



GiViTi - Gruppo italiano per la Valutazione  
degli Interventi in Terapia Intensiva

# Centralization, management and outcomes of severe pediatric trauma in Lombardy: a ten years observational study

Dr Giovanni Tricella, GiViTi

Dr Daniele Bonacina, ASST PG 23

[www.giviti.marionegri.it](http://www.giviti.marionegri.it)

**Meeting GiViTi 2025**

8 - 9 - 10 ottobre



## Background

Pediatric Trauma Centers (PTC) – stato dell'arte

La gestione del trauma pediatrico in regione Lombardia

## Obiettivi

## Risultati

Centralizzazione dei traumi presso PTC

Confronto PTC – ATC lombardi: popolazione, management, outcomes

**Metodologia statistica:** come orientarsi quando il case mix non è uniforme?

## Conclusioni

## IMPATTO DEL TRAUMA SULLA MORTALITA' NELLA POPOLAZIONE PEDIATRICA IN ITALIA

Fascia d'Età	Causa di Morte Principale	Percentuale
Bambini e Preadolescenti (1-14 anni)	Tumori (Neoplasie Maligne)	29% - 31%
	Trauma (Cause Accidentali)	17% - 20%
	Malattie Congenite e Malformazioni	
Adolescenti e Giovani Adulti (15-29 anni)	Trauma (Incidenti Stradali)	19% - 25%
	Tumori (Neoplasie)	16% - 18%
	Trauma (Autolesionismo Intenzionale/Suicidio)	8,5% - 13%

Dati ISTAT 2021-22

## Trauma System

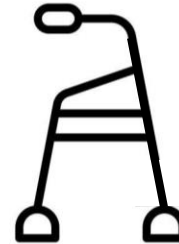
Pre-hospital



Hospital Care



Rehabilitation



Community service



## Trauma System

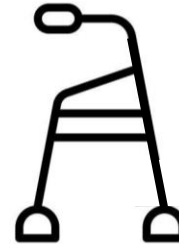
Pre-hospital



Hospital Care



Rehabilitation



Community service



PTC

Pediatric Trauma Center

*DeBakey/Coooley  
Joint Session*

## Pediatric Trauma Centers

Coming of Age



Pediatric Surgeon



Neurosurgeon

Orthopedic Surgeon



Pediatric Intensivist



Pediatric Emergency Department



Pediatric Intensive Care Unit

## Original Investigation | Pediatrics

# Pediatric vs Adult or Mixed Trauma Centers in Children Admitted to Hospitals Following Trauma

## A Systematic Review and Meta-Analysis

### Endpoint: mortality

- PTCs were associated with **40% lower odds mortality** than ATCs
- Association was **not statistically significant for adolescents**.
- Results do not clarify what the optimal age cutoff should be

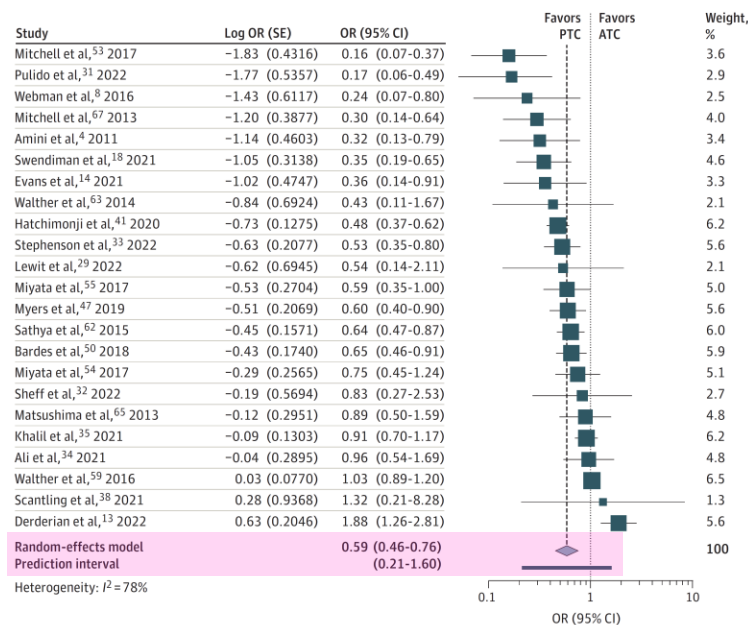
### Endpoint: process

- PTCs were associated to a **reduction in 52% of CT use**
- PTCs were associated to a **reduction in 64% of operative management of blunt solid organ injury**

### Limits

- 43 studies were conducted in US, 3 in Australia et 2 in Canada
- Lack of studies on outcome related to functional status and quality of life

Figure. Forest Plots Describing the Odds of Mortality for Children Admitted to Hospitals Following Trauma Treated at Pediatric Trauma Centers (PTCs) vs Adult Trauma Centers (ATCs)





# Background

POPOLAZIONE: 10.000.000 abitanti

CTS

Centro trauma alta specializzazione



PICU

Terapia Intensiva Pediatrica



PTC

Pediatric Trauma Center



SPEDALI CIVILI di BRESCIA  
AZIENDA OSPEDALIERA

DDG 8531 del 1/10/2012

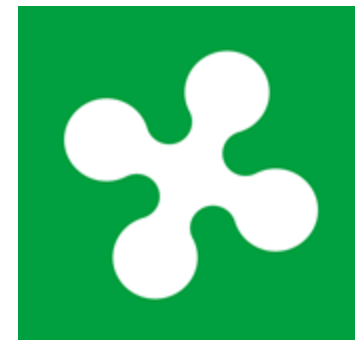


Ospedale  
Papa Giovanni XXIII

DGR XII-162 del 17/04/2023



Ospedale Niguarda





## DELIBERAZIONE N° XII / 162

Seduta del 17/04/2023

- Al trauma pediatrico <5 anni, se stabile, senza deterioramento neurologico, senza anatomia di lesione grave sulla scena, viene sempre assegnata indipendentemente dal meccanismo di trauma la priorità 3 e il paziente viene inviato ad un CTZnch possibilmente con servizio di pediatria. Il paziente viene gestito dal trauma team dell'adulto con coinvolgimento del pediatra.
- Il traumatizzato con età inferiore a 15 anni e con criteri di trauma maggiore (priorità 1 o 2 secondo TRENAU) deve essere centralizzato preferenzialmente a un hub pediatrico.
- Se per lesioni tempo-dipendenti è necessario un trattamento presso uno spoke ed è necessario un ricovero intensivo, il trasferimento secondario presso la TIP dell'hub è:
  - o indispensabile e deve avvenire il prima possibile per bambini in età pre-scolare < 6 anni;
  - o opportuno per bambini dai 6 ai 14 anni; in alternativa ricovero in spazi dedicati dello spoke sino alla possibilità del trasferimento;
  - o i trasferimenti pediatrici sono a carico dell'ospedale inviante.

