950 г. (45, 46) наричат рефлекса на името на Hoffmann – Н-рефлекс.

Представлява истински рефлекс, със сетивна аферентна част, синапс и двигателна еферентна част на рефлексната дъга. Предизвиква се от активиране на IA проприоцептивните сетивни нервни влакна от електрическа стимулация. Предизвиканата активност достига до задните гръбначномозъчни коренчета и гръбначния мозък и води до рефлексна моносинаптична възбуда на хомонимните мотоневрони в пред-

амплитуда ratio, as well as their appearance in muscles from which they are not normally found, has the same meaning as the increase in the tendon reflexes – increased motoneuronal excitability due to damage to the central motor neuron. The amplitude of the H-reflex can also be used to study presynaptic inhibition, which is greatly reduced to absent in patients with spasticity. The ratio of the amplitudes of the H-reflex (Hvibr./Hmax.) before and after applying vibrations to the Achilles tendon is used.

In conclusion, the H-reflex is a simple method that finds application in clinical practice primarily for establishing S1 radiculopathy and determining conduction in the proximal segments of nerves. It is also used to detect subclinical damage to the central nervous system, in patients suspected of having amyotrophic lateral sclerosis or for another reason.

**Key words:** H-reflex

ните рога. Мотоневронната активност се провежда през предните коренчета и периферните двигателни нерви до мускулите, където се отвежда като Н-рефлекс. Импулсите свързани с рефлекса първоначално се движат по сетивните, а после по двигателните влакна. По-голямата част от пътя, който изминава активността, предизвикваща рефлекса е същата, която изминават импулсите, предизвикващи сухожилните рефлексии.

При новородени деца рефлексът се отвежда лесно от всички двигателни нерви, но при възрастни се отвежда най-лесно от мускулите на подбедрицата (m. soleus) при субмаксимална електростимулация на

n. tibialis в задколянната ямка. Представлява еквивалент на Ахиловия рефлекс. При здрави възрастни хора рефлексът не може да се отведе от други дистални мускули на крайниците, без да се приложат техники, повишаващи мотоневронната възбудимост (18, 19, 26, 39, 47, 50, 61). При волево мускулно съкращение Н-рефлексът се получава при по-нисък праг на стимулиране и може да се отведе практически от всички достъпни мускули на крайниците, без да се променя неговата латентност (13). В повечето мускули обаче неговата амплитуда е ниска, което затруднява изследването. Лесно се отвежда от мускулите на пациенти с увреждания на централната нервна система, поради освобождаване на инхибицията върху периферния двигателен неврон. Амплитудата на рефлекса зависи от множество фактори, като количеството IA влакна инервиращи мускула, възбудимостта на двигателните неврони, синаптичната проводимост в гръбначния мозък и други. Поради тази причина в някои мускули е трудно да се активират достатъчно количество проприоцептивни влакна преди да се активират голям брой двигателни влакна, които ще потиснат получаването на рефлекса.

Н-рефлексът е с по-ниска амплитуда от М-отговорът, но е с подобна форма. Прагът на стимулация при който се получава рефлексът е по-нисък от прага необходим за предизвикване на М-отговора, защото по-дебелите IA влакна имат по-нисък праг на стимулация от двигателните влакна. При постепенно увеличаване на интензивността на стимулацията най-напред се получава Н-рефлекс, чиято амплитуда постепенно нараства с увеличаване на интензитета на стимула поради възбуда на все повече IA проприоцептивни влакна (2). Н-рефлексът е с постоянна форма и латентност, които не се променят с увеличаване на интензитета на стимула. След достигане на едно субмаксимално ниво на интензитет на стимула, Н-рефлексът достига максималната си амплитуда. При

по-нататъшно увеличаване на интензитета на стимула амплитудата на рефлекса започва да намалява и той изчезва, а започва да се появява и нараства по амплитуда М-отговора. При супрамаксимална стимулация Н-рефлексът изчезва, но може да бъде заместен от F вълна. Н-рефлексът се отличава от F-вълната с постоянна латентност и по-висока амплитуда. Изчезването на Н-рефлекса се дължи на възбудата на двигателните влакна при висок интензитет на стимула, което поражда акционен потенциал движещ се и антидромно (13). Тази активност блокира ортодромно движещият се по двигателните пътища рефлексен залп, защото двигателните влакна са в рефрактерен период след възбудата от акционния потенциал.

