

Dal percorso del paziente alla programmazione chirurgica

Percorsi, tecnologie e processi



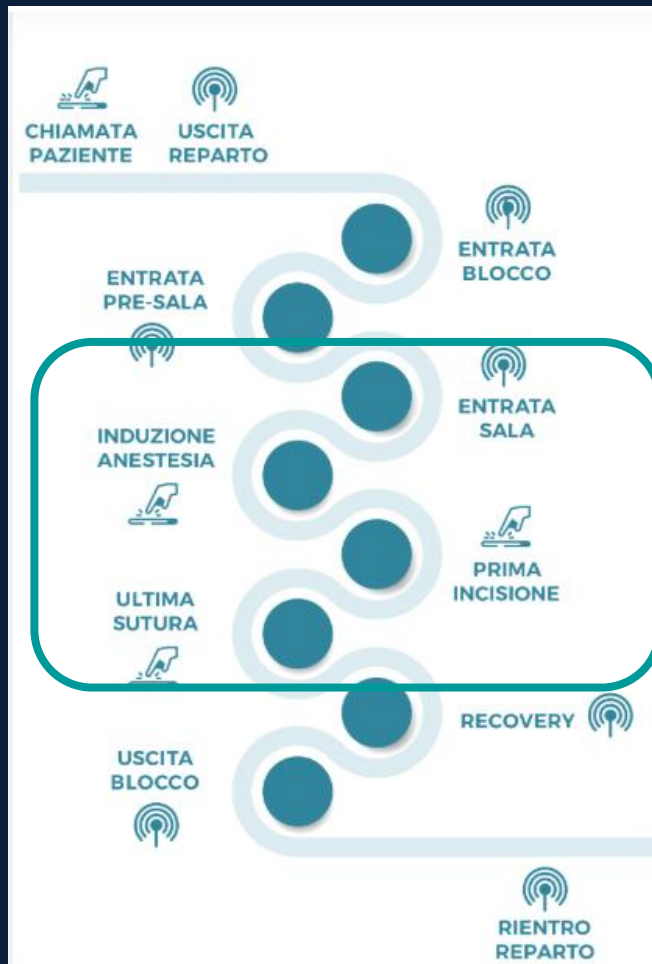
Ing. Alessia Tonnetti

Dirigente UOC Ingegneria clinica, tecnologie e sistemi informatici

IFO – Istituto Regina Elena e San Galligano di Roma

Blocco operatorio

Percorso paziente



Blocco operatorio



Il blocco operatorio non è un
altri. È il motore economico

Ogni decisione presa qui ha
ricavi, costi, personale e list

La governance del blocco operatorio

50-75%

dei ricavi ospedalieri

Il blocco operatorio non è un reparto tra gli altri. È il motore economico dell'ospedale.

Ogni decisione presa qui ha un impatto su ricavi, costi, personale e liste di attesa.

Percorsi simultanei

1 obiettivo

Personale, pazienti, tecnologie, reparti: processi paralleli che devono sincronizzarsi al minuto.

Un ritardo al primo intervento non si recupera mai.

3 vincoli simultanei

**impossibili da ottimizzare
insieme**

Efficienza — massimo utilizzo sala

Equità — rispetto PNGLA

Flessibilità — gestione urgenze

Cinque figure professionali, un obiettivo

1

Chirurgo

Decisioni operative intraoperatorie. Responsabile dell'outcome chirurgico e della tecnica.

2

Anestesista

Gestisce lo stato del paziente: farmaci, ventilazione, monitoraggio continuo dei parametri vitali.

3

Strumentista

Campo sterile, passaggio strumenti, conteggio garze e aghi prima e dopo l'intervento.

4

Infermiere di sala

Documentazione intraoperatoria, logistica, comunicazione con l'esterno della sala.

5

Coordinatore di blocco

Avanzamento lista, risorse, comunicazione con reparti di degenza e terapia intensiva.

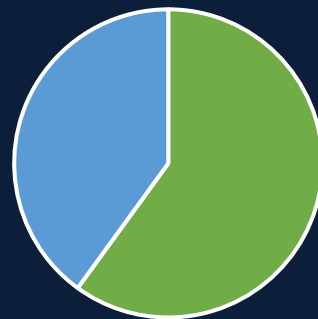
Ogni tecnologia introdotta in sala deve integrarsi con questa struttura umana - non ignorarla.