## OBIETTIVO PRIMARIO

VALUTARE L'EFFICACIA DELLA CENTRALIZZAZIONE NEI PTC DEI PAZIENTI PEDIATRICI VITTIME DI TRAUMI MAGGIORI IN LOMBARDIA NEL DECENNIO 2014-2023

## OBIETTIVI SECONDARI

Eseguire un confronto tra PTC e ATC negli outcomes:

- MORTALITA' IN TERAPIA INTENSIVA
- PROPENSIONE AD ESEGUIRE PROCEDURE CHIRURGICHE
- UTILIZZO DI PRESIDI INVASIVI

## ICU ARRUOLATE NELLO STUDIO

36 ICU lombarde

2 PTC - PICU

34 ATC – ICU

Expertise consolidata  
> 100 traumi / anno

 Ospedale  
Papa Giovanni XXIII



SPEDALI CIVILI di BRESCIA  
AZIENDA OSPEDALIERA



## PAZIENTI ARRUOLATI NELLO STUDIO

ICUs in Lombardy with  
pediatric trauma patients  
78314 (36 ICUs)

Validated data  
76260 admissions

Pediatric patients (<17 y.o.)  
10196

Trauma patients  
1239

First admissions,  
full support or monitoring  
1143

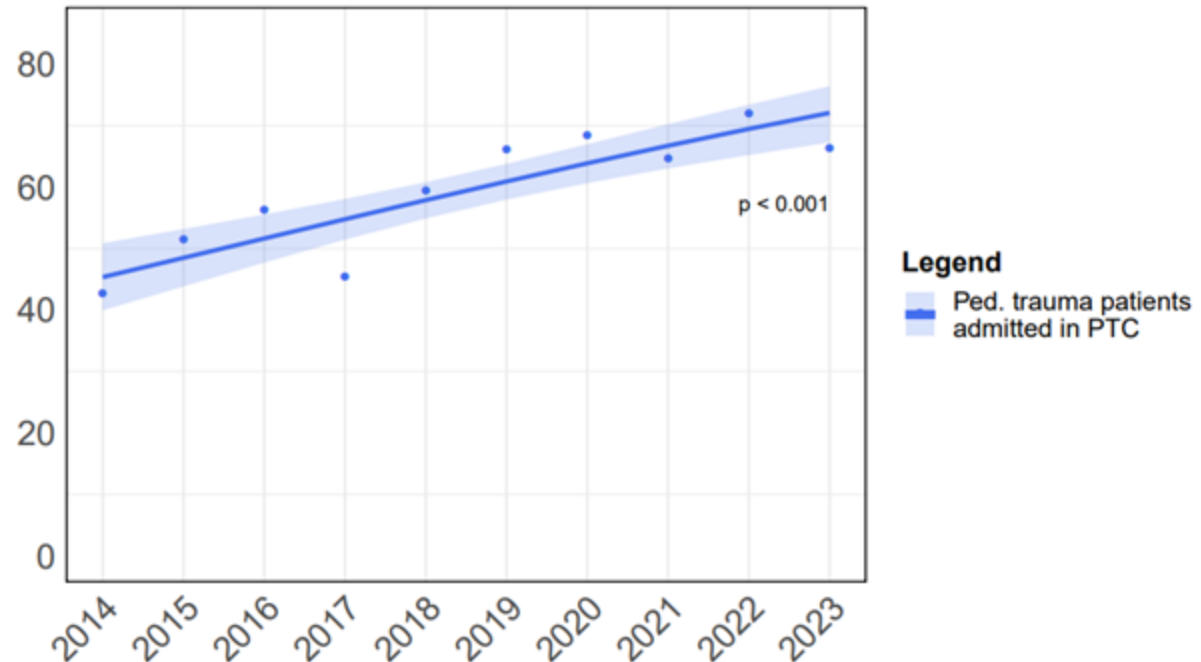


8946 without trauma  
11 missing data

15 readmissions  
81 other reason for admission

## IL RATE DI AMMISSIONE IN PTC RISULTA SIGNIFICATIVAMENTE CRESCENTE NEGLI ANNI

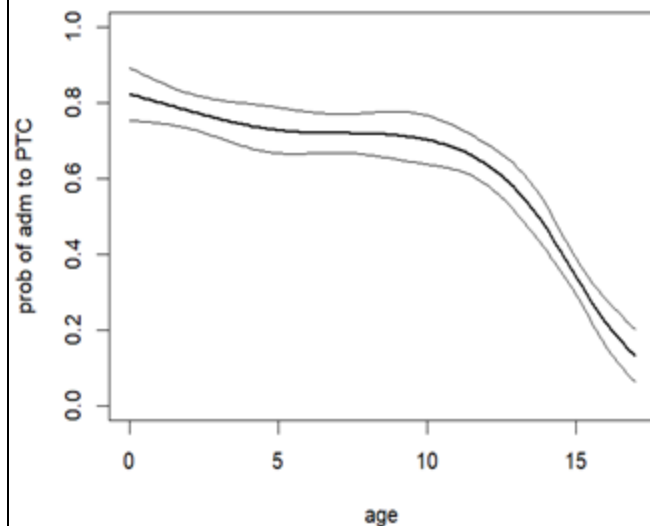
Nel corso degli anni sempre più i pazienti pediatrici sono indirizzati nei PTC invece che negli ATC, segno di un progressivo miglioramento dell'adesione alle linee guida espresse nella delibera regionale



