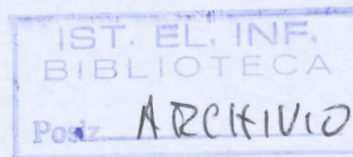


*Consiglio Nazionale delle Ricerche*



**ISTITUTO DI ELABORAZIONE  
DELLA INFORMAZIONE**

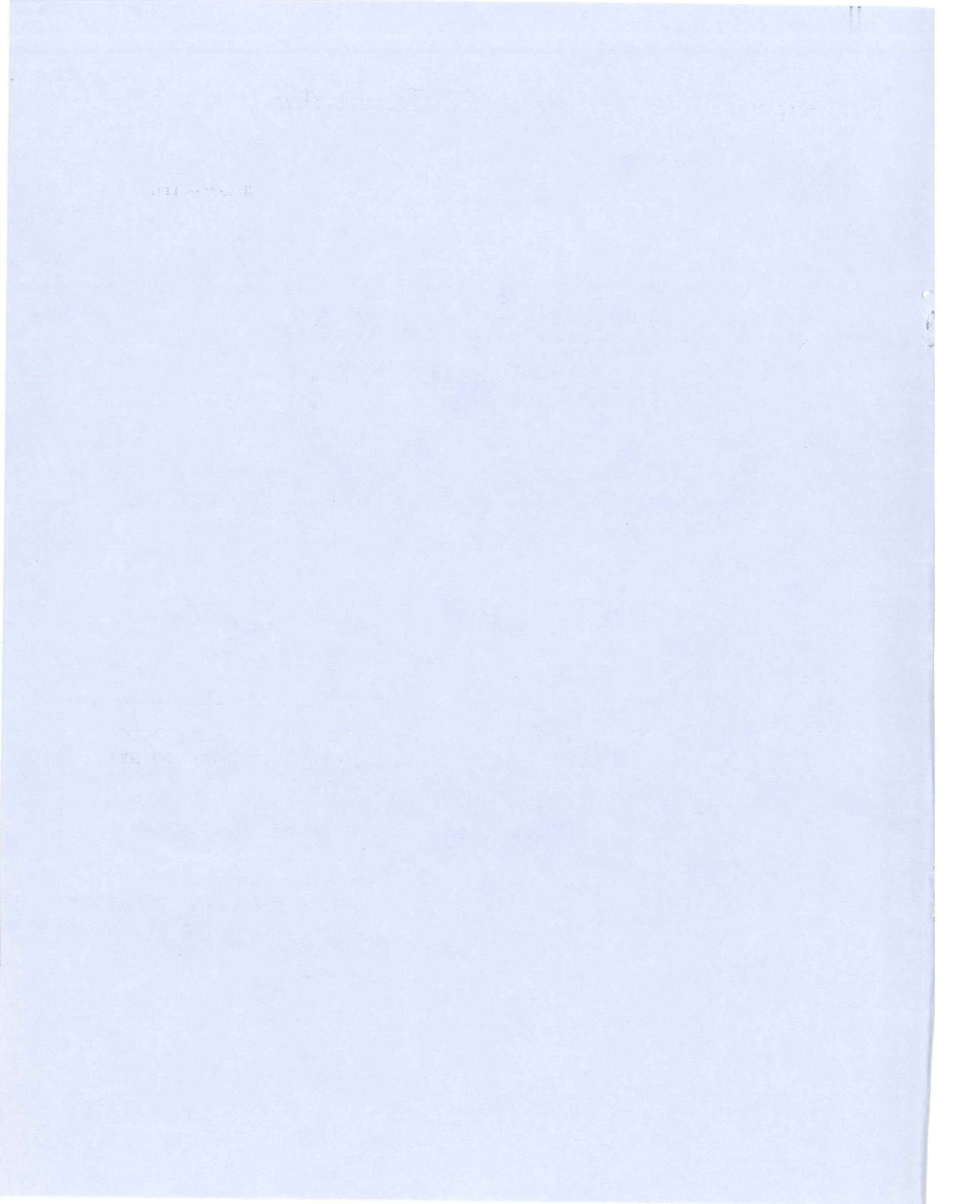
**PISA**

SISTEMI A MICROPROCESSORI PER IL CONTROLLO  
ADATTATIVO DELLA REAZIONE DI STIRAMENTO NEI  
MUSCOLI DELLA MANO

B. Carbone, C.C. Perfetti, A. Starita

L81-16

Presentato a: 12 Congresso Nazionale della  
Società Italiana Medicina Fisica  
e Riabilitazione ( Il Ciocco,  
ottobre, 1981 )



