

# **DIAGNOSI DELLA PATOLOGIA IDROCEFALO NORMOTESO: ELABORAZIONE NUMERICA E CLASSIFICAZIONE STATISTICA DI FEATURES ESTRATTE DA SEGNALI DI PRESSIONE INTRACRANICA**

*Andrea Calisto, Alessia Bramanti, Giovanni Finocchio, Anna Giordano,  
Alessandro Prattella, Vito Puliafito, Bruno Azzerboni*

Dipartimento di Fisica della Materia e Ingegneria Elettronica, Università di Messina  
Viale F. Stagno D'Alcontres 31, 98166 Messina

La patologia Idrocefalo Normoteso Idiopatico (INPH) è una sindrome clinica la cui eziologia è ancora oggi sconosciuta: di fatto fino ad oggi almeno il 10% dei casi di demenza sono dovuti a mancata diagnosi di INPH e/o non trattata. Il più comune e di solito l'unico trattamento disponibile per INPH è l'impiantazione chirurgica di uno shunt, un dispositivo che incanala il liquido cerebrospinale (CSF) prodotto in eccesso, lontano dal cervello in un'altra parte del corpo dove può essere assorbito. La percentuale di successo di tale operazione è piuttosto variabile ma comunque più elevata quando la corretta diagnosi avviene in tempi brevi dalla comparsa dei sintomi. Ad ogni modo, anche se numerose tecniche sono utilizzate per identificare i pazienti che possono avere INPH, non esiste, ad oggi, un metodo definitivo per validare la diagnosi, che viene spesso effettuata tramite l'esecuzione di un test chiamato "infusion test" [1] (cfr. Fig.1). Vista la recente disponibilità di strumenti informatici ad hoc per il digital signal processing, appare evidente la necessità di un sistema automatizzato robusto in grado di "condizionare" adeguatamente il segnale di pressione intracranica (ICP) per permettere un'approfondita analisi dei dati al fine di estrarre tutte quelle caratteristiche morfologiche dell'onda impulsiva ICP che sono stati non considerati fino ad oggi.

Il filtraggio del segnale ICP è stato uno dei temi più cruciali di questo progetto, in quanto il rumore che contamina il segnale di pressione non permette una corretta analisi delle informazioni contenute. Il filtraggio ad alta frequenza è effettuato mediante un filtro FIR passa basso. Per il filtraggio del rumore a bassa frequenza si è agito attraverso l'uso di filtri numerici basati sul Signal Averaging o su tecniche che utilizzano la Principal Component Analysis (PCA) [2]. Osservando un impulso singolo che compone il segnale ICP è possibile riconoscere tre sottopicchi P1, P2 e P3: le posizioni assolute e relative, in termini di ampiezza e ritardo, di tali punti risultano essere caratteristiche significative per lo studio di possibili alterazioni della dinamica del fluido cerebrospinale, e per questo, oggetto del nostro studio.

Uno degli step che l'algoritmo esegue è il riconoscimento e l'eliminazione delle forme d'onda arte fattuali (movimenti involontari del paziente durante la registrazione, colpi di tosse, starnuti, parole involontarie o aritmie). Gli artefatti devono essere considerati come rumore o disturbo, è necessaria l'eliminazione delle forme d'onda corrotte da essi. Una volta che il segnale è stato completamente "pulito", l'obiettivo del sistema automatico è quello di identificare correttamente le posizioni di P1, P2 e P3 per ogni forma d'onda accettata che compone il segnale di pressione intracranica. Una volta che i "punti di interesse" sono stati determinati, il sistema procede con l'estrazione di 20 parametri (calcolati come grandezze dipendenti dalle posizioni di P1, P2 e P3) che caratterizzano morfologicamente ogni forma d'onda (cfr. Fig. 2). Per tutte le registrazioni ICP il software crea 20 vettori di uscita, uno per ogni feature [3]. Successivamente, su ognuno dei 20 andamenti determinati, il sistema automatico determina 9 parametri statistici. In definitiva un numero pari a  $20 \times 9 = 180$  parametri (statistici) per ogni registrazione sono disponibili per la classificazione.