При предизвикване на Н-рефлекс стимулиращият (отрицателен) електрод трябва да бъде насочен към посоката, в която искаме да насочим стимулите, тоест към гръбначния мозък. Интензивността на стимула трябва да бъде субмаксимална и подбрана така, че да осигурява Н-рефлекс с максимална амплитуда. За да се получи по-добра форма на Н-рефлекса, понякога са необходими корекции в положението на електродите (13). Н-рефлексът се отвежда като трифазен потенциал с първа позитивна фаза или като двуфазен потенциал с първа негативна фаза в зависимост от локализацията на отвеждащия електрод върху мускула. Формата на Н-рефлекса и М-отговора трябва да са еднакви. След увеличаване на интензитета на стимула до супрамаксимални стойности се определя максималната амплитуда на М-отговора. Отчитат се най-късата латентност на Н-рефлекса и на М-отговора (за изключване на увреда на периферните двигателни влакна на нерва), максималните им амплитуди, Н-М времеви интервал, възрастта и височината на изследвания (13). Отчита се прагът на получаване на рефлекс с максимална амплитуда. Той представлява най-ниската стойност на интензитета на стимула, при която се получава рефлекс с макси-

мална амплитуда. Отчита се и прагът на получаване на рефлекс с минимална амплитуда – най-ниската стойност на интензитета на стимула, при която се получава Н-рефлекс с минимална амплитуда. Изчислява се отношението на максималната амплитуда на Н-рефлекса към максималната амплитуда на М-отговора (Н/М отношение) в проценти (13).

Н-рефлексът се прилага широко, както в клиничната практика, така и за научни проучвания, поради неговото лесно отвеждане от някои мускули (54).

Изследването на Н-рефлекса позволява да се оцени цялата рефлексна моносинаптична дъга – аферентните влакна от спиналния ганглии до връзките им с мотоневроните и еферентните влакна. Поради тази причина латентното време на рефлекса се използва за оценка на състоянието на предните и задни спинални коренчета (предимно S<sub>1</sub>) и на проводимостта по аферентните сетивни (IA) влакна на периферния нерв, в случай че не са засегнати двигателните влакна на нерва. Това е единствената методика, която може да оцени проксималните участъци на сетивните влакна. За оценка на проксималната проводимост се измерват латентното време и амплитудата на Н-рефлекса. При увреждане се намира спадане на рефлексната амплитуда, удължаване на латентността (нормално до 32 ms, ляво-дясна разлика до 1,5 ms) и при по-тежка увреда изчезване на рефлекса. Латентността на Н-рефлекса има по-голямо значение, отколкото амплитудата, която се влияе от интензитета и продължителността на електростимула, възрастта на човека и температурата на тялото на изследвания. Амплитудата на Н-рефлексът и отношението на Н/М е показателно, когато се сравняват двустранно при S<sub>1</sub> радикулопатия. Амплитудната асиметрия обаче е по-ранен симптом от удължената латентност при S<sub>1</sub> радикулопатия (5). Удължената латентност на Н-рефлекса или ляво-дясна разлика при пациенти с радикулопатия говорят за демиелинизация на дебели

нервни влакна (4). Снизената амплитуда или липсващ рефлекс показват блок на провеждането, без сериозна демиелинизация (40). При радикулопатия демиелинизацията и блокът на провеждането могат да възникнат едновременно в различна степен (51, 58).

Намаляването на амплитудата на Н-рефлекса, без патологични промени във F вълната, говори за увреждане на проприоцептивните нервни влакна или задните коренчета и ганглии. При едновременни промени във F вълните и Н рефлексите е налице увреждане в проксималната част на двигателните неврони.