SISTEMI A MICROPROCESSORE PER IL CONTROLLO ADATTIVO DELLA REAZIONE  
DI STIRAMENTO NEI MUSCOLI DELLA MANO

B. CARBONE\*, M. FERRUCCI\*, C. C. PERFETTI\*\*, A. STARITA\*

\* Istituto di Elaborazione della Informazione, C.N.R.-Pisa

\*\* Sez. Recupero e Riabilitazione-Ospedali Riuniti S. Chiara-Pisa

E' ben conosciuta l'importanza del riflesso abnorme allo stiramento nel deficit motorio dei pazienti Emiplegici, per cui molti Riabilitatori affermano che questa reazione è l'ostacolo più rilevante per riottenere i movimenti volontari.

Il trattamento delle malattie dovute alla lesione delle vie discendenti, definita generalmente come "Spasticità", non ha trovato ancora metodologie soddisfacenti e definitive.

Ciò è dovuto sia ad un erroneo scambio di informazioni tra il riabilitatore ed il Neurofisiologo, (circa la modalità di controllo dei centri più elevati sui livelli di regolazione inferiore e il significato di lesione nella patologia osservata, etc.) sia per il modo in cui i clinici hanno trattato il problema.

La spasticità, infatti, può essere considerata come una serie di componenti patologiche causate da fattori differenti, per cui tali componenti devono essere trattate per mezzo di differenti strategie operative.

Inoltre occorre sottolineare che, abbastanza spesso, si è considerato che il paziente può controllare, dapprima con una grande attenzione da parte sua, e poi in modo automatico, il fenomeno che costituisce la spasticità attraverso un reale processo di apprendimento.

Sono stati proposti molti metodi per il trattamento dell'Emiplegico (1), (6), (4) però non si sono trovate soluzioni complete al problema.

L'uso del concetto del "Bio-feedback" in Riabilitazione mette in evidenza l'importanza delle informazioni acquisite dal paziente, tramite altre vie, ma come principio riabilitativo molti autori non usano questo principio in maniera corretta in quanto prendono il segnale EMG dai muscoli che si contraggono od altri segnali biologici, solo per ottenere un maggior reclutamento di Unità Motorie.

Ciò comporta una ridotta interpretazione dell'Emiplegia intesa solo come un deficit quantitativo di reclutamento.

Perciò la riabilitazione per mezzo del Bio-feedback è un progresso dal punto di vista teorico, ma non è sufficiente per avere una formulazione corretta del trattamento dell'Emiplegia.

Il trattamento tramite Biofeedback deve essere considerato la base comune delle procedure di riabilitazione (3), basate però sulla valutazione e sulla scelta attenta di parametri riabilitativi che per noi sono:

- a) Ipotesi percettiva
- b) Afferenze che devono essere controllate nel paziente
- c) La facilitazione

La correttezza della scelta deve essere valutata sulla base della patologia da superare ed ogni paziente deve essere guidato con adatti esercizi.

Per la spasticità abbiamo al minimo quattro componenti da controllare:

- a) Riflesso abnorme di stiramento
- b) Irradiazione
- c) Schemi elementari
- d) Reclutamento abnorme di Unità Motorie

#### IPOTESI GENERALI

Attualmente ricerche cliniche e neurologiche, (4), (5), (2) hanno mostrato come i livelli più elementari dell'attività motoria, che rappresenta il substrato del riflesso di stiramento, può essere sottomesso, in soggetti normali, ad un controllo intensionale in connessione con un compito motorio (8), (13).