	All	ATC	PTC		
	(N=1143)	(N=464)	(N=679)	<i>P</i>	
<b>Sex (male)</b>	783 (68.5%)	331 (71.3%)	452 (66.6%)	0.09	
<b>Age</b>					
Median (Q1-Q3)	10.0 (5.0,14.0)	14.0 (8.8,15.0)	8.0 (3.0,12.0)	< 0.001	***
0	67 (5.9%)	15 (3.2%)	52 (7.7%)	< 0.001	***
1-9	458 (40.1%)	114 (24.6%)	344 (50.7%)		
10-16	618 (54.1%)	335 (72.2%)	283 (41.7%)		

**ATC E PTC PRESENTANO UNA POPOLAZIONE DIVERSA**

ICU with respect to age



All	ATC	PTC		
(N=1143)	(N=464)	(N=679)	<i>P</i>	
783 (68.5%)	331 (71.3%)	452 (66.6%)	0.09	
10.0 (5.0,14.0)	14.0 (8.8,15.0)	8.0 (3.0,12.0)	< 0.001	***
67 (5.9%)	15 (3.2%)	52 (7.7%)	< 0.001	***
458 (40.1%)	114 (24.6%)	344 (50.7%)		
618 (54.1%)	335 (72.2%)	283 (41.7%)		

**ATC E PTC PRESENTANO UNA POPOLAZIONE DIVERSA**



	<b>AII</b>	<b>ATC</b>	<b>PTC</b>		
	(N=1143)	(N=464)	(N=679)	<i>P</i>	
<b>Multiple district trauma</b>	357 (31.2%)	168 (36.2%)	189 (27.8%)	< 0.001	***
<b>Traumatic brain injury</b>	646 (56.5%)	230 (49.6%)	416 (61.3%)	< 0.001	***
Isolated	421 (36.8%)	132 (28.4%)	289 (42.6%)	< 0.001	***
Multiple district	225 (19.7%)	98 (21.1%)	127 (18.7%)		
<b>Spine trauma</b>	129 (11.3%)	66 (14.2%)	63 (9.3%)	0.01	**
<b>Chest trauma</b>	225 (19.7%)	113 (24.4%)	112 (16.5%)	0.001	**
<b>Abdomen trauma</b>	290 (25.4%)	129 (27.8%)	161 (23.7%)	0.12	
<b>Pelvis/bone/joint &amp; muscle trauma</b>	332 (29%)	152 (32.8%)	180 (26.5%)	0.02	*

