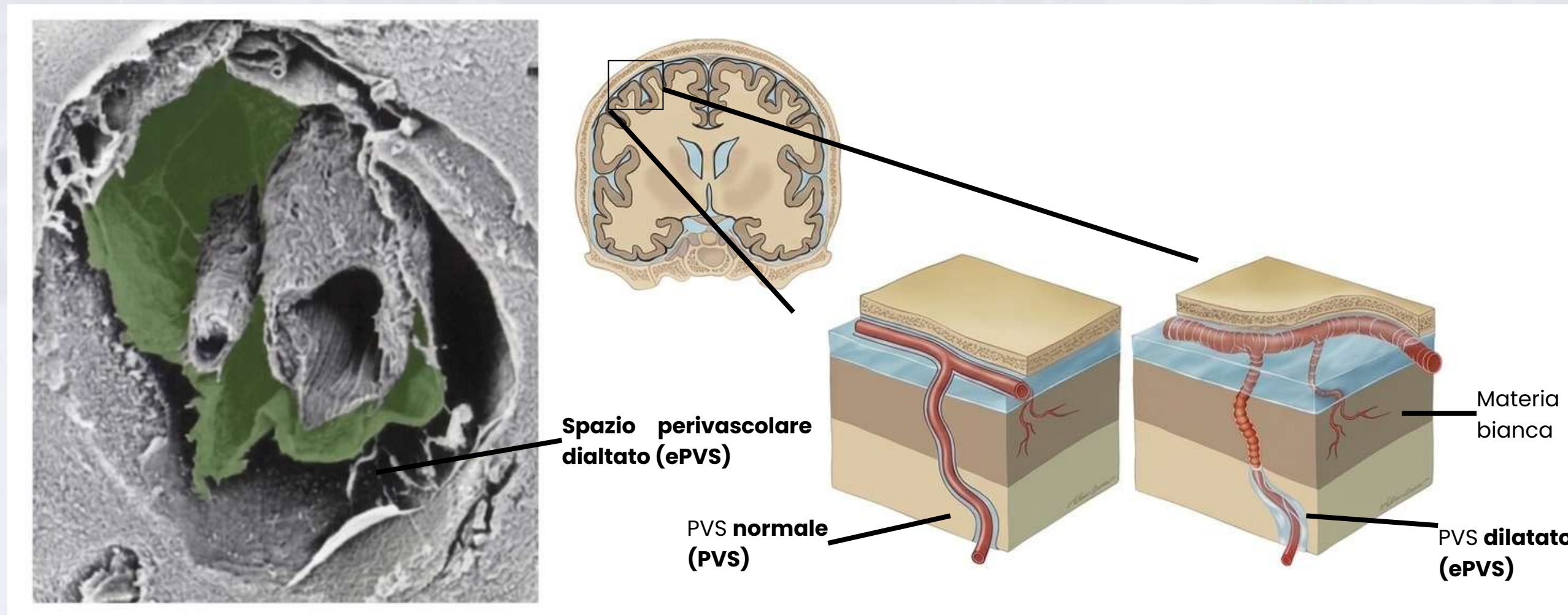


MISURAZIONE E ANALISI AUTOMATICA DEGLI SPAZI PERIVASCOLARI IN PAZIENTI AFFETTI DA MORBO DI PARKINSON MEDIANTE IMMAGINI DI RISONANZA MAGNETICA CEREBRALE

Ingegneri Eccellenti · Settima edizione · Premio Giulia Cecchettin

Letizia Girardi

INTRODUZIONE DEL PROBLEMA



MRI T1 assiale dopo skull stripping: i punti iperintensi indicano ePVS.

- **PVS dilatati (ePVS)** sono **microstrutture cerebrali** riconosciute come **biomarcatori rilevanti** per diverse malattie, incluse quelle **neurodegenerative**
- La loro **valutazione clinica** è attualmente **visiva, qualitativa** ed **operatore-dipendente**
- **Mancano** strumenti **automatici affidabili** per una **quantificazione oggettiva** su larga scala

SOLUZIONE PROPOSTA

ACQUISIZIONE DEI DATI

T1-weighted MRI

ELABORAZIONE DATI

Pre-processing avanzato
per la preparazione delle
immagini

CREAZIONE PSEUDO- ANNOTAZIONI

Applicazione di **Frangi
Filter e tecniche di
rifinitura morfologiche**
per la generazione di
pseudo-annotazioni
Validazione clinica
delle pseudo-
annotazioni