Inoltre le ricerche sul controllo del movimento nella realizzazione di protesi (9), hanno mostrato che nel meccanismo eccitatorio del riflesso di Stiramento sono molto importanti due punti;

- a) la presenza a livello spinale di un Interneurone Inibitore, sotto il controllo dei centri più elevati del Sistema Nervoso Centrale attraverso le vie discendenti, che può polarizzare il meccanismo di Feedback, regolando il riflesso.
- b) L'importanza dell'Informazione che proviene dalla periferia ai centri più elevati e che controlla direttamente il riflesso spinale per mezzo del tratto piramidale (Fig. 1).

Tramite questa via i centri superiori possono modulare l'attività spinale in modo che alcuni compiti motori elementari possono essere eseguiti con un controllo spinale (7). Inoltre non è possibile

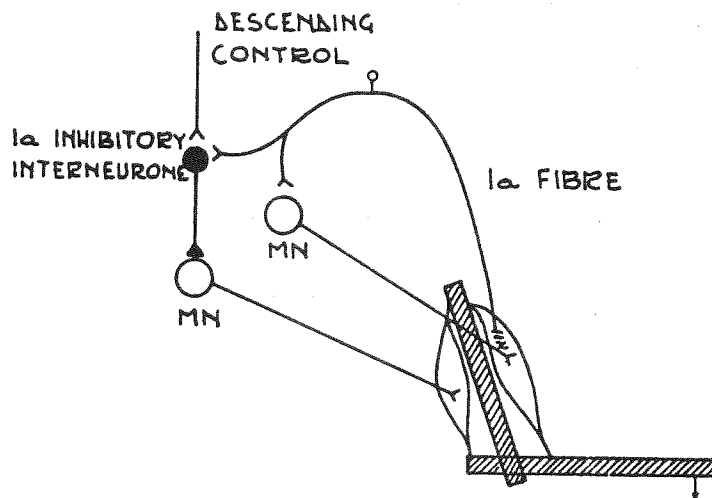


Fig. 1: Meccanismo spinale di controllo di una coppia di muscoli.

trascurare i comandi che vengono inviati dal cervello per il controllo dell'equilibrio, segnali di start e di stop di un movimento.

Perciò noi proponiamo un dispositivo che permette di guidare l'Emiplegico ad imparare a controllare il riflesso di stiramento nella mano, dopo un primo intervento del terapista.

Bisogna considerare che, soprattutto per la mano, l'informazione tattile e cinestesica afferisce al Sistema Nervoso Centrale tramite ricettori della pelle che sono molto sensibili (10), (11), quindi dal punto di vista terapeutico il problema è quello di trasformare un errato processo automatico, in uno corretto, che sia controllato da vie afferenti appropriate.

La maggior parte dei Riabilitatori pensa che tra le afferenze, le visive e le vestibolari siano le più importanti ma, anche se ciò può essere vero per la globalità degli arti e per i movimenti del tronco, noi crediamo che le prime afferenze che devono essere controllate nella mano siano quelle tattili e cinestesiche.

Su questa base noi abbiamo realizzato un metodo cinestesico-terapico (Controllo Progressivo Sequenziale) che prevede dapprima la selezione di componenti patologiche, il cui controllo deve essere appreso dal soggetto e poi classi differenti di esercizi scelti attentamente.

Noi definiamo tre classi di esercizi con gradi di difficoltà crescenti. Ad un primo livello ci sono quelli estremamente importanti con i quali si cerca di ottenere un controllo del Riflesso abnorme allo stiramento. Questi esercizi richiedono che il paziente controlli soprattutto la percezione tattile e quella cinestesica, e questo compito può essere ottenuto solo se il soggetto riuscirà ad inibire il riflesso.

Per esempio, mentre il terapista sta muovendo l'arto superiore di un soggetto con gli occhi chiusi, questi deve porre tutta la sua attenzione esclusivamente alle informazioni tattili e cinestesiche che provengono dall'arto.

L'unico compito motorio è di adattare il tono muscolare alla traiettoria eseguita dal terapista. A questo fine, il paziente deve riuscire a controllare il riflesso che si ritrova in alcuni muscoli come quelli flessori.

