

## Trauma Cranico Traumatico (TBI)

**Prof. Erik Roman-Pognuz, MD, PhD**  
**Unità di Terapia Intensiva, Università di Trieste**

### 1. Epidemiologia e Impatto Socioeconomico

Il trauma cranico traumatico (TBI) rappresenta una delle principali cause di morbilità e mortalità a livello globale, con un impatto significativo sui costi sanitari e sulla società.

- **Negli Stati Uniti:**
  - Costi diretti annuali stimati in **76,5 miliardi di dollari**, includendo ospedalizzazione, riabilitazione e assistenza a lungo termine (Cambridge University Press).
  - Costo per paziente:
    - **TBI lieve:** fino a **85.000 dollari**.
    - **TBI severo:** oltre **3 milioni di dollari**.
- **Nel Regno Unito:**
  - Il TBI ha un costo economico di **15 miliardi di sterline all'anno**, rappresentando **0,8% del PIL**.

Oltre all'onere economico, il TBI comporta impatti rilevanti sulla qualità della vita, in particolare negli sport di contatto, dove il rischio di danni cerebrali è elevato.

### Infortuni Sportivi e Ritiro per Concussioni

Casi recenti di atleti ritirati per concussioni includono:

- **Jack Tuttle** (Michigan, ottobre 2024): ritiro dopo la **quinta commozione cerebrale** e problemi al gomito.
- **Grayson McCall** (North Carolina State, ottobre 2024): ritiro dopo **commozioni multiple**, decidendo di privilegiare la propria salute.

---

### 2. Definizione e Fisiopatologia del TBI

#### Definizione

Il **trauma cranico traumatico (TBI)** è una condizione caratterizzata da una **disfunzione cerebrale dovuta a un trauma esterno**, classificata in:

- **Lieve**
- **Moderata**
- **Severa**

#### Fisiopatologia

Il danno cerebrale si suddivide in:

- **Danno primario:** si verifica nell'istante del trauma.
- **Danno secondario:** progressione del danno dovuta a **ipossia, ischemia, infiammazione e stress ossidativo**.

### Danno Primario

- **Lesioni focali:** impatto diretto con contusioni ed ematomi (epidurale, subdurale, intracerebrale).
- **Lesioni diffuse:** danni estesi dovuti a forze di **accelerazione e decelerazione** (es. lesioni assonali diffuse).
- **Rottura della barriera ematoencefalica** con alterazione dell'omeostasi cellulare.

### Danno Secondario

- **Iporessia e ischemia:** edema cerebrale e ipoperfusione.
- **Infiammazione:** attivazione di **microglia e astrociti**, rilascio di citochine pro-infiammatorie ( $TNF-\alpha$ ,  $IL-6$ ).
- **Stress ossidativo:** accumulo di ROS e RNS con danno lipidico e proteico.
- **Eccitotossicità:** rilascio eccessivo di glutammato e sovraccarico di calcio intracellulare.
- **Disfunzione mitocondriale:** deficit di ATP e progressione verso necrosi o apoptosis.

---

### 3. Scale di Valutazione del TBI

- **Glasgow Coma Scale (GCS):**
  - **Lieve:** GCS 13-15
  - **Moderato:** GCS 9-12
  - **Severo:** GCS  $\leq 8$
- **Marshall CT Classification:** classifica il danno strutturale tramite TC.
- **Extended Glasgow Outcome Scale (GOSE):** valuta il recupero funzionale con maggiore dettaglio rispetto alla scala GOS.
- **IMPACT Model:** stima la prognosi basandosi su **GCS, TC e età del paziente**.

---

### 4. Diagnosi e Imaging

#### Valutazione Clinica

##### Primary Survey (ABCDE)

- **Airway:** stabilizzazione cervicale, gestione delle vie aeree.
- **Breathing:** valutazione dell'ossigenazione.
- **Circulation:** controllo di **ipotensione e shock**.

- **Disability:** valutazione neurologica (GCS, riflessi pupillari).
- **Exposure:** controllo di altre lesioni.

## Secondary Survey

- **Anamnesi (AMPLE):** Allergie, Farmaci, Patologie pregresse, Ultimo pasto, Eventi traumatici.
- **Esame neurologico mirato.**

## Imaging

- **TC senza contrasto:** esame di prima linea.
- **RM:** indicata per lesioni assonali o fossa posteriore.
- **TC perfusionale e angiografia:** valutazione del flusso cerebrale.
- **PET, MEG:** nuove frontiere per lo studio metabolico post-TBI.

## Biomarcatori

- **S100B:** utile per escludere TBI significativo (*Scandinavian Neurotrauma Guidelines*).
  - **GFAP:** marker per TBI **moderato-severo** (*FDA-approved*).
- 

## 5. Gestione Acuta

### Fase Preospedaliera

- **Evitare ipossia e ipotensione:**
  - $\text{SpO}_2 > 94\%$ ,  $\text{PaO}_2 \geq 100 \text{ mmHg}$ .
  - Pressione arteriosa sistolica  $\geq 110 \text{ mmHg}$ .
- **Fluidoterapia con cristalloidi isotonicici** (evitare ipotonici).
- **Immobilizzazione spinale e monitoraggio continuo.**

### Gestione Ospedaliera

- **Ventilazione:** intubazione se  $\text{GCS} \leq 8$ ,  $\text{PaCO}_2 35-45 \text{ mmHg}$ .
  - **Monitoraggio della pressione intracranica (ICP)** in TBI severo.
  - **Pressione di perfusione cerebrale (CPP) target: 60-70 mmHg.**
  - **Terapia antiepilettica profilattica** nei primi 7 giorni (levetiracetam, fenitoina).
  - **Controllo della temperatura e glicemia** per prevenire danni secondari.
- 

## 6. Riabilitazione e Prognosi

- **Terapie precoci:** fisioterapia, riabilitazione cognitiva, supporto psicologico.
- **Monitoraggio a lungo termine per epilessia post-traumatica, disturbi dell'umore e declino cognitivo.**

- **Qualità della vita post-TBI:** valutata con strumenti come SF-36, EQ-5D, QOLIBRI.
- **Neuropsicologia e screening:**
  - **PHQ-9** (depressione).
  - **GAD-7** (ansia).
  - **IES-R** (PTSD).

## Tecnologie Innovative

- **AI per imaging e prognosi** (*Chang et al., Radiology, 2021*).
- **Modelli predittivi AI (XGBoost, reti neurali)** per stratificare il rischio (*Raj et al., PLOS One, 2021*).