COSTI FISSI (60-80%):

- Personale strutturato (chirurghi, anestesisti, infermieri)
- Ammortamento attrezzature e tecnologie
- Costi di struttura (energia, sterilizzazione, manutenzione, spazi)

COSTI VARIABILI (40-20%):

- Materiali chirurgici e dispositivi
- Farmaci e presidi utilizzati durante l'intervento
- Consumi legati alla singola procedura



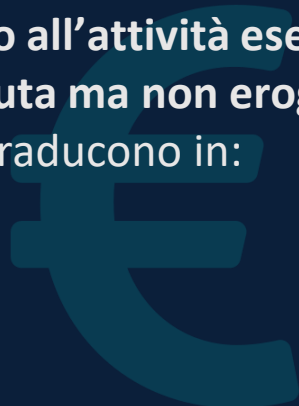
■ Costi fissi ■ Costi variabili

DRG Rimozione Ernia inguinale (senza CC) ~ 1.388 €

DRG Prostatectomia (senza CC) ~ 2.776 €

Implicazione organizzativa

- Il costo della sala operatoria è **legato alla capacità disponibile, non solo all'attività eseguita**
- Ogni minuto non utilizzato rappresenta **capacità produttiva già sostenuta ma non erogata**
- Inefficienze di programmazione (ritardi, cancellazioni, sottoutilizzo) si traducono in:
 - riduzione della produzione chirurgica
 - aumento delle liste d'attesa
 - perdita di accessibilità alle cure



Mancato guadagno (costo opportunità)

Ritardo nelle liste d'attesa (impatto sul paziente)

L'efficienza del blocco operatorio non riduce il costo unitario del sistema, ma aumenta la capacità di produzione chirurgica a risorse già allocate.

I KPI del blocco operatorio

Utilizzo sala

Utilization rate

% tempo programmato usato

$$\frac{T. \text{ effettivo}}{T. \text{ programmato}} \times 100$$

Touch time

% tempo chirurgo sul campo

$$\frac{\Sigma(\text{Fine intervento} - \text{Inizio induzione})}{T. \text{ programmato}} \times 100$$

Overtime rate

% sedute oltre orario previsto

$$\frac{\text{Sedute oltre orario}}{\text{Totale sedute}} \times 100$$

Primo intervento in orario

% sedute che iniziano entro 15 min

$$\frac{\text{Sedute con start} \leq 15 \text{ min}}{\text{Totale sedute}} \times 100$$

Programmazione

Accuratezza stima

Scarto medio durata prevista/reale

$$1 - \frac{|\text{Durata reale} - \text{Durata prevista}|}{\text{Durata prevista}} \times 100$$

Cancellazioni last-minute

% per causa (pz / org / clinica)

$$\frac{\text{Cancellazioni} < 24h}{\text{Interventi programmati}} \times 100$$

→ distinte per causa: pz / org / clinica

Turnover time

Tempo medio cambio sala

$$\frac{\Sigma(\text{Inizio caso N+1} - \text{Fine caso N})}{N. \text{ cambi sala}}$$

Paziente

Rispetto classi PNGLA

% operati entro i tempi A/B/C/D

$$\frac{\text{Pazienti operati entro soglia}}{\text{Totale per classe}} \times 100$$

→ per classe A (30gg) / B (60gg) / C (180gg) / D (365gg)

Lista d'attesa per specialita'