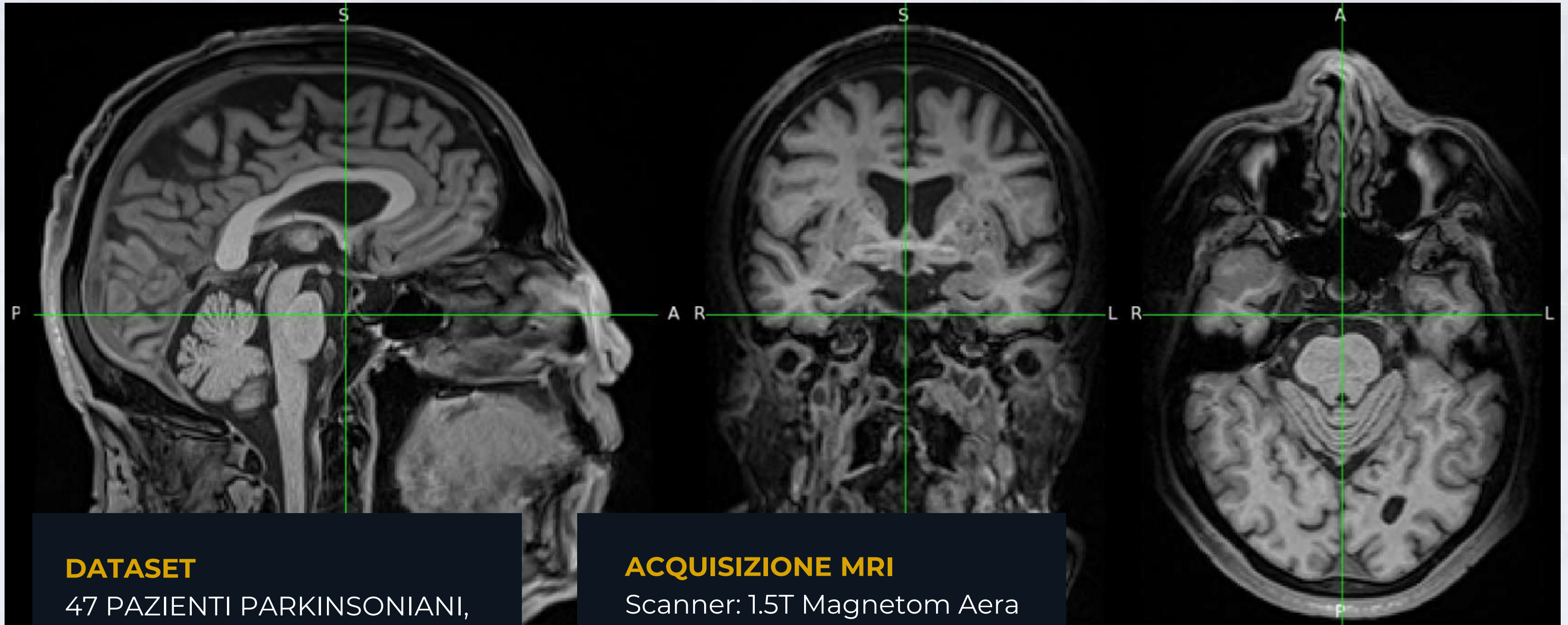
SEGMENTAZIONE AUTOMATIZZATA

Ottimizzazione di **modello 3D
U-Net** di e definizione di una
loss function specifica per la
segmentazione di ePVS
Metriche di accuratezza e
precisione per confermare la
predizione ottenuta

ESTRAZIONE PARAMETRI CLINICI

Calcolo **automatico** di
parametri diagnostici:
lunghezza, larghezza dei
singoli ePVS e **volume
totale** della rete ePVS
Supporto al medico per la
diagnosi e l'analisi della
progressione della malattia

ACQUISIZIONE DATI



DATASET

47 PAZIENTI PARKINSONIANI,
2 MRI SCANS (T0, T1)

ACQUISIZIONE MRI

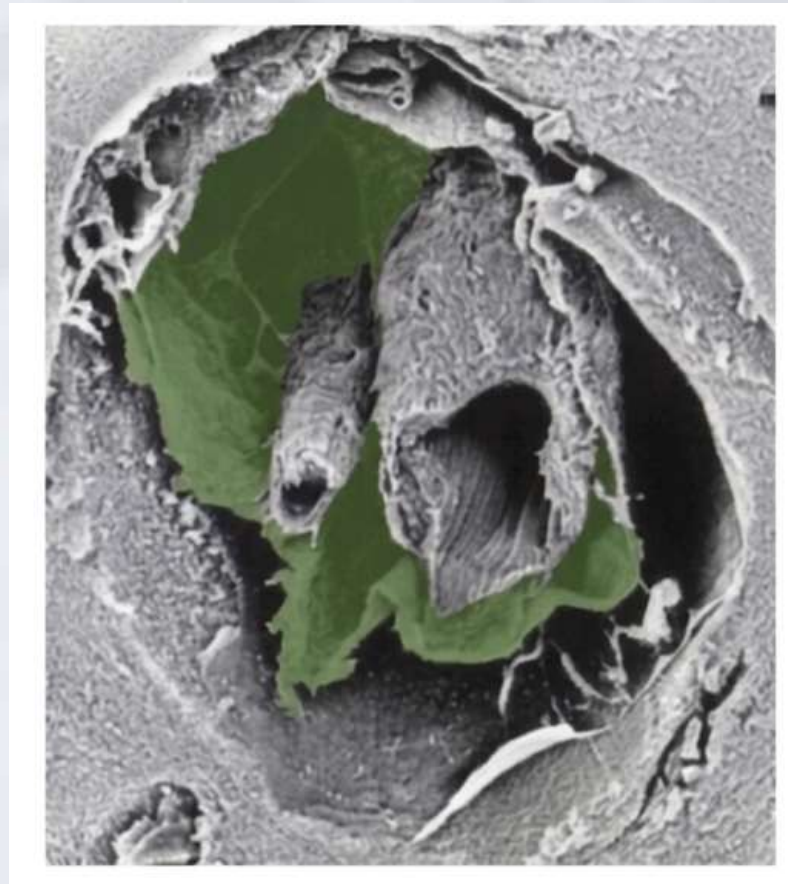
Scanner: 1.5T Magnetom Aera
Sequenza: T1-weighted

