

A new method for the estimation of nerve conduction block

Mesin L., Cocito D.

Conduction block (CB) is the failure of an action potential to propagate through an intact axon. The determination of CB can rely on the comparison between the compound muscle motor action potential (CMAP) following stimulation at sites proximal and distal to the region in which a block is suspected. A reduction in the amplitude or in the area of the CMAP following proximal versus distal stimulation is an accepted indication of CB in clinical practice. As noted in the literature, the nerve and muscle conduction velocity spread determines a temporal dispersion of the motor unit action potentials (MUAP) constituting a CMAP; as a consequence, phase cancellation can occur in the MUAPs which add up in the detected CMAP. It was observed through simulations that CMAP amplitude and area are strongly affected by temporal dispersion of the MUAPs. Thus, estimating CB by comparing amplitude and area of CMAP obtained after proximal and distal stimulation can be misleading since it cannot be attributed to CB only. This fact allows to diagnose a block only when the decrease in amplitude and area is bigger than 50%. Our study was devoted to the introduction of a new method for the estimation of conduction block, which is stable to temporal dispersion. It is based on the deconvolution of the CMAP. The method provides the delay distribution that convoluted with a kernel (estimated by an optimisation method) gives an approximate reconstruction of the CMAP. The integral of the delay distribution was considered as an estimate of the number of active motor units, and was used to estimate conduction block. Both phenomenological signals (sum of delayed and amplitude scaled versions of the same signal) and structure based simulated signals (from a plane layer generation model of surface EMG) were used to compare the new method to the ones based on amplitude and area estimations. It was verified that the deconvolution method gives more precise estimates of the simulated conduction blocks with respect to the area and the amplitude methods. The deconvolution method was then applied to experimental data. Ten healthy subjects were considered. CMAPs were recorded over the abductor digiti minimi, after supramaximal stimulation at the wrist, below the elbow and above the elbow, using the bipolar recording technique routinely employed in clinical neurophysiology. Different temporal dispersions were obtained when comparing above-elbow stimulation with below-elbow stimulation (conduction distance of about 10 cm) or with wrist stimulation (conduction distance of about 35 cm). This determines a bias of CB estimation by both area and amplitude methods (as already described in other studies). Deconvolution instead is stable to temporal dispersion on the same experimental data.

Un nuovo metodo per la stima del blocco di conduzione nel nervo

Mesin L., Cocito D.

Il blocco di conduzione è dovuto alla mancata propagazione di un potenziale d'azione lungo un nervo intatto. Un metodo per la stima del blocco di conduzione si basa sul confronto tra i segnali EMG di superficie (CMAP, o onda M) ottenuti stimolando in un sito prossimale ed uno distale alla regione in cui si sospetta possa esserci un blocco. Una riduzione nell'ampiezza o nell'area fra il CMAP prossimale e quello distale è accettata come un'indicazione del blocco di conduzione nella pratica clinica. Come notato in letteratura, la dispersione delle velocità di conduzione nel nervo e nel muscolo determina una dispersione temporale dei potenziali di unità motoria (MUAP) che costituiscono un CMAP; di conseguenza, possono manifestarsi cancellazioni di fase tra i MUAP costituenti il CMAP. È stato notato in simulazione che l'ampiezza e l'area di un CMAP sono affette dalla dispersione temporale dei MUAP. Quindi, stimare il blocco di conduzione confrontando ampiezza e area di CMAP prossimale e distale può condurre a valutazioni errate, dato che le riduzioni di tali parametri non sono dovute solo ad un eventuale blocco di conduzione. Questo fatto permette di diagnosticare un blocco solo se il decremento in ampiezza o area è maggiore del 50%. Il nostro studio è stato volto all'introduzione di un nuovo metodo per la stima del blocco di conduzione che sia insensibile alla dispersione temporale. Tale metodo è basato sulla deconvoluzione del CMAP. Il metodo fornisce la distribuzione di ritardi che convoluta con una funzione opportuna detta nucleo (stimata tramite un metodo di ottimizzazione) permette di ricostruire (entro una buona approssimazione) i CMAP. L'integrale della distribuzione di ritardi è stata considerata come una stima del numero di unità motorie attive ed è stato utilizzato per la stima del blocco di conduzione. Il nuovo metodo è stato confrontato con quelli basati sull'ampiezza e sull'area utilizzando segnali simulati. Sono stati utilizzati sia segnali fenomenologici (ottenuti sommando versioni ritardate e scalate in ampiezza di uno stesso segnale) che simulati con un sofisticato modello di generazione di segnali EMG (con descrizione a strati piani del volume conduttore). È stato verificato che il metodo basato sulla deconvoluzione fornisce stime più precise del blocco di conduzione simulato rispetto ai metodi basati sulla stima dell'ampiezza e dell'area. Il metodo di deconvoluzione è stato quindi applicato a segnali sperimentali. Dieci soggetti sani sono stati considerati. I CMAP sono stati prelevati dall'abditore del mignolo, in seguito a stimolazione sovramassimale al polso, sopra al gomito, sotto al gomito, usando la tecnica di prelievo bipolare utilizzata nella pratica clinica. Diversa dispersione temporale è ottenuta confrontando la stimolazione sopra gomito (prossimale) con quella sotto gomito o al polso (stimolazioni distali, con distanze di conduzione di circa 10 cm e 35 cm, rispettivamente). Tale diversa dispersione temporale