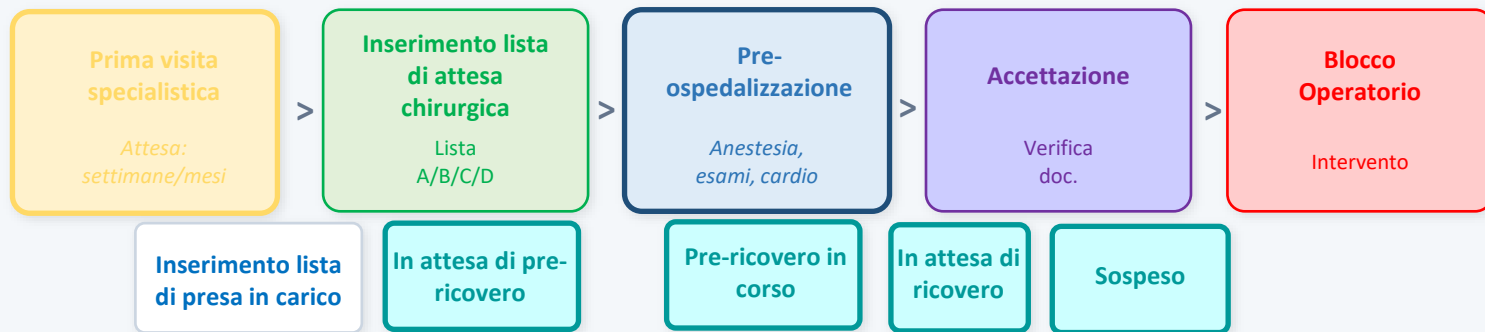
N. pazienti e distribuzione per classe

I vincoli normativi: PNGLA 2025-2027

A	Urgente Entro 30 giorni	Rischio rapido aggravamento o grave pregiudizio prognostico alla salute	>= 90%
B	Breve Entro 60 giorni	Intenso dolore o grave disfunzione, senza tendenza rapida al peggioramento	Monitorata
C	Differibile Entro 180 giorni	Minimo dolore o disfunzione, senza tendenza all'aggravamento clinico	Monitorata
D	Programmato Entro 12 mesi	Interventi non urgenti, programmabili senza limite massimo nazionale	Nessun limite naz.

Questi non sono obiettivi: sono vincoli hard. Lo scheduling che non li rispetta non e' subottimale e non conforme.

La lista d'attesa inizia molto prima della sala



Colli di bottiglia

Preospedalizzazione non coordinata con programmazione chirurgica: esami scaduti (validita' 30 gg)

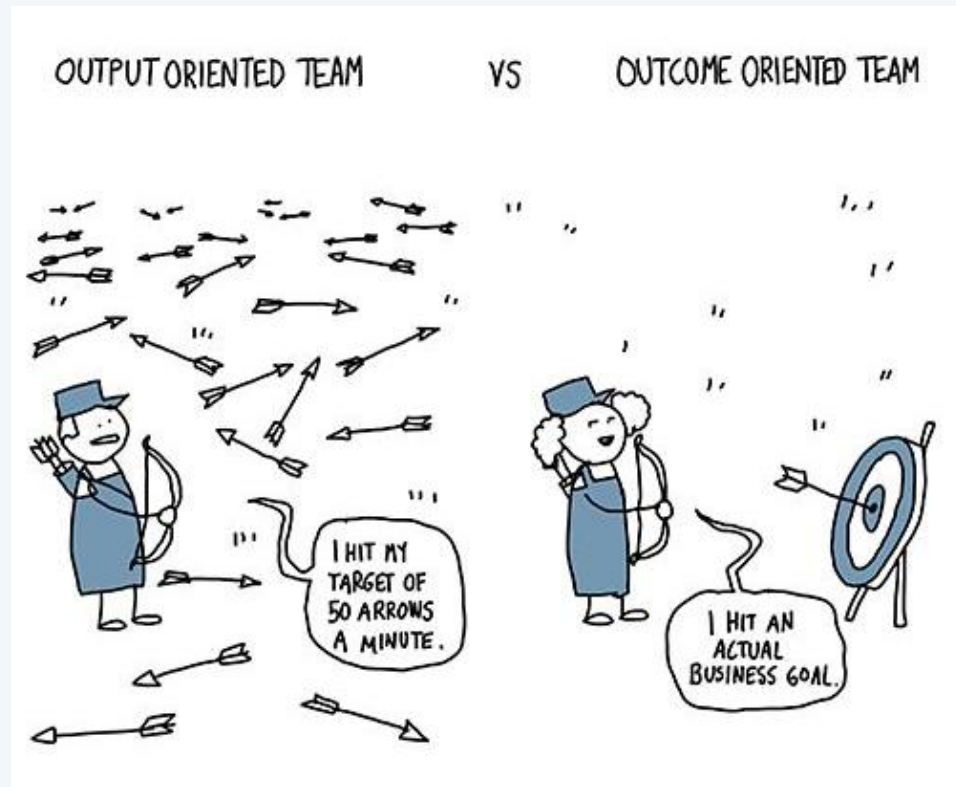
Pazienti che richiedono approfondimenti in fase di pre ospedalizzazione

Scarso utilizzo della lista di presa in carico

Il punto:

Ottimizzare la sala senza modellare questo percorso e' come ottimizzare l'ultimo miglio di una supply chain senza guardare il magazzino. La maggior parte dei sistemi di scheduling parte dall'inserimento in lista - ignorando tutto cio' che viene prima.