ELABORAZIONE DATI



CREAZIONE PSEUDO-ANNOTAZIONI

APPLICAZIONE FRANGI FILTER

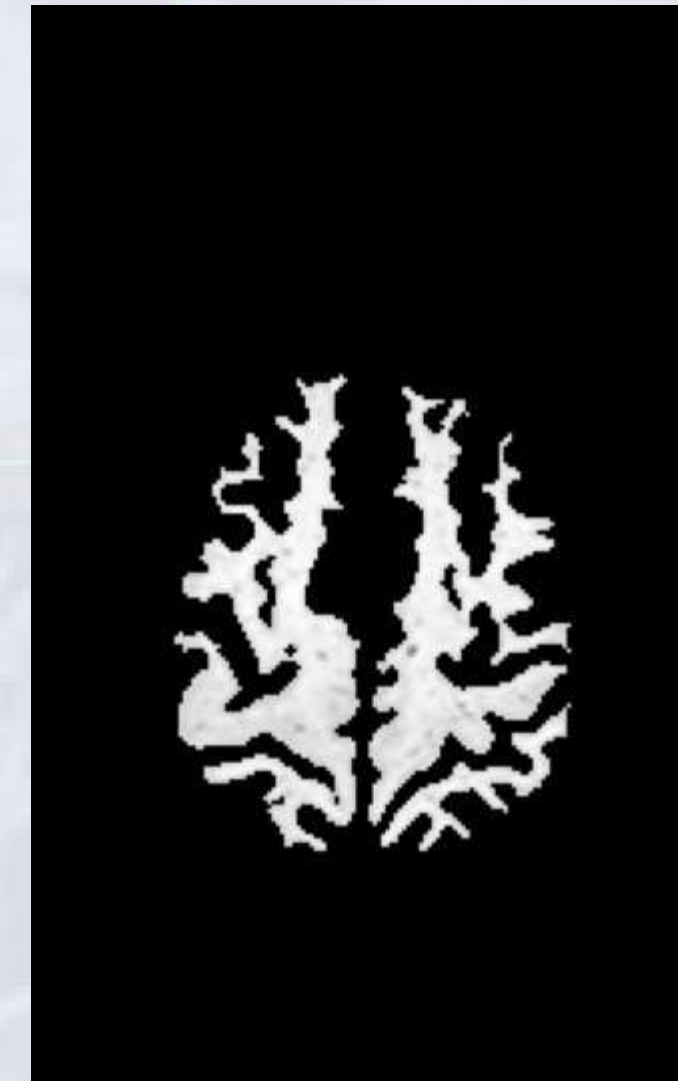


Micrografia al microscopio elettronico a scansione di un **ePVS** che **circonda un'arteria nei gangli basali**. Immagine: Roy Weller, MD, PhD