determina una diversa stima di blocco di conduzione quando vengono utilizzati i metodi basati sull'area e sull'ampiezza (come già documentato in letteratura). La deconvoluzione fornisce invece stime di blocco di conduzione stabile alla dispersione temporale quando è applicata agli stessi segnali sperimentali.

A NEW METHOD FOR THE ESTIMATION OF MOTOR NERVE CONDUCTION BLOCK

Mesin L.⁽¹⁾, Cocito D.^{(2),(3)}

⁽¹⁾ LISiN, Dept. of Electronics, Politecnico di Torino, Torino, Italy. ⁽²⁾ S.C. Neurologia con indirizzo di Riabilitazione Funzionale, Dipartimento di Neuroscienze, Università di Torino, Torino, Italy ⁽³⁾ Divisione di Riabilitazione Neuromotoria, Casa di Cura Major di Torino, I.R.C.C.S. Fondazione S. Maugeri, Pavia, Italy

AIMS: The determination of conduction block (i.e., the failure of an action potential to propagate through an intact axon) can rely on the comparison between the compound muscle motor action potential (CMAP) following stimulation at sites proximal and distal to the region in which a block is suspected. A reduction of the amplitude or of the area of the CMAP following proximal versus distal stimulation is an accepted indication of conduction block in clinical practice. Nerve and muscle conduction velocity spread determines a temporal dispersion of the motor unit action potentials (MUAP) constituting a CMAP; as a consequence, phase cancellation can occur in the MUAPs which add up in the detected CMAP. CMAP amplitude and area are strongly affected by temporal dispersion of the MUAPs. The aims of this study is the development of a novel method for the estimation of motor nerve conduction block which is insensitive to temporal dispersion.

METHODS: The new method for the estimation of conduction block is based on the deconvolution of the CMAP. As shown in Figure A for a representative simulated example, it provides an approximate reconstruction of the distally and proximally elicited CMAP, expressed as convolutions of estimated delay distributions with a kernel (chosen in order to optimally reconstruct the CMAPs). The integral of the delay distribution is considered as an estimate of the number of active motor units, and is used to estimate conduction block.

RESULTS: Simulated signals (from a plane layer generation model of surface EMG) were used to compare the new method to those based on amplitude and area. Deconvolution method gives more precise estimates of the simulated conduction blocks with respect to area and amplitude methods (see Figure B). The method has low sensitivity to temporal dispersion (in Figure B, temporal dispersion was simulated by increasing the distance from proximal to distal site).

CONCLUSIONS: A new method for nerve conduction block estimation is proposed. The method is promising for the accurate estimation of the block and shows low sensitivity to temporal dispersion.