Da quantità a valore: la differenza tra output e Outcome



**SANITÀ BASATA SUL VALORE DELLE CURE,
CIOE' SUL RAPPORTO TRA IL BENESSERE
REALE DELLE PERSONE E I COSTI
SOSTENUTI SUL CICLO DI CURA.**

Analisi del Percorso Chirurgico: Dati e Confronto Multidisciplinare



Obiettivo:

- Identificare punti di forza e inefficienze nel percorso chirurgico
- Valutare le performance delle sale operatorie e dei reparti
- Ottimizzare la gestione del paziente chirurgico



Metodologia:

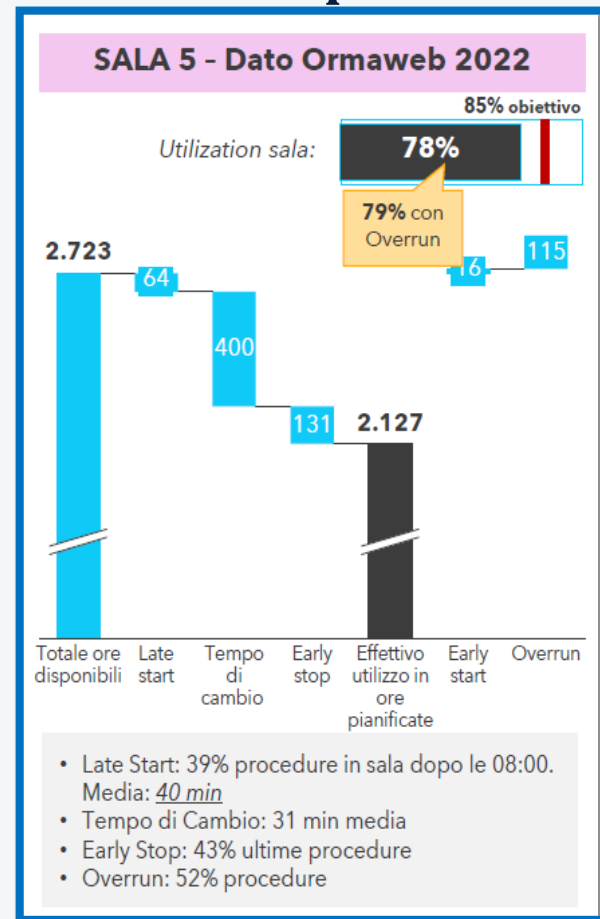
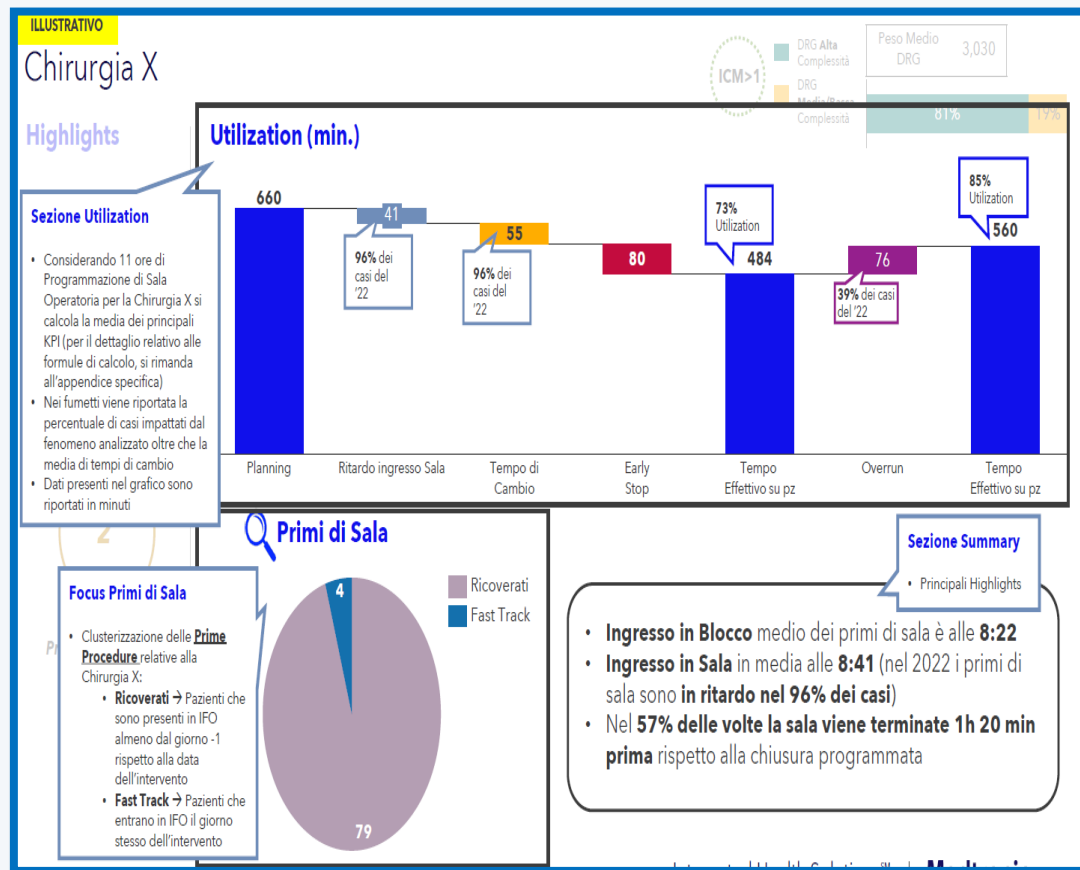
- Analisi dati quantitativi e qualitativi
- Indicatori analizzati: Tasso di utilizzo sala operatoria, Tempi di turnover, etc.
- Durata effettiva vs programmata
- Tempi di trasferimento paziente