Чрез Н-рефлексът може да се изчисли и скоростта на провеждане по IA аферентните влакна в проксималните сегменти, по същата формула, която изчислява скоростта на провеждане чрез F вълните. Скоростта на провеждане за Н-рефлексът се изчислява по формула: (разстоянието в mm от стимулиращата точка до съответния спинален сегмент) x 2/(Н-латентността – М-отговора в ms) – 1 ms. Моносинаптичното забавяне е 1 ms. Измерва се разстоянието от точката на стимулиране на нерва най-често до C<sub>6</sub>, L<sub>4</sub> или S<sub>1</sub> сегмент, според изследваните мускули. Нормалните скорости на провеждане са над 55 m/s за горните и над 50 m/s за долните крайници (2). Скоростта на провеждане е по сетивните и двигателните влакна. При пациенти с полиневропатия Н-рефлексът може да определи проводимостта в проксималните сегменти на нервите, докато рутинните методи на изследване установяват проводимостта в дисталните отдели на нервите (3, 42). Методът е особено информативен при острата възпалителна демиелинизираща полиневропатия (64).

Н-рефлексът от m. vastus medialis след стимулиране n. femoralis е електрически еквивалент на коленният рефлекс (2). Използва се за диагностиката при увреда на L<sub>3</sub>, L<sub>4</sub> коренчета и увреждане на n. femoralis в ингвиналната гънка.

Н-рефлексът от m. flexor carpi radialis след сти-

мулацията на *n. medianus* се изследва при съмнение за увреда на  $C_6$ ,  $C_7$  коренчета, за определяне увредата на IA аферентните влакна на *n. medianus* (2, 65) и при плексусни увреждания (57).

H-рефлекс от *m. brachioradialis* ( $C_5$ ,  $C_6$ ), *m. extensor carpi radialis* ( $C_6$ ,  $C_7$ ) и *m. extensor digitorum communis* ( $C_7$ ,  $C_8$ ) след стимулиране на *n. radialis* може да се изследва при пациенти с цервикална радикулопатия (2).

Амплитудата на рефлекса зависи от възбудимостта на мотоневроните, които участват в неговото получаване и може да се използва за оценка на мотоневронната възбудимост (56). Рефлексната амплитуда се колебае в границите от 1,3 до 14 mV. Освен максималната амплитуда като показател за мотоневронната активност може да се използва и нейното отношение към максималната амплитуда на директния мускулен отговор – H/M амплитудно отношение (6). Амплитудното отношение дава информация за процента мотоневрони от цялата популация, участващи в осъществяването на рефлекса (62). H/M амплитудното отношение е вариabilно, най-високо е за *m. soleus* (25%) и много по-ниско в останалите мускули (5-10%). Намалването на рефлексната амплитуда корелира с намаляване на амплитудата на сухожилните рефлексни.

Нарастването на амплитудата на H-рефлексите и H/M амплитудното отношение, както и появата им в мускули от които обикновено не се отвеждат има същото значение, като нарастването на сухожилните рефлексни – повишена мотоневронна възбудимост поради увреда на централния двигателен неврон (1, 56). Моносинаптичният H-рефлекс, не зависи от гама-мотоневронната активност, защото се предизвиква от директна активация на аферентните влакна, без да се активират сетивните окончания в мускулните вретена, като по този начин се избягва и влиянието на гама-мотоневронната активност върху чувствителността на

мускулните вретена (54). Поради тази причина рефлексът е по-точен показател за мотоневронната активност от T-рефлексите (21, 50). Все пак рефлексната амплитуда зависи от нивото на пресинаптичната инхибиция (16, 29). Поради това данните, получени чрез тази методика за мотоневронната активност, не са достатъчно точни (1).

През стадия на гръбначно-мозъчен шок и мускулна хипотония се намират снижена рефлексна амплитуда и H/M отношение поради намалената мотоневронна активност (22, 27, 44).

През стадия на развиващ се спастицитет се намира прогресивно нарастване на рефлексната амплитуда с над 70% (до 7,7 mv) и H/M отношението до 80% (6, 28, 39, 41, 45, 46, 48, 52). Характерна е появата на рефлекса и в други мускули на крайниците освен тези на подбедрицата (12, 27, 34, 38, 47). Някои автори не намират значимо повишаване на амплитудните показатели на рефлекса (8).