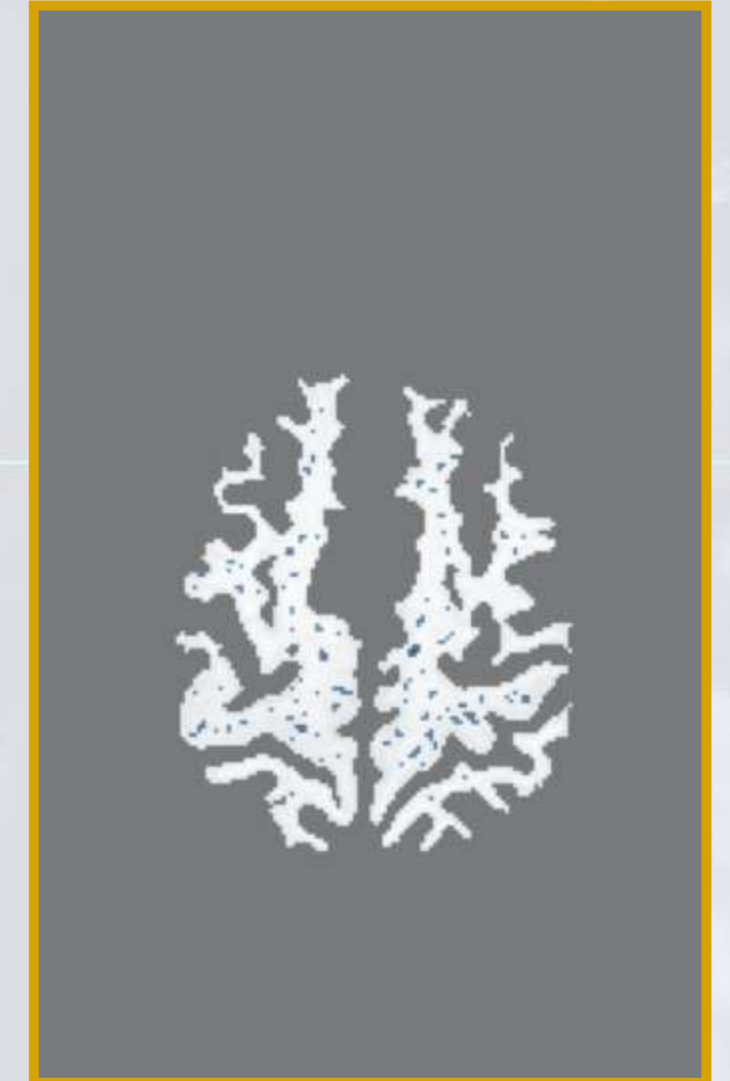
Cervello



Materia bianca

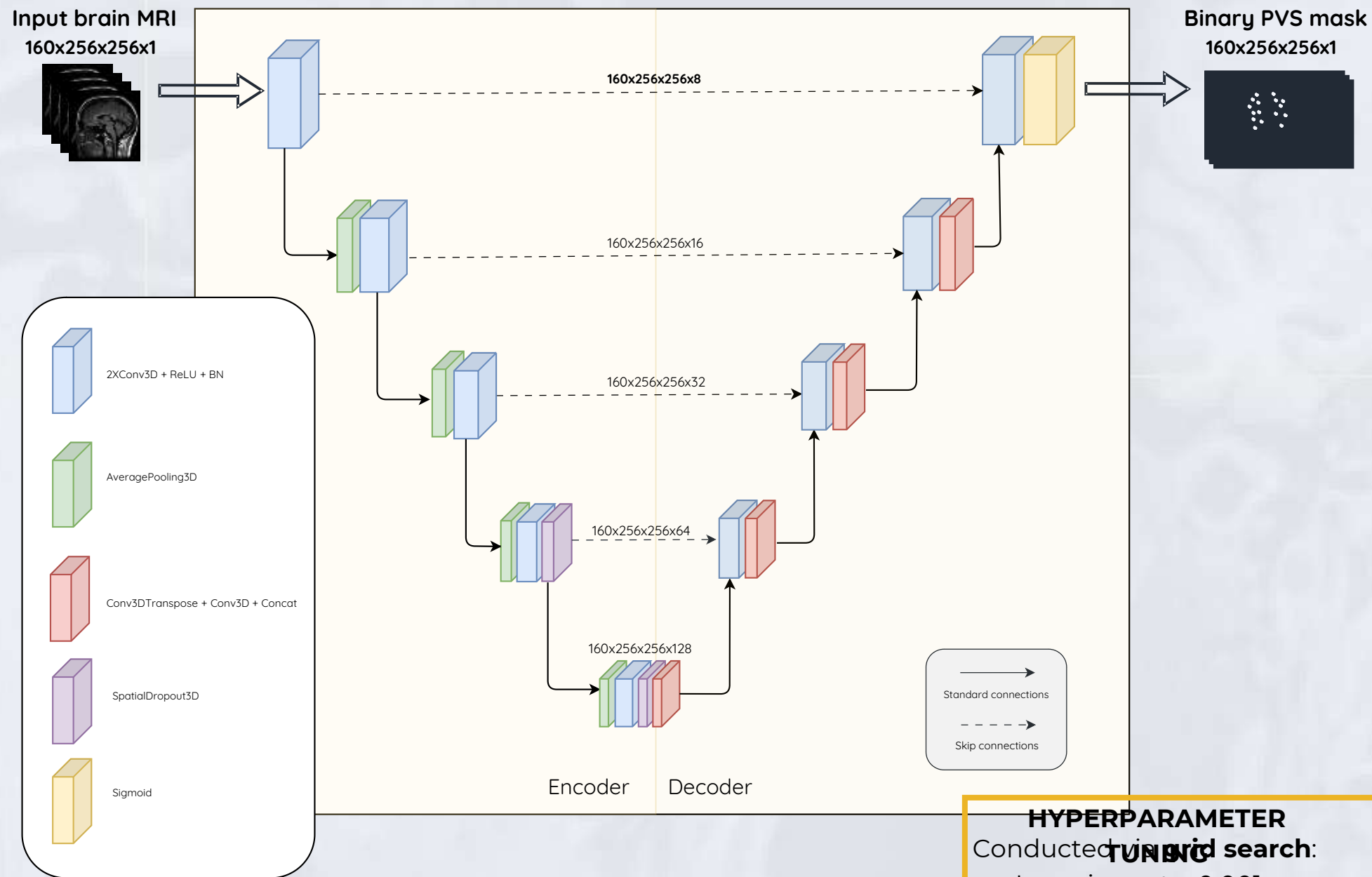


Pseudo-annotazione

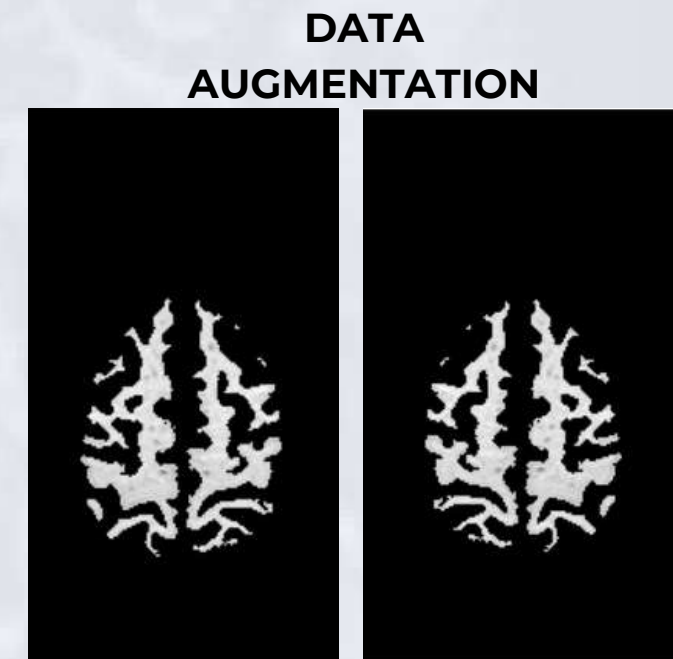
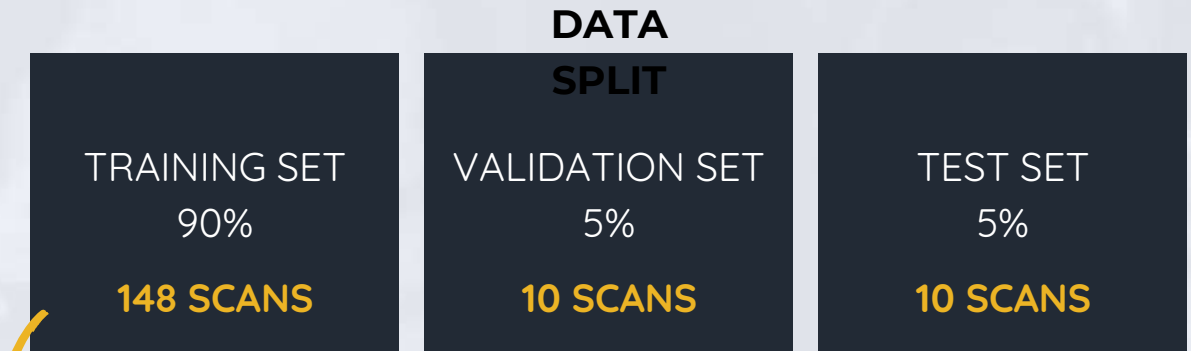


SEGMENTAZIONE AUTOMATIZZATA

IMPLEMENTAZIONE & OTTIMIZZAZIONE 3D U-NET