Condivisione dei risultati:

- Presentazione del report ai Primari e Coordinatori
- Analisi condivisa delle criticità
- Raccolta di buone pratiche e proposte migliorative

Analisi del Percorso Chirurgico: Dati e Confronto Multidisciplinare



Il fondamento: estrarre, pulire, usare



Dati utilizzati:

- Tempi medi per codice ICD-9 specifico del paziente in lista
- Tempi medi di cambio sala (turnover tra un intervento e l'altro)
- Tasso storico di overtime e numero pazienti in lista inclusi quelli in overtime
- Caratteristiche tecnologiche delle sale operatorie

Nella maggior parte degli ospedali italiani questo sistema non esiste ancora. Si fa a memoria o per regola empirica

INPUT

- Lista di attesa
- Numero di Sale Operatorie
- Tecnologie disponibili

VINCOLI

- Orario di attività del Blocco Operatorio
- Risorse

LOGICA

- Criterio con cui viene eseguita la programmazione degli interventi nelle S.O.

INPUT

LISTA DI ATTESA



CAMPI GIA' PRESENTI IN LISTA

- Data di inserimento in lista
- Unità Operativa
- ID paziente
- Regime di ricovero
- Classe di priorità
- Codice diagnosi
- Codice intervento
- Stato paziente

CAMPI NECESSARI PER LA PROGRAMMAZIONE

ORDINAMENTO DELLA LISTA

INPUT

LISTA DI ATTESA



CAMPI GIA' PRESENTI IN LISTA

CAMPI NECESSARI PER LA
PROGRAMMAZIONE

- Tempo medio di permanenza in sala (inizio intervento-fine intervento)
- Tempo medio di cambio sala
- Variabilità
- Flag Tipologia di procedura (Robot/ Tradizionale)
- Flag (Tac/Neuronavigatore)
- Flag Deviazione Standard

ORDINAMENTO DELLA LISTA

Piu' granularita', non piu' complessita'

Stessa procedura, diagnosi diversa, durata diversa

ICD-9 574.20

Colelitiasi semplice non complicata

~ 45 min

ICD-9 575.0

Colecistite acuta con empiema

~ 90 min

Il codice ICD-9 e' gia' nel sistema. Non servono nuovi dati: serve usare quelli esistenti con piu' granularita'.

Evoluzioni in sequenza

1

Granularita'
ICD-9

Costo zero di infrastruttura,
massimo impatto sulla qualita'
della stima

2

Feedback
loop visibile

Stima vs reale dopo ogni seduta.
Massimo impatto sulla fiducia
clinica.

3

Distribuzione
invece della media

80% di probabilita' di finire entro
le 15:30. Chi programma sceglie il
rischio.