Per mezzo di questo metodo abbiamo visto che è possibile avere il controllo del riflesso abnorme allo stiramento, anche in soggetti con lesione alle vie discendenti, durante piccoli ed elementari compiti motori. (12).

Il deficit motorio dell'Emiplegico, infatti, non è rappresentato solo dal riflesso abnorme allo stiramento, ma la sua prevalenza nei muscoli flessori della mano, impedisce l'uso degli arti superiori; esso, quindi, limita molto la possibilità di dare una corretta inizializzazione dei parametri per il movimento.

Un successo in pazienti con lesioni alle vie discendenti richiede usualmente un lungo trattamento sotto la guida del terapista, talvolta molti mesi, infatti si sa che negli arti superiori il recupero del deficit causato da lesioni centrali, richiede al minimo sei mesi, anche in condizioni sperimentali.

Il dispositivo SPAC 2 consente di sottomettere i muscoli flessori della mano a stiramenti di ampiezza e velocità programmati.

Abbiamo realizzato un sistema ripetitivo con modalità di esercizio preselezionate che consente al paziente di controllare il riflesso allo stiramento nei muscoli coinvolti per il movimento.

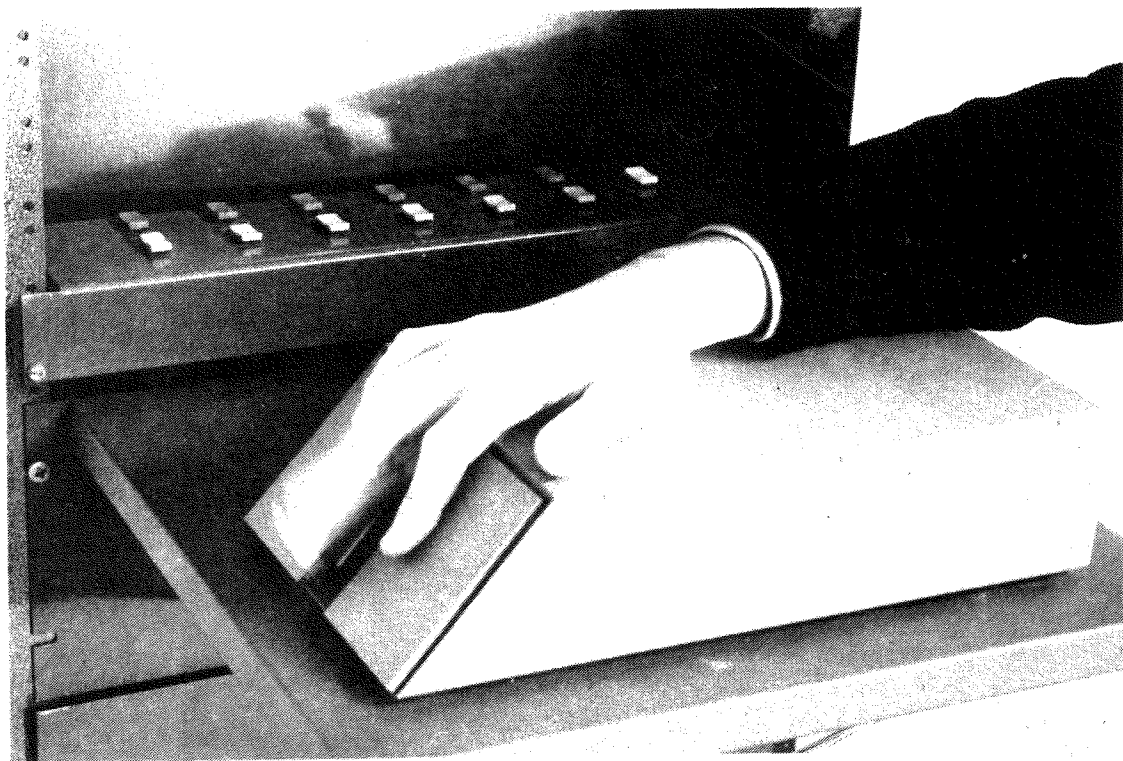


Fig. 2: Parte meccanica del dispositivo per la riabilitazione delle dita della mano.