HYPERPARAMETER TUNING
Conducted grid search:
• Learning rate: 0.001
• Number of epochs: 50 epochs
• Batch size: 8



ESTRAZIONE PARAMETRI CLINICI

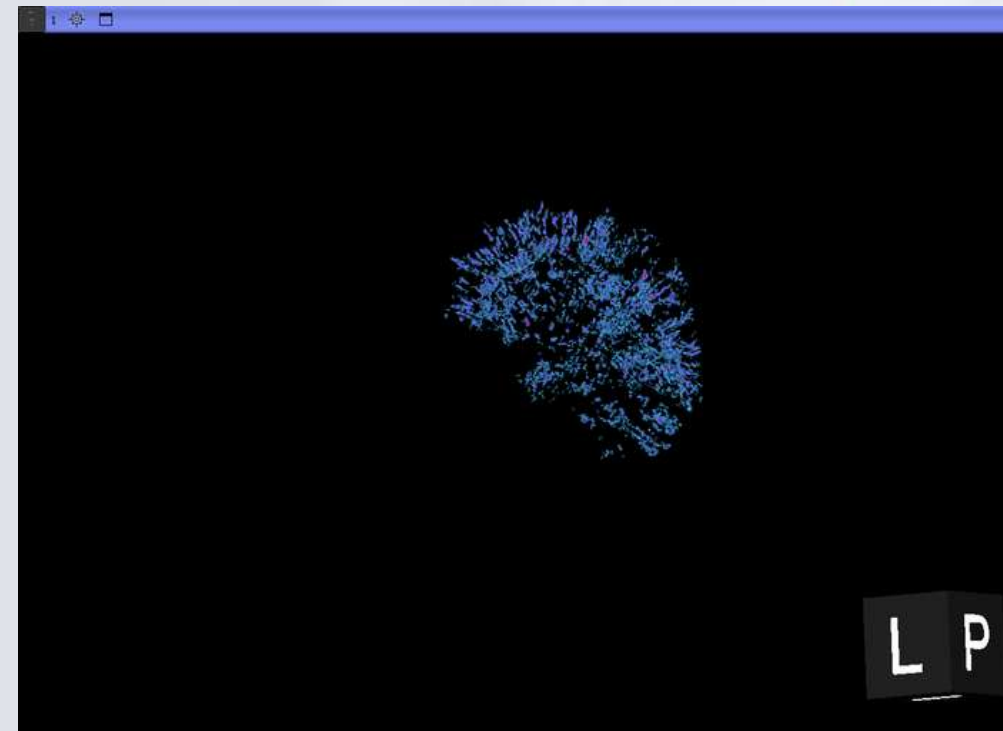
Dalla **segmentazione dei ePVS** vengono estratti parametri **quantitativi**:

- **Lunghezza** singoli ePVS
- **Larghezza** singoli ePVS
- **Volume totale** sistema glinfatico calcolato come:

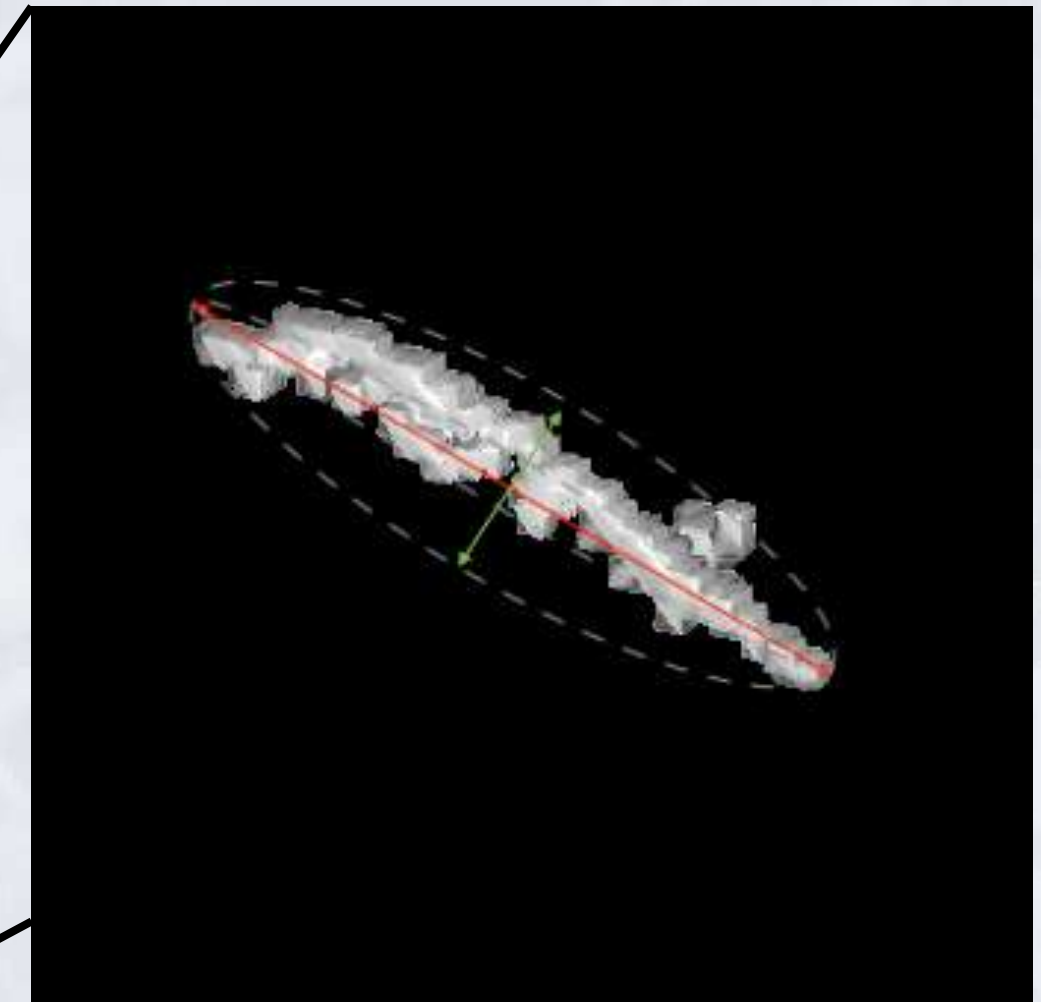
$$V_{TOT} = \sum_{i=1}^N V_i = \sum_{i=1}^N |C_i| \cdot V_v$$

numero totale di PVS trovati (N)
 volume di un singolo voxel (V_v)
 numero di voxel del PVS numero i ($|C_i|$)

Tali parametri permettono la **quantificazione oggettiva** degli ePVS **supportando** l'analisi clinica e l'**identificazione di condizioni patologiche**.