**ATC E PTC RICEVONO PAZIENTI CON TIPOLOGIA DI TRAUMA DIFFERENTE**

PAZIENTI DI ETA' DIVERSE

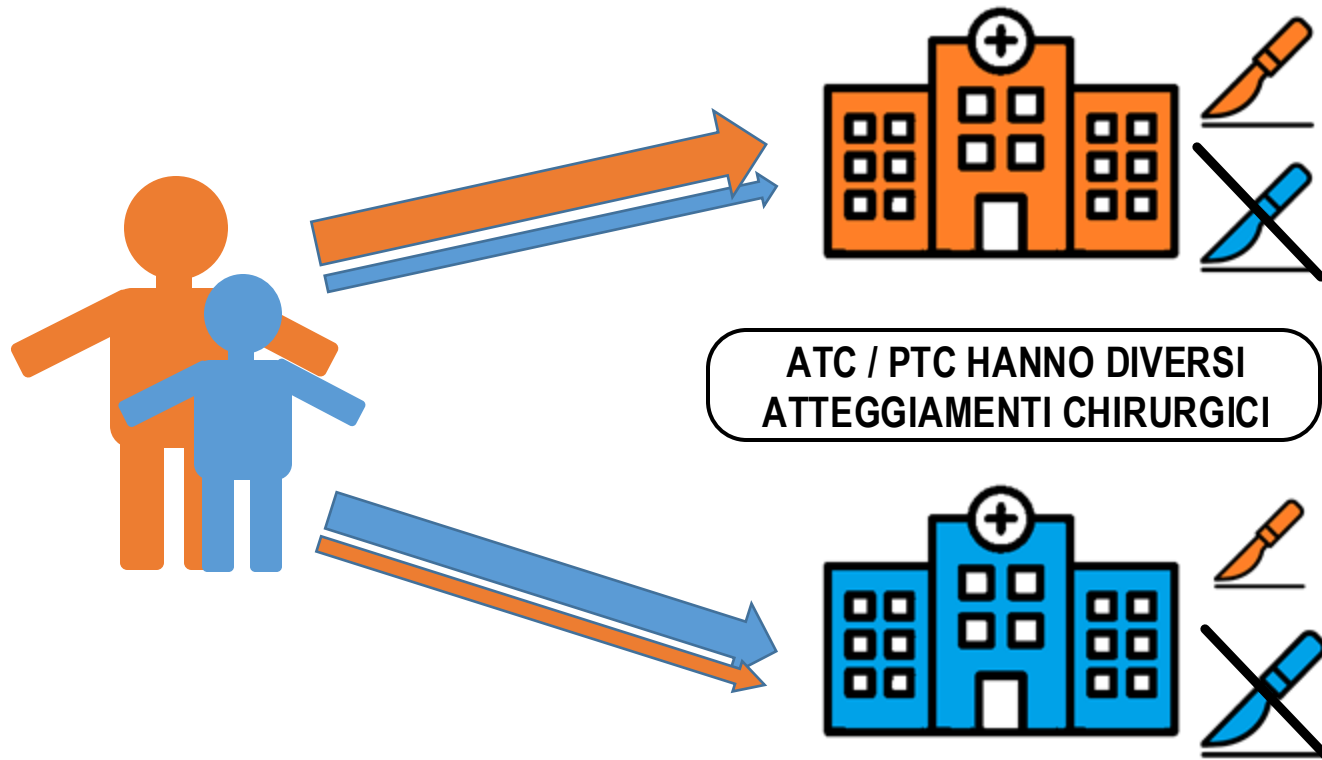
DIVERSE TIPOLOGIE DI TRAUMA

DIVERSE PROBABILITA' DI  
ESSERE AMMESSI IN ATC / PTC





MENO TRATTAMENTI INVASIVI NEI PTC	All (N=1143)	ATC (N=464)	PTC (N=679)	P	
<b>Surgical patient</b>	465 (40.7%)	230 (49.6%)	235 (34.6%)	< 0.001	***
Orthopaedic	174 (15.2%)	91 (19.6%)	83 (12.2%)	< 0.001	***
Neurosurgery	172 (15.1%)	81 (17.5%)	91 (13.4%)	0.06	
Splenectomy	28 (2.5%)	27 (5.8%)	1 (0.1%)	< 0.001	***
<b>Invasive ventilation</b>	587 (51.4%)	290 (62.5%)	297 (43.8%)	< 0.001	***
<b>Tracheostomy</b>	29 (2.5%)	20 (4.3%)	9 (1.3%)	0.002	**
within 7th day (among treated)	9 (31%)	9 (45%)	0 (0%)	0.02	*
<b>Arterial Catheter</b>	552 (48.3%)	315 (67.9%)	237 (35.0%)	< 0.001	***
within 1st day (among treated)	548 (99.3%)	314 (99.7%)	234 (98.7%)	0.19	
<b>Central Venous Catheter</b>	391 (34.2%)	200 (43.1%)	191 (28.2%)	< 0.001	***
within 1st day (among treated)	379 (96.9%)	198 (99%)	181 (94.8%)	0.02	*





## COME POSSIAMO COMPARARE POPOLAZIONI DIVERSE?

- ⇒ Standardizziamo la popolazione, usando l'Inverse Probability Weighting
- ⇒ Costruiamo un modello di trattamento



**TREATMENT?**



Abbiamo quattro bracci di trattamento (NON ordinati – i.e. non progressivamente più intensi):

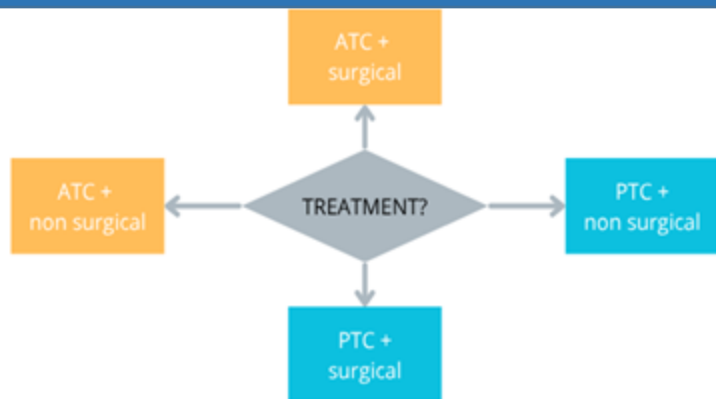
ATC +  
non surgical

ATC +  
surgical

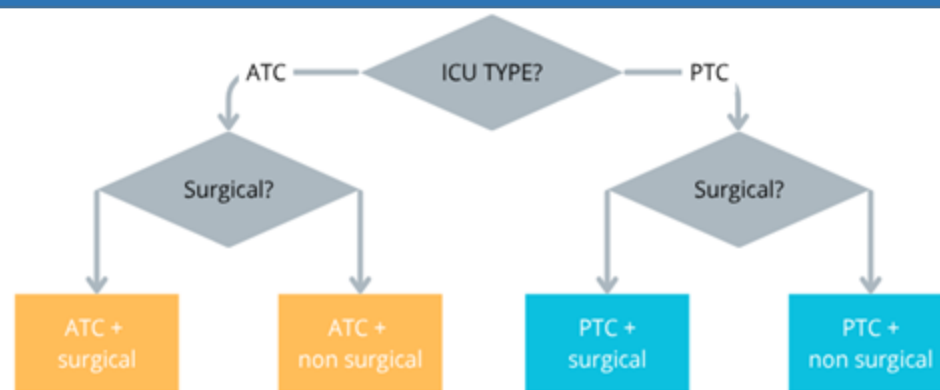
PTC +  
surgical

PTC +  
non surgical

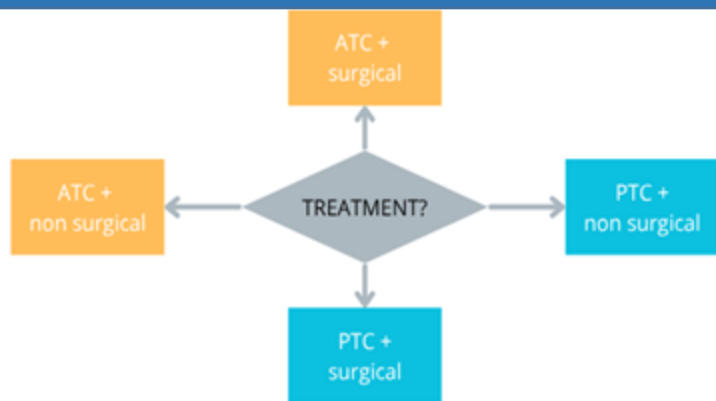
## Scelte contemporanee: Mod. MULTINOMIALE