Tutti i parametri determinati sono passati ad un software apposito per la classificazione automatica della patologia per mezzo di tecniche di data mining. Per questo studio è stato impiegato il software WEKA. In pieno accordo con i criteri di valutazione e riduzione degli attributi e di classificazione dei parametri impiegati (scelti tra quelli resi disponibili dal software), WEKA ha rivelato che 3 sono le caratteristiche più significative per identificare la presenza della patologia. Il passo successivo, dopo la riduzione del dataset è la classificazione. La migliore classificazione si ottiene per mezzo della learning machine denominata KStar eseguita sul dataset ridotto (cioè solo sui 3 parametri statistici selezionati e non sull'intero dataset di 180 parametri). Il risultato ottenuto attraverso il metodo di stratificazione Cross Validation mostra come, tra i 14 pazienti che hanno subito il test di infusione per indagare la presenza della patologia INPH, un numero di 12 su 14 (85,7%) sono stati classificati correttamente. In particolare, 8 dei 9 pazienti non affetti da NPH sono stati identificati correttamente (88,89%), mentre 4 su 5 pazienti affetti da NPH sono stati identificati correttamente (80%) (cfr. Figg. 3 e 4). Il sistema automatico di elaborazione, ancora in fase di sviluppo e ottimizzazione, deve essere inteso come uno strumento valido, coerente, affidabile e di facile calcolo utilizzabile dal personale medico in tutti quei casi in cui una profonda analisi dei dati di pressione intracranica, in termini di caratteristiche morfologiche estratte da esso, possa aiutare lo staff medico nell'elaborazione di una diagnosi più facile e più precisa.

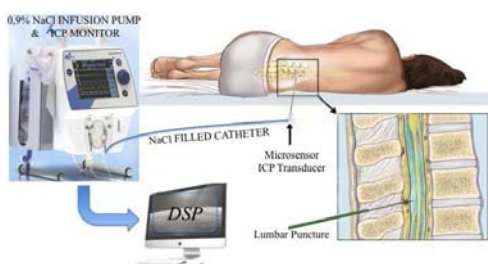


Fig.1 – Schema adottato per il Test d'infusione

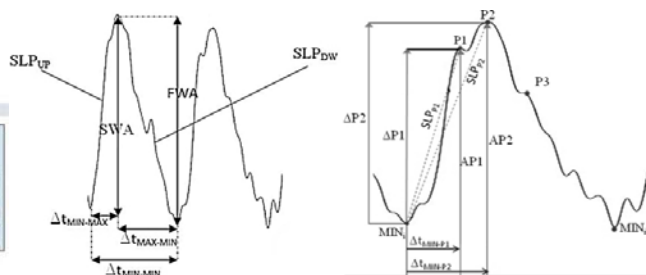


Fig.2 – Parametri estratti da ogni forma d'onda del segnale

J48	A	B		Kstar	A	B	
	5	4	a=0		9	0	a=0
	4	1	b=1		5	0	b=1
NaiveBayes	A	B		SMO	A	B	
	6	3	a=0		8	1	a=0
	4	1	b=1		2	3	b=1
SELECTED - J48	A	B		SELECTED - Kstar	A	B	
	6	3	a=0		8	1	a=0
	1	4	b=1		1	4	b=1
SELECTED - NaiveBayes	A	B		SELECTED - SMO	A	B	
	7	2	a=0		8	1	a=0
	1	4	b=1		4	1	b=1

Fig.3 – matrici di confusione delle 8 configurazioni provate

METHOD		NPH Affected Accuracy	Not NPH Affected Accuracy	TOTAL Accuracy
ALL FEATURES (180)	J48	55,56%	20,00%	37,78%
	Kstar	100,00%	0,00%	50,00%
	NaiveBayes	66,67%	20,00%	43,33%
	SMO	88,89%	60,00%	74,44%
SELECTED FEATURES (3)	J48	66,67%	80,00%	73,33%
	Kstar	88,89%	80,00%	84,44%
	NaiveBayes	77,78%	80,00%	78,89%
	SMO	88,89%	20,00%	54,44%

Fig.4 – Risultati espressi in % di correttezza

## Bibliografia

- [1] About normal pressure hydrocephalus, a book for adult and their families”, *Rachel Fudge* © Hydrocephalus Association, San Francisco, CA, November 2002.
- [2] A. Calisto, “Analysis of intracranial pressure recordings: comparison of PCA and signal averaging based filtering methods and signal period estimation”, *32<sup>nd</sup> EMBS IEEE Conf.*
- [3] A. Calisto, et al. “A new approach for investigating idiopathic normal pressure hydrocephalus: filtering, features extraction and classification from continuous intracranial pressure recordings”, *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, under review.