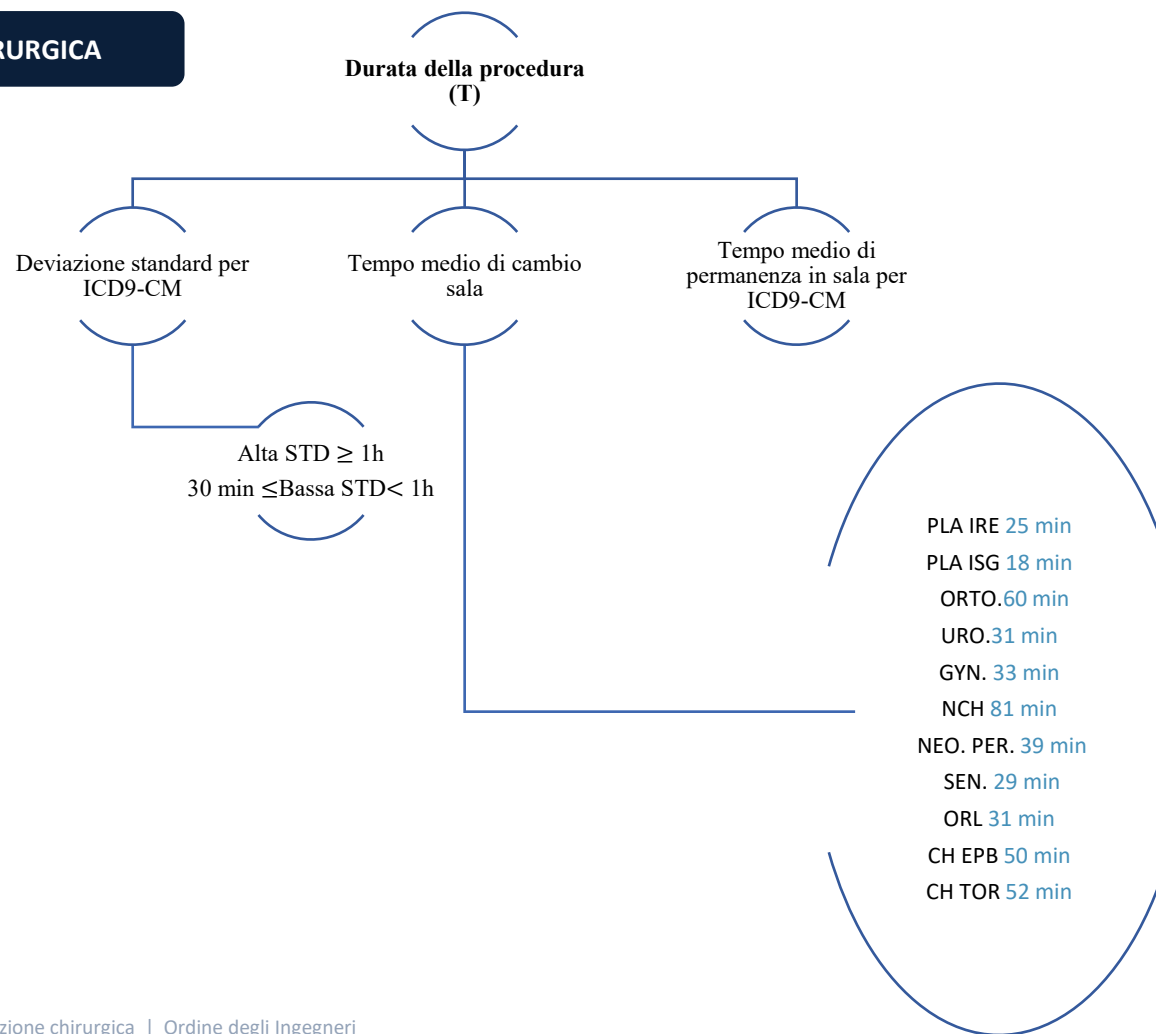
4

Lista
dinamica

Paziente di riserva quando il
margine e' probabile. Piu'
profondo org.