Определянето на праговете на получаване на H-рефлекса с максимална и минимална амплитуда е също индикатор за мотоневронната активност. Стойностите на прага на H-рефлекса с минимална амплитуда са около 80 V и за рефлекса с максимална амплитуда от 190 до 235 V. При мускулна хипотония се повишава прага на получаване на рефлекса. При увреда на централния двигателен неврон спадат праговете на получаване на H-рефлекса с максимална (до 186 V) и минимална амплитуда до 144 V (14, 35). Това показва свръхвъзбудимост на мотоневроните в гръбначния мозък. Sax и сътр. (59) обаче не намират снижаване на праговете на получаване на рефлекса.

Амплитудата на H-рефлекса може да се използва и за изследване на пресинаптичната инхибиция, която при болни със спастицитет е силно намалена до липсваща. За определяне нивото на пресинаптичната инхибиция се използва отношението на амплитудите на H-рефлекса (Hвибр./Hмакс.) преди и след прила-

гане на вибрации върху Ахиловото сухожилие (9, 16, 55).

Eklund и сътр. (25) и De Gail и сътр. (15) през 1966 г. намират, че прилагането на вибрации върху мускула или сухожилието му води до потискане на амплитудите на фазичните моносинаптични рефлексии (Т- и Н-рефлексии) от същия мускул.

Вибрациите активират първичните окончания на мускулните вретена и предизвикват усилена импулсация по ІА аферентните влакна (9, 24, 25, 30, 37, 49, 55). Усилената ІА аферентна импулсация включва гръбначно-мозъчния механизъм на пресинаптична инхибиция. Това довежда до намаляване на рефлексната амплитуда (7, 9, 11, 16, 20, 23, 24, 31, 36, 43). Нормално пресинаптичната инхибиция на сензорната аферентация е 50%.

През фазата на спиналния шок се намира почти пълно потискане на рефлексата от приложените вибрации поради засилената пресинаптична инхибиция (9).

При болни със спастицитет се намира силно намалена до липсваща вибрационна инхибиция (10, 17, 37, 53, 60, 63). Пресинаптичната инхибиция потиска само около 20% от аферентацията.

Предложени са и методики за изследване на активността на специфичните интерневрони, свързани с възвратната, реципрочната, ІВ автогенната и автогенната инхибиция от ІІ група влакна инхибиция. Те се базират на потискането на амплитудата на Н-рефлексата след прилагане на различни стимули (1). Тези методики са трудни и не се прилагат рутинно в клиничната практика.

В заключение Н-рефлексът е лесен метод, който намира приложение в клиничната практика предимно за установяване на S<sub>1</sub> радикулопатия и определяне на проводимостта в проксималните сегменти на нервите. Намира приложение и за установяване на субклинична увреда на централната нервна система, при пациенти със съмнение за латерална амиотрофична

склероза или поради друга причина.

#### Литература:

1. Миланов, И. Клинико-електромиографски проучвания върху спастично повишения мускулен тонус и неговото лечение при болни със слединсултни хемипарези. Кандидатска дисертация, Научен институт по Неврология, Психиатрия и Неврохирургия, София, 1990, 228 стр.
2. Миланов, И. Клинична електромиография. СТЕНО, Варна, 2020, 535 стр.
3. Ackil, A.A., Shahani, B.T., Young, R.R., Rubin, N.E. Late response and sural conduction studies. Usefulness in patients with chronic renal failure. Arch. Neurol., 1981, 38, 482-485.
4. Ali, A.A., Sabbahi, M.A. H-reflex changes under spinal loading and unloading conditions in normal subjects. Clin. Neurophysiol., 2000, 111, 664-70.
5. Alrowayeh, H.N., Sabbahi, M.A. H-reflex amplitude asymmetry is an earlier sign of nerve root involvement than latency in patients with S1 radiculopathy. BMC Res. Notes, 2011, 4, 102.
6. Angel, R.W., Hofmann, W.W. The H-reflex in normal, spastic and rigid subjects. Archives of Neurology (Chicago), 1963, 8, 591-596.
7. Ashby, P., Stalberg, E., Winkler, T., Hunter, J.P. Further observations on the depression of group ІА facilitation of motoneurons by vibration in man. Experimental Brain Research, 1987, 69, 1-6.
8. Ashby, P., Verrier, M. Neurophysiological changes in hemiplegia. Neurology, 1976, 26, 1145-1151.
9. Ashby, P., Verrier, M., Lightfoot, E. Segmental reflex pathways in spinal shock and spinal spasticity in man. Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry, 1974, 37, 1352-1360.
10. Ashby, P., Verrier, M., Warsh, J.J., Price, K.S. Spinal reflexes and the concentration of 5-HIAA, MHPG, and HVA in lumbar cerebrospinal fluid after spinal lesions in man. Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry, 1976, 39, 1191-1200.
11. Bishop, B. Vibratory stimulation Part I. Neurophysiology of motor responses evoked by vibratory stimulation. Physical Therapy, 1974, 54, 12, 1273-1282.
12. Braddom, R.L., Johnson, E.W. H-Reflex: review and classification with suggested clinical uses. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 1974, 55, 412-417.
13. Burke, D. Clinical uses of H reflexes of upper and lower limb