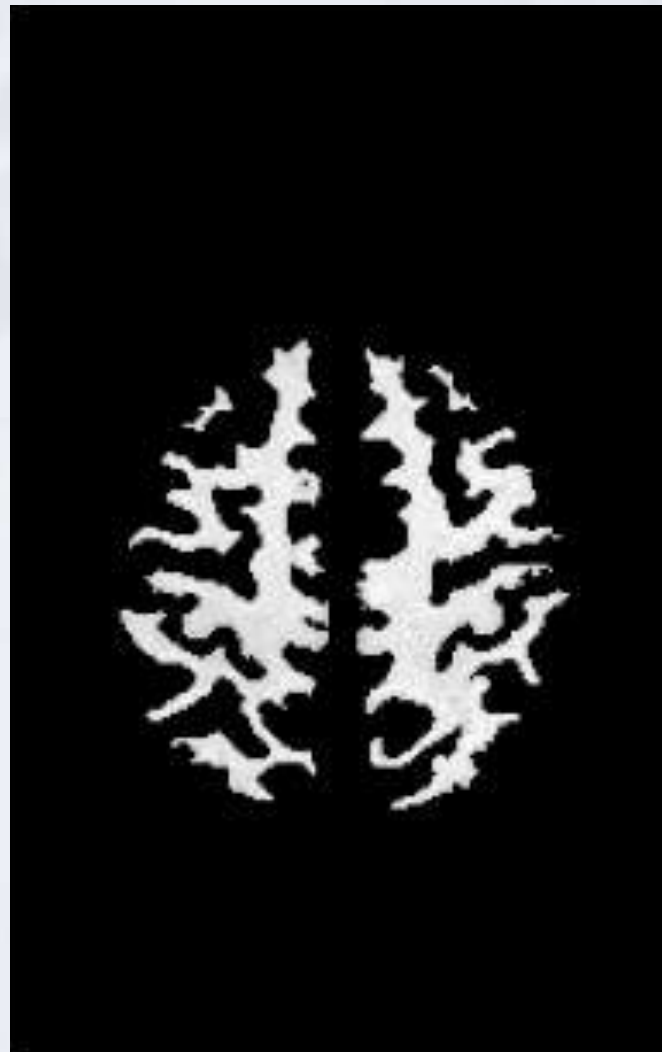
Ricostruzione 3D ePVS in paziente affetto da morbo di Parkinson



Ricostruzione 3D di un singolo ePVS

RISULTATI SEGMENTAZIONE

Cervello



Pseudo-annotazione



Predizione



Dice Similarity Coefficient (DSC)

$$DSC = \frac{2 |A \cap B|}{|A| + |B|}$$

Annotations: $|A \cap B|$ is labeled "ground truth" and $|A| + |B|$ is labeled "predicted segmentation".

Volume Similarity (VS)