INPUT

LISTA DI ATTESA



INPUT

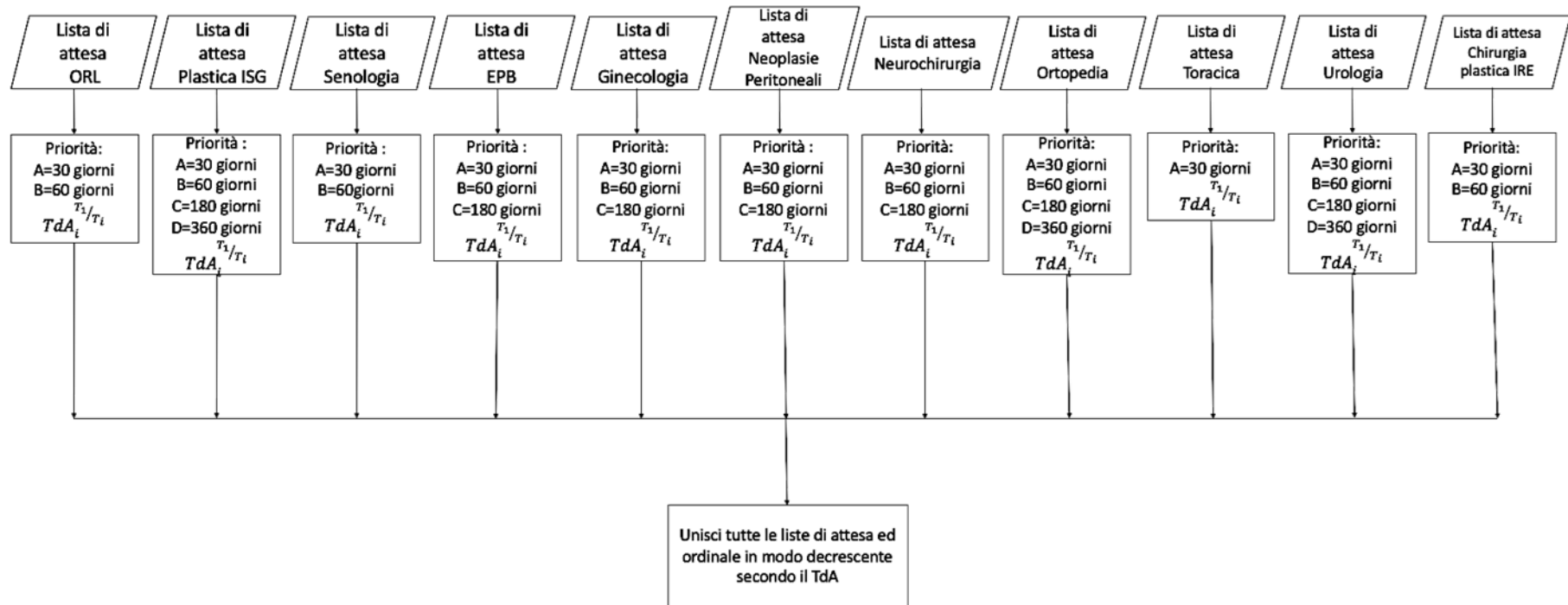
CAMPI GIA' PRESENTI IN LISTA

CAMPI NECESSARI PER LA PROGRAMMAZIONE

LISTA DI ATTESA



INPUT – Organizzazione delle lista



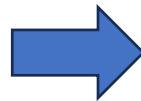
INPUT – Caratteristiche per assegnazione delle sale

Nome Sala	U.O. Eleggibili	Approccio Intervento	Elevata STD	Presenza TAC
ROB-3	Urologia, Chirurgia Toracica, ORL, Ginecologia, Chirurgia Epatobiliare	Robot	NO	NO
ROB-5	Urologia, Chirurgia Toracica, ORL, Ginecologia, Chirurgia Epatobiliare	Robot	NO	NO
ROB-6	Urologia, Chirurgia Toracica, ORL, Ginecologia, Chirurgia Epatobiliare	Robot	SI-NO	NO
1	Chirurgia Plastica ISG, Chirurgia Plastica IRE, Urologia, Chirurgia Toracica, ORL, Ginecologia, Chirurgia Epatobiliare, Neoplasie Peritoneali, Senologia	Tradizionale/ Laparoscopica	NO	NO
2	Chirurgia Plastica ISG, Chirurgia Plastica IRE, Urologia, Chirurgia Toracica, ORL, Ginecologia, Chirurgia Epatobiliare, Neoplasie Peritoneali, Senologia	Tradizionale/ Laparoscopica	NO	NO
7	Ortopedia, Neurochirurgia, Chirurgia Plastica ISG, Chirurgia Plastica IRE, Urologia, Chirurgia Toracica, ORL, Ginecologia, Chirurgia Epatobiliare, Neoplasie Peritoneali, Senologia	Tradizionale/ Laparoscopica	SI-NO	SI-NO
8	Ortopedia, Neurochirurgia, Chirurgia Plastica ISG, Chirurgia Plastica IRE, Urologia, Chirurgia Toracica, ORL, Ginecologia, Chirurgia Epatobiliare, Neoplasie Peritoneali, Senologia	Tradizionale/ Laparoscopica	SI-NO	NO

VINCOLI – RISORSE

Numero di specialità chirurgiche diverse che possono alternarsi in una sala nella stessa giornata.