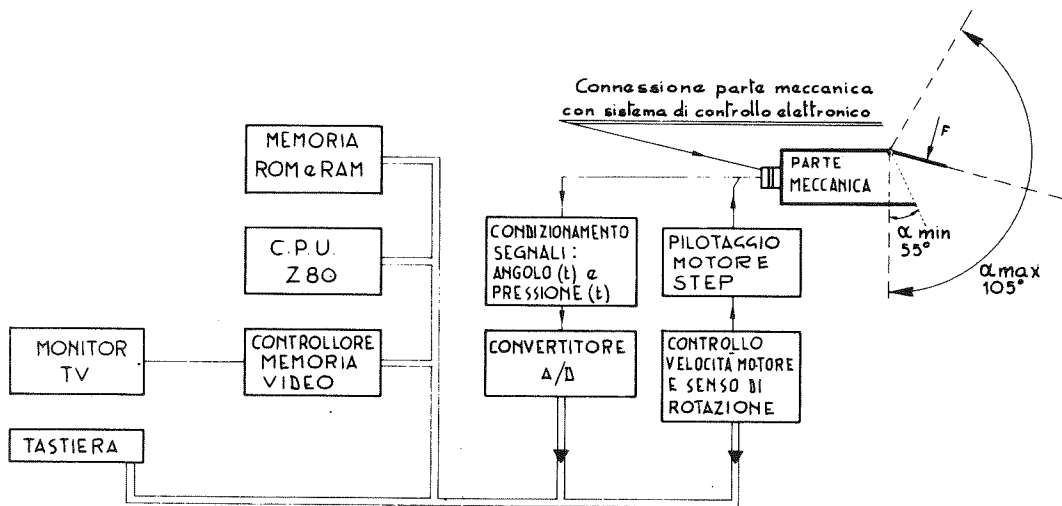
L'apparecchiatura si compone di una parte meccanica e di un sistema di controllo elettronico.

La parte meccanica (Fig. 2) consiste di un supporto per la mano, nel quale è inserita una leva il cui moto è ottenuto tramite un motore a step con demoltiplica che fa ruotare la leva da angoli minimi di  $55'$  dalla verticale a  $105'$  sempre dalla verticale.

Una coppia di Strain-gauge posta sulla leva misura la pressione esercitata su di essa dal dito della mano.

La parte di controllo del Sistema (Fig. 3), basata su un microprocessore Z80, provvede alla gestione sia della parte meccanica sia di un monitor video con associata una tastiera.

Il sistema fa ruotare la leva su cui poggia il dito della mano da rieducare, con una predeterminata velocità angolare, controllando in modo continuo la pressione da esso esercitata sulla leva.



-FIG.3- Diagramma a blocchi del dispositivo S.P.A.C. 2

Se questa pressione, a causa di una contrazione, supera una soglia prefissata, la barretta ruota rapidamente verso la posizione iniziale in modo da consentire il rilassamento del muscolo.

Sul video (Fig. 4) sono mostrati i parametri che caratterizzano il moto della barretta insieme ad altri che invece sono utilizzati dal sistema per adattare la difficoltà della prova alle effettive possibilità del paziente.

Questi parametri sono:

- a) soglia di pressione ( $P_0$ ): che è quel valore che se esercitato dall'arto sulla barretta produrrà l'effetto di far regredire la barretta all'angolo inferiore finchè la pressione non sia scesa sotto detta soglia, e cioè finchè il paziente non sia riuscito a distendere l'arto.
- b) velocità angolare ( $\omega$ )
- c) angoli inferiore ( $\alpha_{\text{inf}}$ ) e superiore ( $\alpha_{\text{max}}$ ) che limitano l'escursione angolare della barretta
- d) errori ammessi, cioè il numero di esercizi non portati a termine a causa di una reazione abnorme del paziente, prima di modificare altri parametri, come la velocità angolare e l'angolo superiore diminuendone i valori.