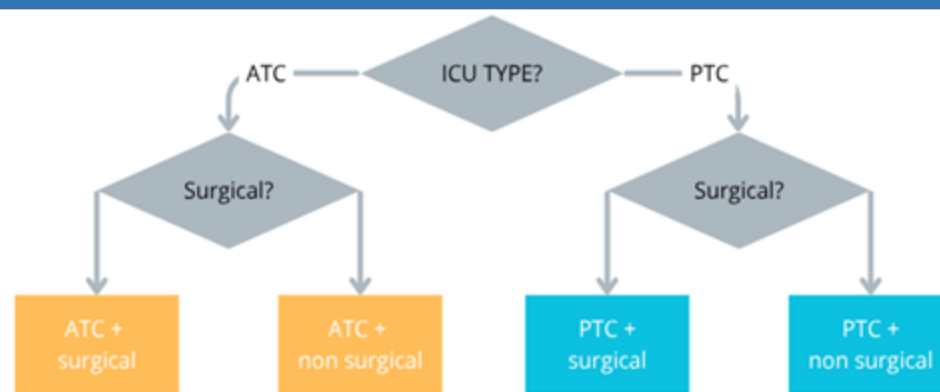
## Scelte sequenziali: Mod. NESTED



## Scelte contemporanee: Mod. MULTINOMIALE



## Scelte sequenziali: Mod. NESTED

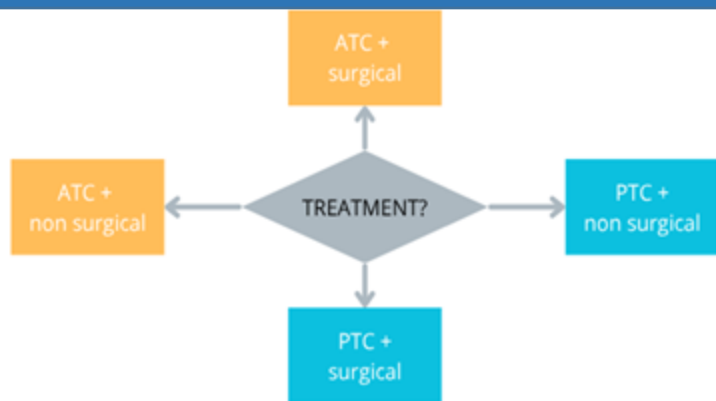


Modelli multinomiali logistici:  
 $3 \times (N+1)$  gdl, Odds Ratios tra  
qualsiasi due 2 trattamenti

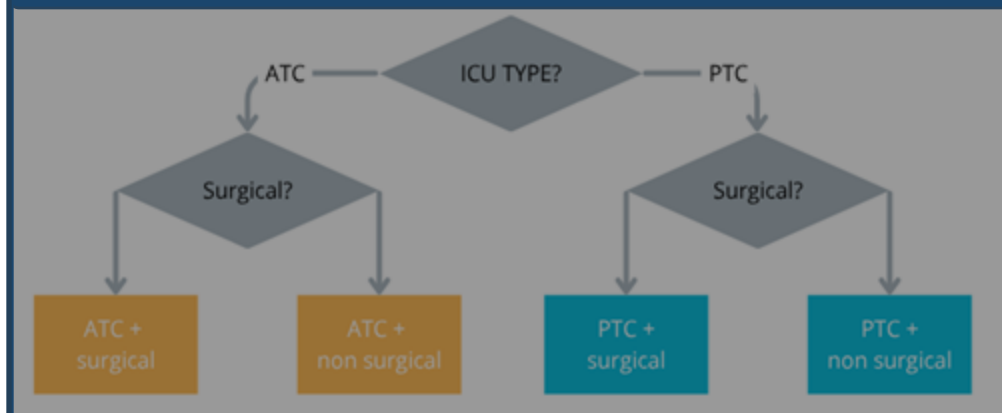
Per N variabili

Modelli binomiali sequenziali:  
 $3 \times (N+1)$  gdl, OR o tra PTC vs ATC,  
o tra chirurgico vs non-chirurgico  
nello stesso tipo di TI

## Scelte contemporanee: Mod. MULTINOMIALE



## Scelte sequenziali: Mod. NESTED



Modelli multinomiali logistici:  
 $3 \times (N+1)$  gdl, Odds Ratios tra  
qualsiasi due 2 trattamenti

Per N variabili

Modelli binomiali sequenziali:  
 $3 \times (N+1)$  gdl, OR o tra PTC vs ATC,  
o tra chirurgico vs non-chirurgico  
nello stesso tipo di TI

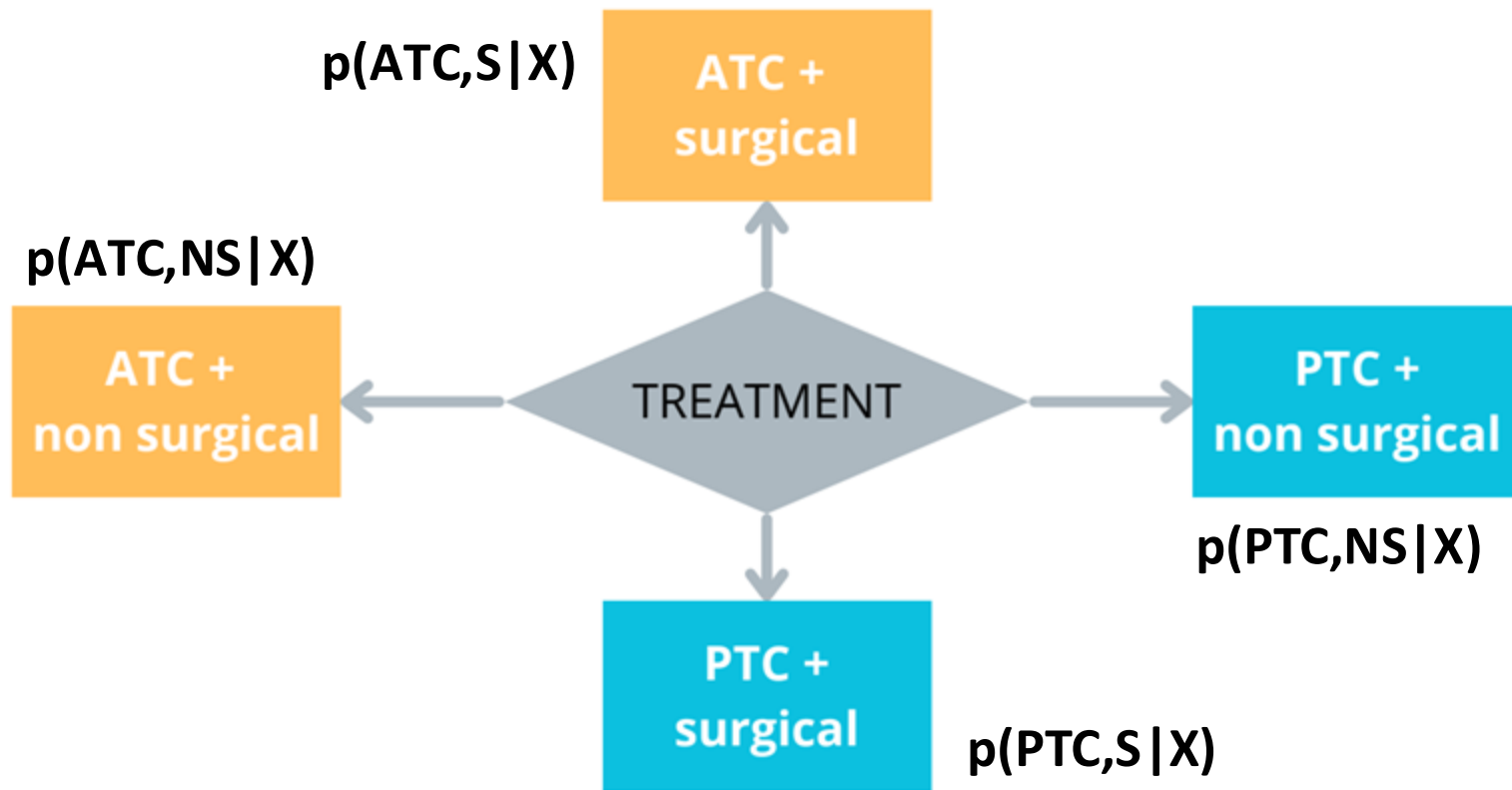
## MODELLI MULTINOMIALI LOGISTICI

M bracci di trattamento, N covariate

⇒ costruisco M-1 score con N+1 coefficienti [un braccio è il riferimento: per ogni paziente, il riferimento a score = 0]