- muscles. *Clin. Neurophysiol. Pract.*, 2016, 1, 9-17.
14. Davies, T.W. Definition of human reflex excitability by statistical analysis of quantal EMG responses. *Brain Research*, 1984, 293, 2, 386-389.
  15. De-Gail, P., Lance, J.W., Neilson, P.D. Differential effects on tonic and phasic reflex mechanisms produced by vibration of muscles in man. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 1966, 29, 1-11.
  16. Delwaide, P.J. Human monosynaptic reflexes and presynaptic inhibition. In: *New Developments in Electromyography and Clinical Neurophysiology*. Desmedt, J.E., ed., Karger, Basel, 1973, 3, 508-522
  17. Delwaide, P.J. Electrophysiological analysis of the mode of action of muscle relaxants in spasticity. *Annals of Neurology*, 1985, 17, 1, 90-95.
  18. Deschuytere, J., De Keyser, C., Rosselle, N., Deschuytere, M. Monosynaptic reflexes in the flexor carpi ulnaris muscle in man. *Electromyography and Clinical Neurophysiology*, 1981, 21, 2-3, 213-222.
  19. Deschuytere, J., Rosselle, N., De Keyser, C. Monosynaptic reflexes in the superficial forearm flexors in man and their clinical significance. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 1976, 39, 555-565.
  20. Desmedt, J.E., Godaux, E. Mechanism of the vibration paradox: excitatory and inhibitory effects of tendon vibration of single soleus muscle motor units in man. *Journal of Physiology (London)*, 1978, 285, 197-207.
  21. Diamantopoulos, E., Gassel, M.M. Electrically induced monosynaptic reflexes in man. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 1965, 28, 496-502.
  22. Diamantopoulos, E., Olsen, P.Z. Excitability of motor neurons in spinal shock in man. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 1967, 30, 427-431.
  23. Dimitrijevic, M.R., Nathan, P.W. Studies of spasticity in man. 6. Habituation, dishabituation and sensitization of tendon reflexes in spinal man. *Brain*, 1973, 96, 337-354.
  24. Dindar, F., Verrier, M. Studies on the receptor responsible for vibration induced inhibition of monosynaptic reflexes in man. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 1975, 38, 155-160.
  25. Eklund, G., Hagbarth, K.E. Normal variability of tonic vibration reflexes in man. *Experimental Neurology*, 1966, 16, 80-92.
  26. Garcia, H.A., Fisher, M.A., Gilai, A. H reflex analysis of segmental reflex excitability in flexor and extensor muscles. *Neurology (New York)*, 1979, 29, 984-991.
  27. Garcia-Mullin, R., Mayer, R.F. H reflexes in acute and chronic hemiplegia. *Brain*, 1972, 95, 559-572.
  28. Gassel, M.M. An objective technique for the analysis of the clinical effectiveness and physiology of action of drugs in man. In: *New Developments in Electromyography and Clinical Neurophysiology*. Desmedt, J.E., ed., Karger, Basel, 1973, 3, 342-359.
  29. Gerilovski, L., Tzvetinov, P., Trenkova, G. Is the Mmax./Hmax. ratio a reliable index of the monosynaptic excitability in man? Recruitment curves for H and M responses using monopolar and bipolar recording techniques. *Acta Physiologica et Pharmacologica Bulgarica*, 1985 11, 4, 42-49.
  30. Gillies, J.D., Lance, J.W., Neilson, P.D., Tassinari, C.A. Presynaptic inhibition of the monosynaptic reflex by vibration. *Journal of Physiology*, 1969, 205, 329-339.
  31. Hagbarth, K.E. The effect of muscle vibration in normal man and in patients with motor disorders. In: *New Developments in Electromyography and Clinical Neurophysiology*. Desmedt, J.E., ed., Karger, Basel, 1973, 3, 428-443.
  32. Hoffmann, P. Beitrag zur Kenntnis der menschlichen Reflexe mit besonderer Berücksichtigung der elektrischen Erscheinungen. *Arch. Anat. Physiol.*, 1910, 1, 223-246.
  33. Hoffmann, P. Über die Beziehungen der Sehnenreflexe zur willkürlichen Bewegung und zum Tonus. *Z. Biol.*, 1918, 68, 351-370.
  34. Hohmann, T.C., Goodgold, J. A study of abnormal reflex patterns in spasticity. *American Journal of Physical Medicine*, 1961, 40, 52-55.
  35. Hugon, M. Methodology of the Hoffmann reflex in man. In: *New Developments in Electromyography and Clinical Neurophysiology*. Desmedt, J.E., ed., Karger, Basel, 1973, 3, 277-293.
  36. Iles, J.F., Roberts, R.C. Presynaptic inhibition of monosynaptic reflexes in the lower limbs of subjects with upper motoneuron disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 1986, 49, 937-944.
  37. Ioku, M. H-reflex and vibratory stimuli to the extremity. *Electromyography and Clinical Neurophysiology*, 1981, 21, 1, 25-34.
  38. Ioku, M. Hand H-reflex demonstrated in patients with central nervous system disorders. *Electromyography and Clinical*