$$VS = 1 - \frac{|V_A - V_B|}{V_A + V_B}$$

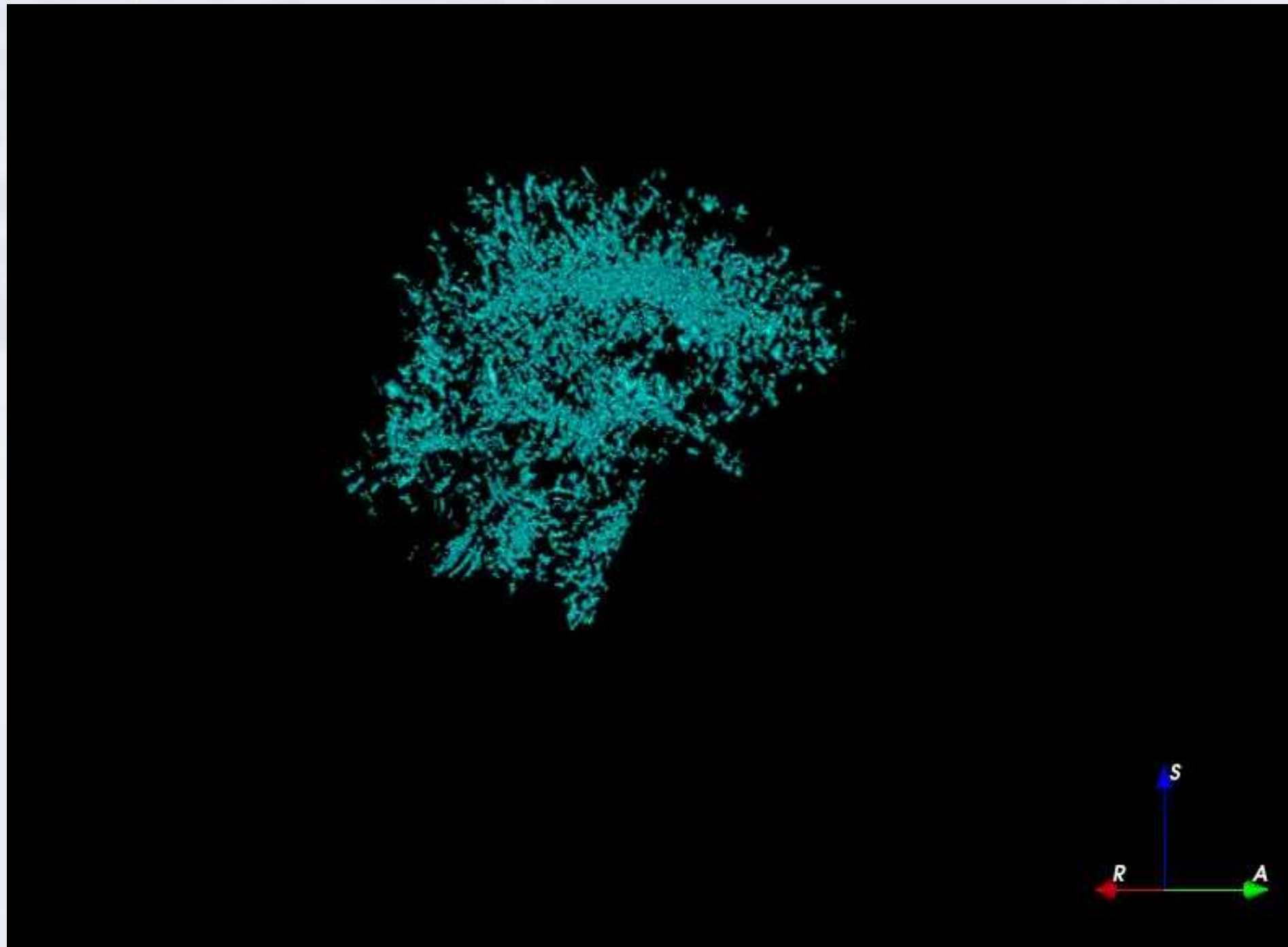
Annotations: $|V_A - V_B|$ is labeled "total volume of ground truth segmentation" and $V_A + V_B$ is labeled "total volume of predicted segmentation".

DSC = 0.60

VS = 0.80

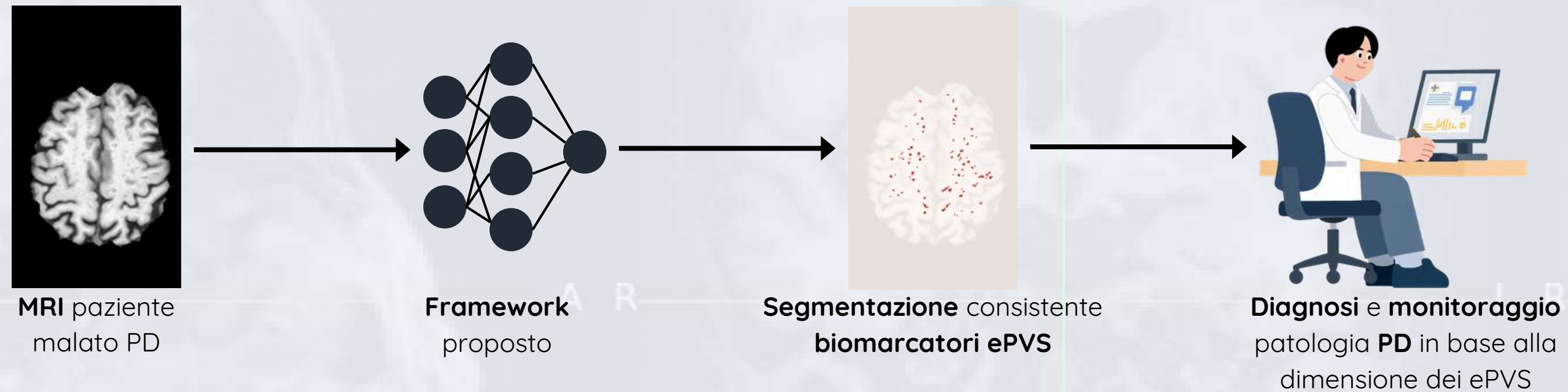
Risultati In linea con lo **stato dell'arte** per strutture così piccole

RISULTATI SEGMENTAZIONE



Ricostruzione 3D della **rete di ePVS** segmentata dal modello proposto

CONCLUSIONI



- Sviluppato un **metodo automatico** per la **segmentazione e l'analisi clinica di biomarcatori di malattie neurodegenerative** basato su deep learning
- Introduzione di una **strategia di pseudo-annotazione** per affrontare la carenza di dati annotati in ambito medico
- Proposto un **sistema di supporto decisionale clinico**, con **impatto** nella **diagnosi** e nel **monitoraggio** delle **patologie** neurologiche.



L'INTERDISCIPLINARITÀ TRA INFORMATICA E MEDICINA APRE LA STRADA A UNA NUOVA GENERAZIONE DI STRUMENTI PER UNA SANITÀ PIÙ PRECISA, EFFICIENTE E PERSONALIZZATA.