La probabilità di trattamento date le condizioni sono

$$p( T=t \mid X ) = \exp(S_t) / \sum( \exp(S_T) )$$



## COVARIATE

Condizioni precedenti al trauma, caratteristiche del trauma e che descrivono la gestione precedente all'ammissione:

- sesso, età, comorbidità
- distretto del trauma, insufficienze d'organo
- provenienza, anno di ammissione

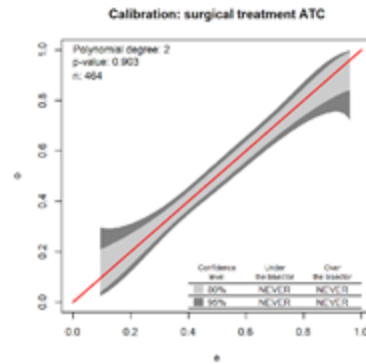
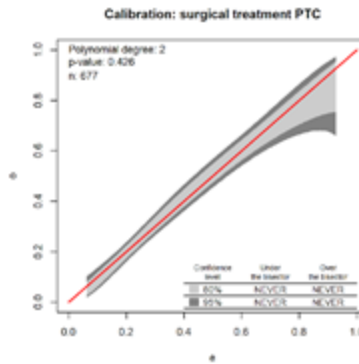
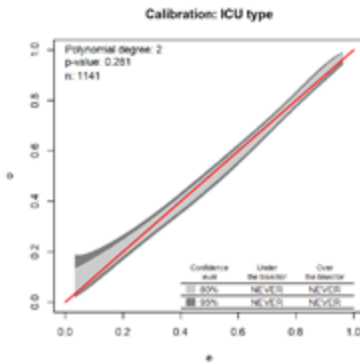
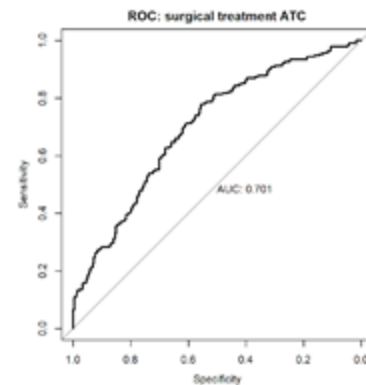
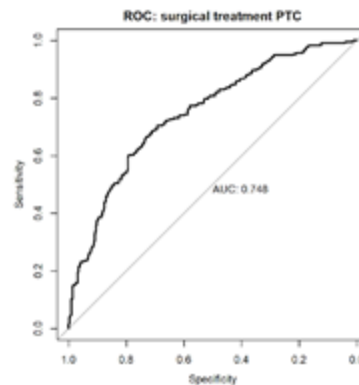
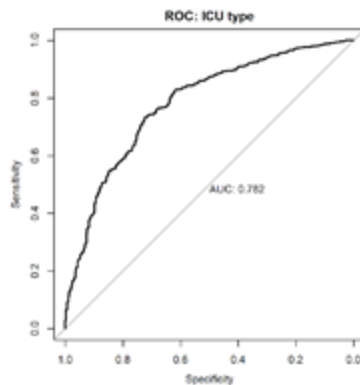
La chirurgia non è un confondente: è una scelta di trattamento.

Si esclude il PIM (dovrebbe essere valutato al momento del primo intervento, ma lo abbiamo quando il paziente è arrivato in TI)