- Neurophysiology, 1984, 24, 4, 331-339.
39. Jabre, J.F. Surface recording of the H-reflex of the flexor carpi radialis. *Muscle and nerve*, 1981, 4, 5, 435-438.
40. Jankus, W.R., Robinson, L.R., Little, J.W. Normal limits of side-to-side H-reflex amplitude variability. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 1994, 75, 3-7.
41. Knutsson, E., Lindblom, U., Martensson, A. Differences in effects on gamma and alpha spasticity induced by the GABA derivative Baclofen (Lioresal). *Brain*, 1973, 96, 29-46.
42. Lachman, T., Shahani, B.T., Young, R.R. Late responses as aids to diagnosis in peripheral neuropathy. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, 1980, 43, 156-162.
43. Lance, J.W., Burke, D., Andrews, C.J. The reflex effects of muscle vibration. In: *New Developments in Electromyography and Clinical Neurophysiology*. Desmedt, J.E., ed., Karger, Basel, 1973, 3, 444-462.
44. Little, J.M., Halar, E.M. H-reflex changes following spinal cord injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 1985, 66, 1, 19-22.
45. Magladery, J.W., Mc Dougal, D.B., Electrophysiological studies of nerve and reflex activity in normal man I. Identification of certain reflexes in electromyogram and the conduction velocity of peripheral nerve fibres. *Bulletin of Johns Hopkins Hospital*, 1950, 86, 5, 265-290.
46. Magladery, J.W., Porter, W.E., Park, A.M., Teasdall, R.D. Electrophysiological studies of nerve and reflex activity in normal man. IV. The two neurone reflex and identification of certain action potentials from spinal roots and cord. *Bulletin of Johns Hopkins Hospital*, 1951, 88, 499-519
47. Magladery, J.W., Teasdall, R.D., Park, A.M., Languth, H.W. Electrophysiological studies of reflex activity in patients with lesions of the nervous system. I. A Comparison of spinal motoneurone excitability following afferent nerve volleys in normal persons and patients with upper motor neurone lesions. *Bulletin of Johns Hopkins Hospital*, 1952, 91, 219-244.
48. Matthews, W.B. Ratio of maximum H-reflex to maximum M response as a measure of spasticity. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 1966, 29, 201-204.
49. Matthews, W.B. The clinical implications of the H reflex and other electrically induced reflexes. In: *Modern Trends in Neurology-5*. Williams, D., ed., Butterworths, G.B., 1970, 241-252.
50. Mayer, R.F., Mawdsley, C. Studies in man and cat of the significance of the H wave. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 1965, 28, 201-211.
51. Mazzocchio, R., Scarfò, G.B., Mariottini, A., Muzii, V.F., Palma, L. Recruitment curve of the soleus H-reflex in chronic back pain and lumbosacral radiculopathy. *BMC Musculoskelet. Disord.*, 2001, 2, 4-11.
52. Mc Lellan, D.L. Effect of Baclofen upon monosynaptic and tonic vibration reflexes in patients with spasticity. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 1973, 36, 555-560.