## Sequential Progressive Automatic Control # 2

Executed Trials:0000

Executed Cicles:0000 Correct Exec. Cicl.:0000 Errors in Cicle: 0000 "

=====

0g	100g	200g	300g	400g	500g	600g	700g	800g	900g	1Kg
Pressure	Angular	Superior	Inferior	Admitted	Work	Run /				
Threshold	Velocity	Angle	Angle	Errors	Cicle	Stop				
200	16	85	65	10	30	RUN				

Fig. 4 :Grandezze presenti sul Monitor Video

Ad ognuno dei parametri presenti sul Video sono associati due tasti tramite i quali si puo' incrementare o diminuire il valore numerico

Poco piu' in alto e' presente una scala graduata di valori di Pressione corrispondente.

sulla quale viene sovrapposta una banda luminosa la cui lunghezza e' proporzionale alla pressione esercitata sulla barretta.

Sono presenti poi altri quattro campi: il Numero totale di esercizi eseguiti, le Prove eseguite nel ciclo di lavoro attuale e, di queste quante portate a termine in modo corretto e quante sospese a causa di una contrazione.

- e) ciclo di lavoro; questo al contrario del precedente rappresenta il numero di prove corrette che il paziente deve eseguire prima che il Sistema di Controllo modifichi i valori dei parametri in modo automatico per aumentare gradualmente le difficoltà della prova.

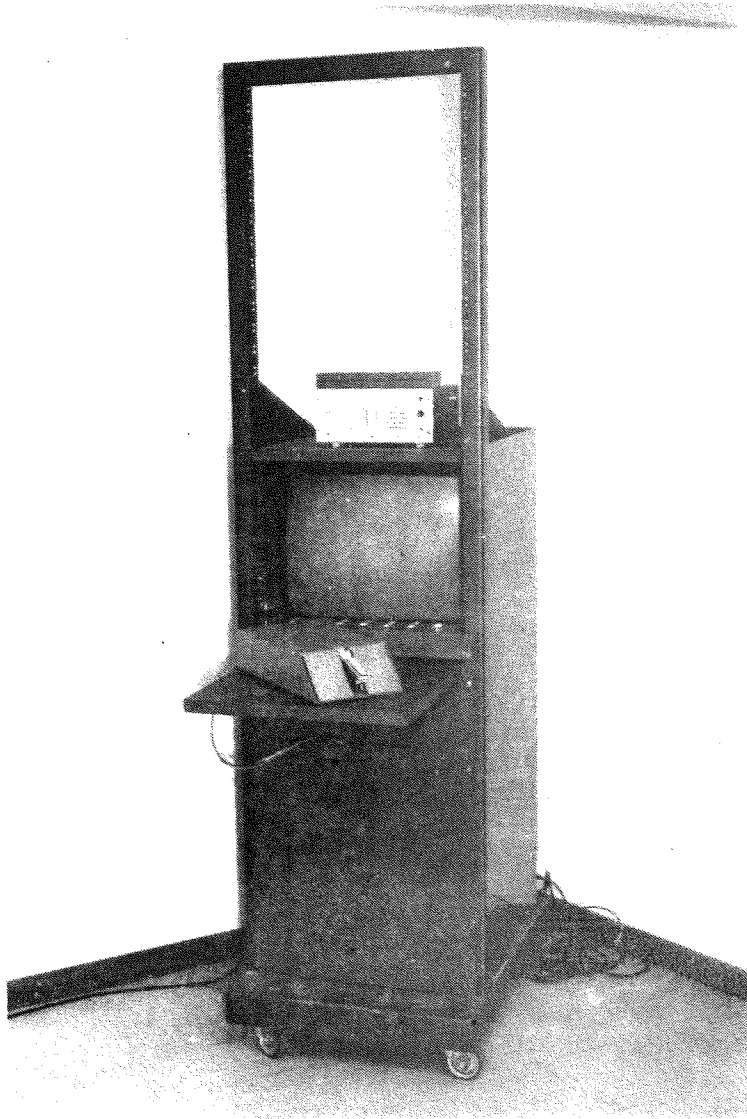


Fig. 5: Il prototipo del dispositivo S.P.A.C.2.

Diminuendo la soglia di pressione il dispositivo diventa molto sensibile ed il compito motorio ancora più difficile adattandosi via via alle mutate capacità di apprendimento del paziente.