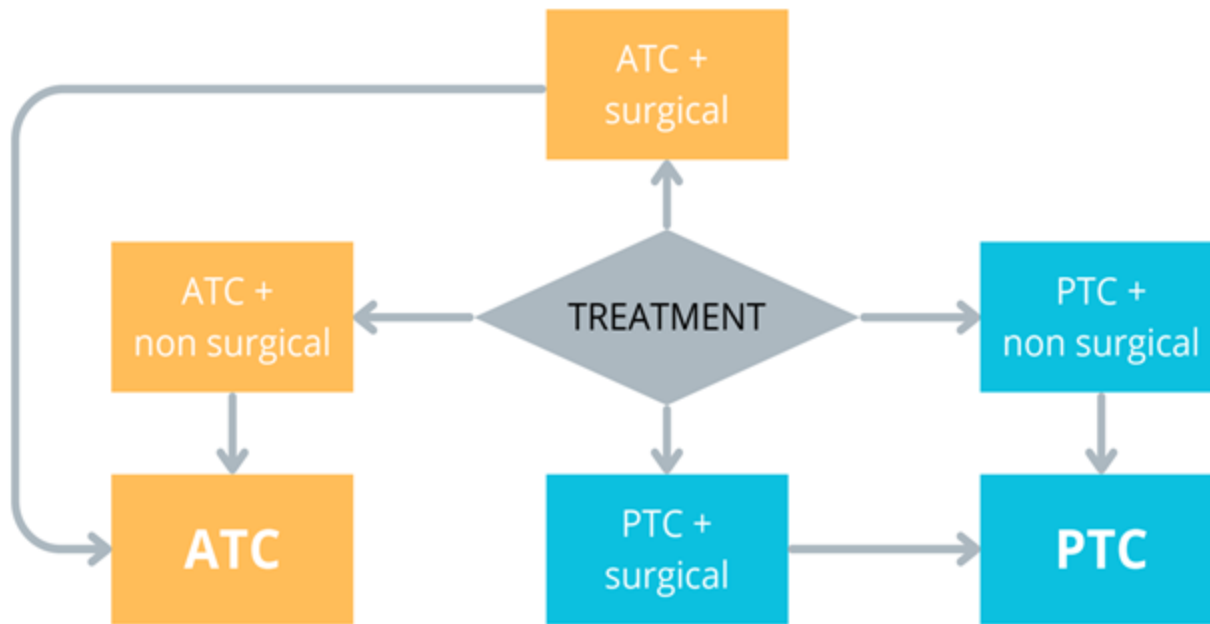


## IL MODELLO DEVE CALIBRARE NEI DIVERSI OUTCOME COMPETITIVI

**Discriminazione** accettabile,  
senza separazione



**Calibrazione** eccellente



$$p(\text{ATC}) = p(\text{ATC}, \text{S}) + p(\text{ATC}, \text{NS})$$

$$p(\text{PTC}) = p(\text{PTC}, \text{S}) + p(\text{PTC}, \text{NS})$$

Per un evento modellizzato, il rischio è il rapporto tra la probabilità che avvenga e che non avvenga

Confrontando due bracci, il Risk Ratio è il rapporto tra i rischi

Così possiamo studiare solo il rischio di trattamento chirurgico in diverse TI – per ogni paziente

Per un evento modellizzato, il **rischio** è il rapporto tra la probabilità che avvenga e che non avvenga

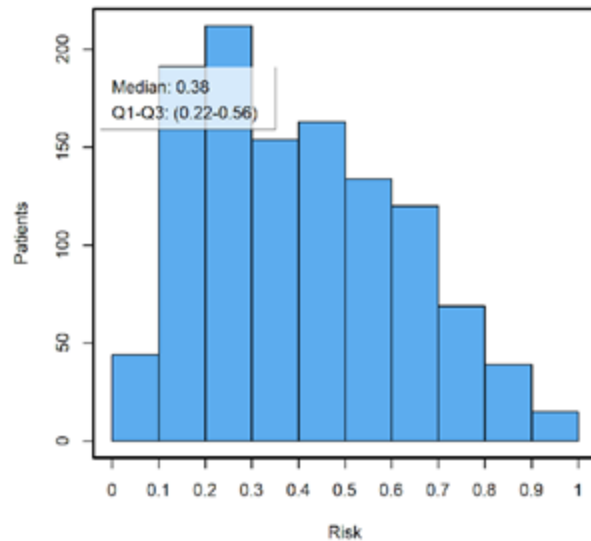
$$R(S,PTC) = p(S | PTC) / p(NS | PTC)$$

Confrontando due bracci, il **Risk Ratio** è il rapporto tra i rischi

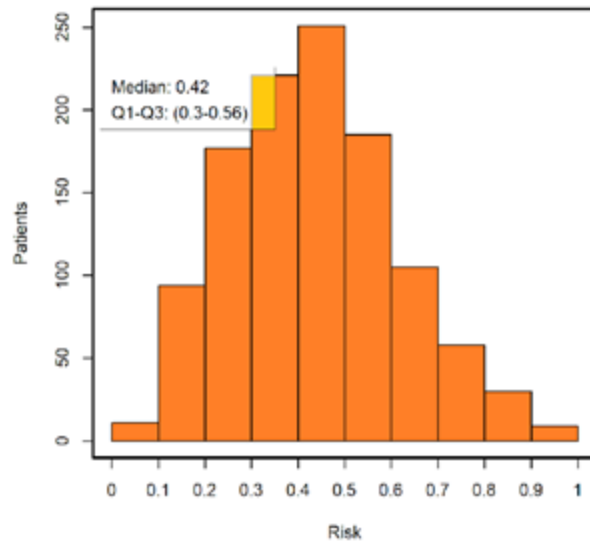
$$RR(S) = R(S,ATC) / R(S,PTC)$$

Così possiamo studiare solo il rischio di trattamento chirurgico in diverse TI – per ogni paziente

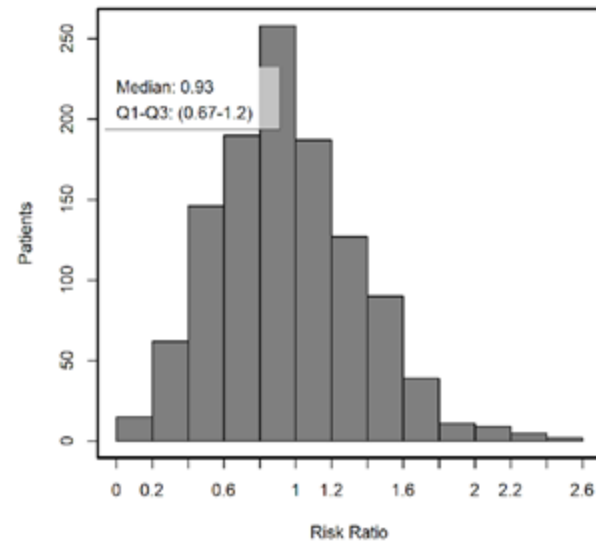
Risk of surgical treatment in PTC



Risk of surgical treatment in ATC



RR of surgical treatment - PTC vs ATC



Per un evento NON modellizzato, confrontiamo medie e frequenze relative correggendo per i confondenti con Inverse Probability Weighting

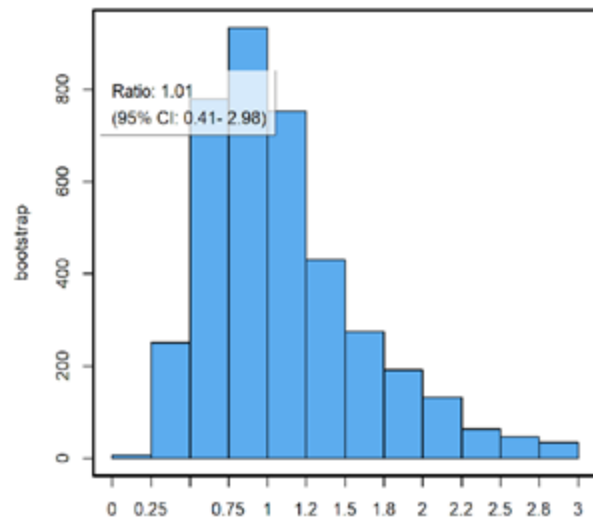
Average Treatment Effect – standardizzando sull'intera popolazione [“se tutti i pazienti di interesse fossero stati assegnati al braccio t, quale sarebbe stata la media di Y?”]