53. Mc Lellan, D.L., Selwyn, M. Time course of clinical and physiological effects of stimulation of the cerebellar surface in patients with spasticity. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 1978, 41, 150-160.
54. Misiaszek, J.E. The H-reflex as a tool in neurophysiology: its limitations and uses in understanding nervous system function. *Muscle Nerve*, 2003, 28, 144-160.
55. Moddel, G., Best, B., Ashby, P. Effect of differential nerve block on inhibition of the monosynaptic reflex by vibration in man. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 1977, 40, 1066-1071.
56. Milanov, I. A comparison of methods to assess the excitability of lower motoneurons. *The Canadian Journal of Neurological Sciences*, 1992, 19, 1, 64-68.
57. Ongerboer de Visser, B.W., Schimsheimer, R.J., Hart, A.A.M. The H reflex of the flexor carpi radialis muscle; a study in controls and radiation-induced brachial plexus lesions. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, 1984, 47, 1098-1101.
58. Sabbahi, M.A., Khalil, M. Segmental H-reflex studies in upper and lower limbs of patients with radiculopathy. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 1990, 71, 223-227.
59. Sax, D.S., Johnson, T.L. Spinal reflex activity in man. Measurement in relation of spasticity. In: *Spasticity: Disordered motor control*. Feldman, R.G., Young, R.R., Koella, W.P., eds., Year Book Medical Publishers, Chicago, 1980, 301-314.
60. Somerville, J., Ashby, P. Hemiplegic spasticity: Neurophysiological studies. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 1978, 59, 592-596.
61. Stanley, E.F. Reflexes evoked in human thenar muscles during voluntary activity and their conduction pathways. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 1978, 41, 1016-1023.
62. Taborikova, H. Fraction of the motoneurone pool activated in the monosynaptic H-reflexes in man. *Nature*, 1966, 209, 206.
63. Taylor, S., Ashby, P., Verrier, M. Neurophysiological changes following traumatic spinal lesions in man. *Journal of Neurology,*



Neurosurgery and Psychiatry, 1984, 47, 1102-1108.

64. Vucic, S., Cairns, K.D., Black, K.R., Chong, P.S., Cros, D.  
Neurophysiologic findings in early acute inflammatory demyelinating polyradiculoneuropathy. Clin. Neurophysiol., 2004, 115, 2329-2335.
65. Zheng, C., Zhu, Y., Lv, F., Ma, X., Xia, X., Wang, L., Jin, X., Weber, R., Jiang, J., Anuvat, K. Abnormal flexor carpi radialis H-reflex as a specific indicator of C7 as compared with C6 radiculopathy. J. Clin. Neurophysiol., 2014, 31, 529-534.

*Адрес за кореспонденция:*

*Акад. Иван Миланов  
УМБАЛНП „Св. Наум“  
ул. „Д-р Любен Русев“ 1  
София 1113  
milanovivan@yahoo.com*

*Address for correspondence:*

*Acad. Ivan Milanov  
University Hospital for Active Treatment in Neurology  
and Psychiatry „St. Naum“,  
1, Louben Roussev str.  
Sofia 1113  
milanovivan@yahoo.com*