In tal modo si è ottenuta una procedura che utilizzando informazioni tattili e cinestesiche fa sì che il paziente impari in modo adattivo a controllare, in modo automatico, stiramenti sempre più ampi.

Il sistema, inoltre può essere collegato ad una stampante, posizionata anche lontano dall'ambiente dove il paziente si esercita, su cui vengono riportate tutte le informazioni inerenti la prova, o ad una Unità Magnetica per elaborazione fuori linea dei dati. E' importante notare che anche durante l'esecuzione della prova è possibile modificare i valori dei parametri impostati.

Ad ognuno dei parametri prima descritti sono associati due tasti tramite i quali si può incrementare o diminuire il valore numerico corrispondente.

Poco più in alto è presente una scala graduata di valori di pressione sulla quale viene sovrapposta una banda luminosa la cui lunghezza è proporzionale alla pressione esercitata sulla barretta.

Sono presenti poi altro quattro campi: il numero totale di esercizi eseguiti, le prove eseguite nel ciclo di lavoro attuale e, di queste quante portate a termine in modo corretto e quante sospese a causa di una contrazione.

#### CONCLUSIONI

Il dispositivo proposto sembra più conveniente di altri per il trattamento dell'emiplegico per i seguenti motivi:

- a) l'attenzione del paziente è volta ad informazioni che sono, per noi, le principali nella guida del movimento, e cioè informazioni tattili e cinestetiche.
- b) esso consente di iniziare il trattamento in modo corretto perchè si possono programmare diverse difficoltà in base al deficit motorio e queste difficoltà si evolvono in base al graduale apprendimento del paziente.
- c) esso richiede al paziente solo di seguire un adatto movimento programmato, ma non una volontaria contrazione del muscolo che spesso provoca l'irradiazione e schemi abnormi.

Il trattamento di altre componenti patologiche che richiedo-

no movimenti volontari è posposto al momento in cui il paziente ha imparato a controllare il riflesso.

- d) il dispositivo proposto fa sì che il trattamento possa essere un processo di apprendimento sulla programmazione di un atto motorio comportando un adeguamento dei parametri del movimento al quale gli arti sono sottomessi.

Infatti la riabilitazione deve essere considerata come un processo di apprendimento di comportamenti motori evoluti per mezzo di esercizi di crescente complessità specificatamente indirizzati.

#### REFERENCES

1. Bobath B., Adult hemiplegia: evaluation and treatment, Heinemann, London 1974.
2. Evarts E., Central control of movements, Neurosc. Res. Progr. Bull., 9, 1974.
3. Fernando C. K., Basmajian J. V., Biofeedback in Physical Medicine and Rehabilitation, Biofeedback and Self Regulation, Vol. 3, n. 4, 1978.
4. Homma S., Understanding the stretch reflex, Elsevier, Amsterdam, 1976.
5. Ito M., Adaptive control of reflexes by the cerebellum in Understanding the stretch reflex, Elsevier, Amsterdam, 1976.
6. Kabat K., Levin M. G., Proprioceptive facilitation of voluntary motion in man, Jour. Ment. Dis., 117-119, 1953.
7. Marsden C. D., Merton P. A., Morton H. B., Servo action in the human thumb J. Physiol., 257, 1976.
8. Nashner, see Ito (cit.).
9. Nightingale J. M., Sedgewich E. M. Control of movement via skeletal muscles, in Biological systems, modelling and control Ed.D. A. Linkens-IEE Control Engineering Series 11, 85-109, 1979.
10. Phillips C. G., Motor apparatus of the baboon's hand Proc. Roy. Soc., 141-173, 1969.
11. Phillips C. G., Porter R., Corticospinal neurones: their role in movement, Academic Press. London, 1977.
12. Perfetti C. C., La rieducazione motoria nell'emiplegico, Libreria Scientifica Ghedini s.r.l., Milano, 1979.
13. Spiruso W., Duncan A., Voluntary inhibition of the myotactic reflex and premotor response to the joint angle displacement, Am. of Phys. Med., 55-165, 1976.
14. Vojta V., Il rotolamento riflesso come primo sistema di locomozione umana, Eur. Mediophys. 8-142, 1972.