$$p(Y | T=t) \Rightarrow E^{w(T=t)}[Y|T=t]$$

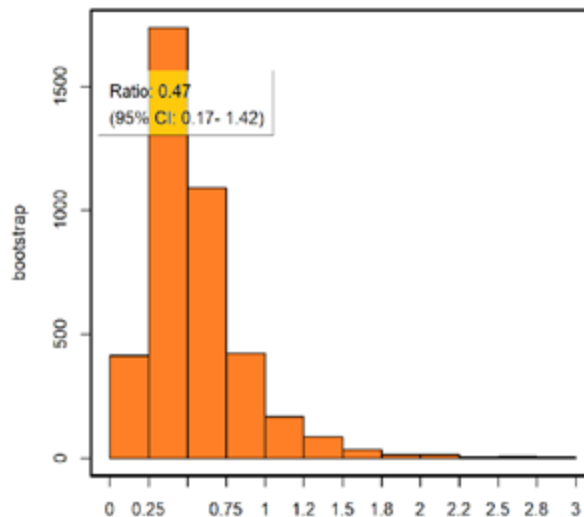
Intervalli di confidenza con bootstrap



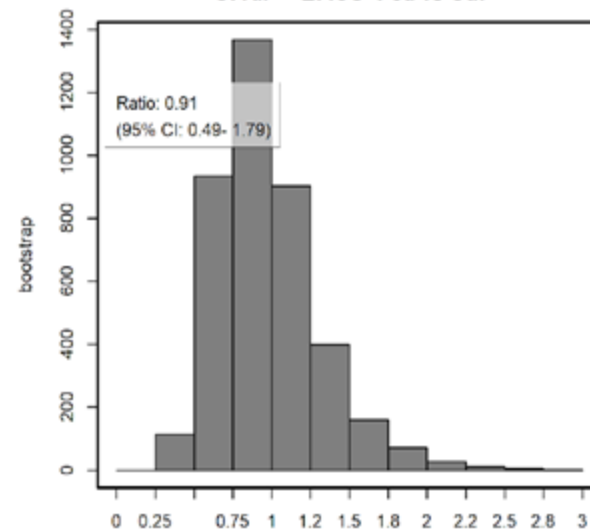
Effect of surgical treatment on mortality  
G: ICU=Ped — E: ICU=Ped, T=yes vs no



Effect of surgical treatment on mortality  
G: ICU=Oth — E: ICU=Oth, T=yes vs no

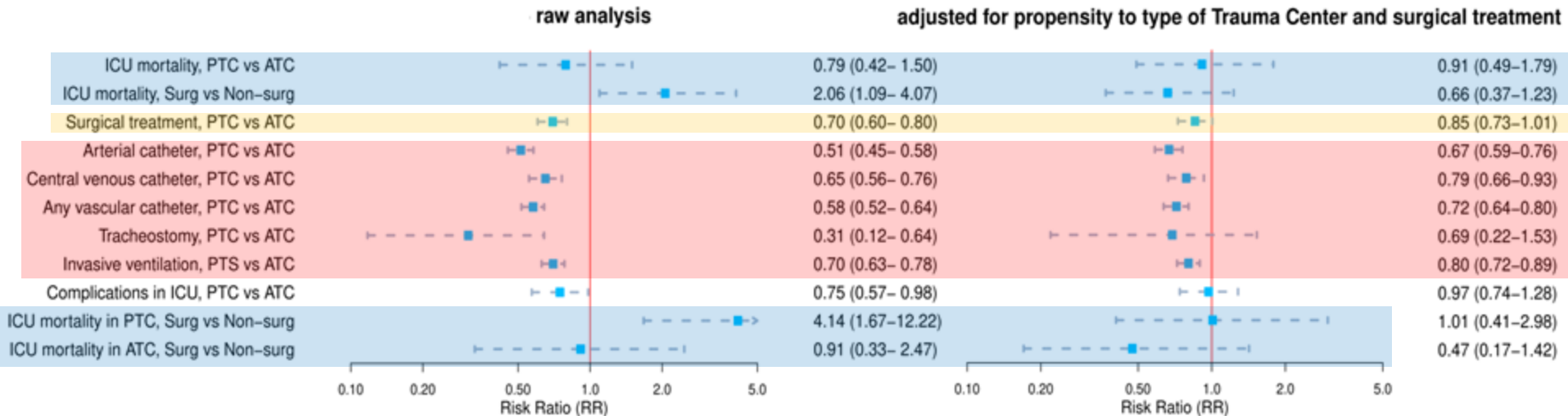


Effect of ICU type on mortality  
G: All — E: ICU=Ped vs Oth



## OUTCOME STUDIATI

Mortalità in TIPED // Propensione ad eseguire procedure chirurgiche // Utilizzo di presidi invasivi



**IN LOMBARDIA IL TASSO DI CENTRALIZZAZIONE DEI PAZIENTI PEDIATRICI VITTIME DI TRAUMA GRAVE IN UN PTC E' AUMENTATO DA 55% A >80% IN 10 ANNI.**

Dopo aggiustamento per case mix...

PTC ED ATC MOSTRANO PERFORMANCE SIMILI PER L'OUTCOME «MORTALITA' IN TI»

PTC ED ATC NON MOSTRANO DIFFERENZE NELLA PROPENSIONE AL TRATTAMENTO CHIRURGICO

Splenectomia e Tracheotomia precoce fanno eccezione e vengono eseguite esclusivamente negli ATC

PTC-ICU UTILIZZANO MENO PRESIDI INVASIVI (cvc – arteria) SENZA RICADUTE SULL'OUTCOME

A vertical decorative element on the left side of the slide, consisting of a chain of circles. Most circles are blue, but one is green and one is red.

***Grazie per l'attenzione!***

The logo for Ospedale Papa Giovanni XXIII, featuring the Roman numeral XXIII in a stylized, teal-colored font.

Ospedale  
Papa Giovanni XXIII

Sistema Socio Sanitario



Regione  
Lombardia

ASST Papa Giovanni XXIII