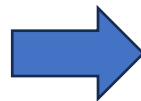
- $\sum U.O. \text{ diverse in sala} \leq 2$



Ottimizzazione dei tempi di cambio sala

Numero di Unità Operative diverse che possono lavorare nel Blocco Operatorio nella stessa giornata

- $\sum \text{Sale per } U.O. \leq 2$



Risorse disponibili

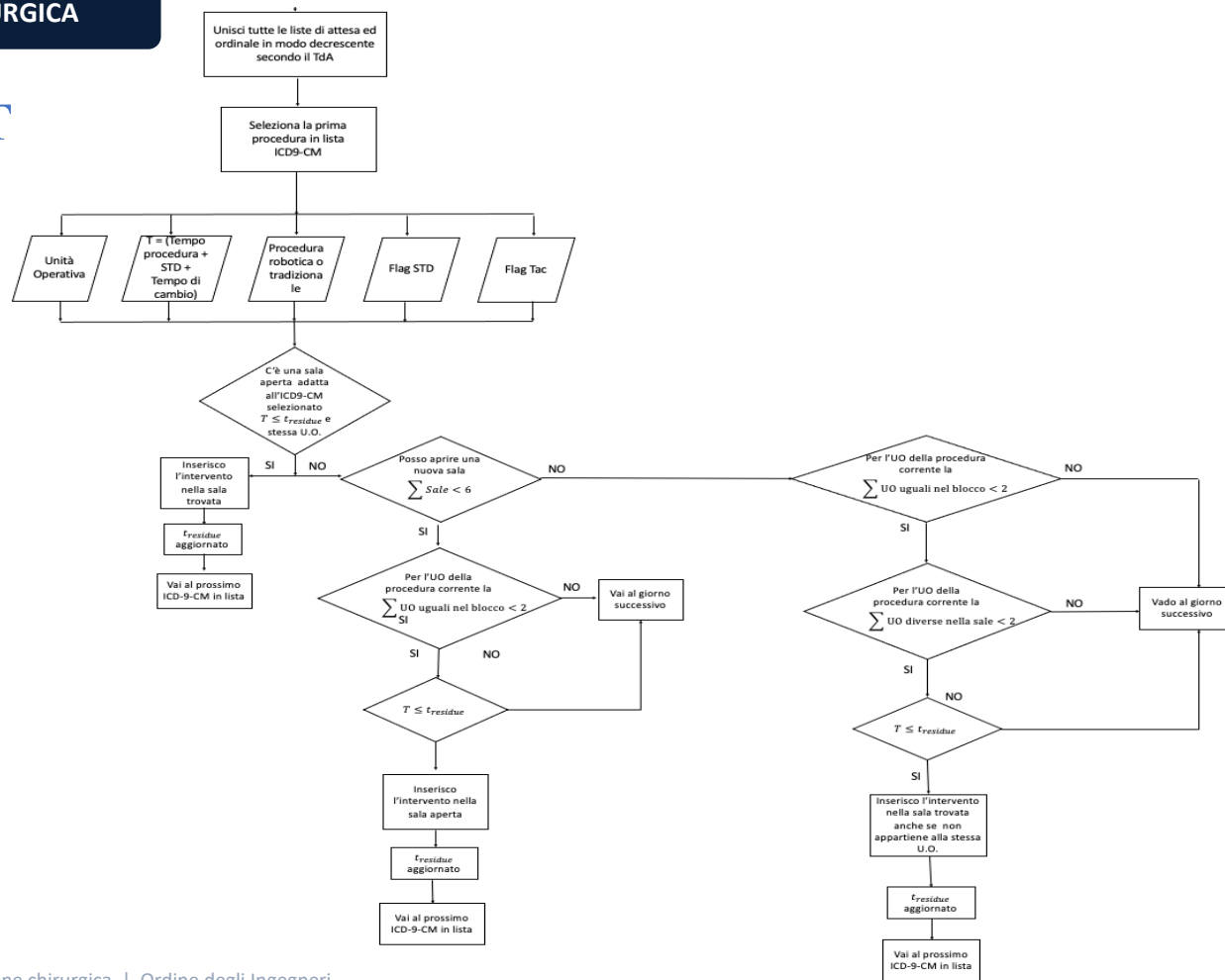
PROGRAMMAZIONE CHIRURGICA

Input



ID_paziente	U.O.	ICD9 - CM	Tipo intervento	Elevata STD	Presenza TAC	Durata intervento
WL2023000842	Chirurgia Plastica ISG	I-864	Tradizionale	NO	NO	58,95
WL2023001216	Chirurgia Plastica ISG	I-8339	Tradizionale	NO	NO	89,13
WL2023001567	Chirurgia Plastica ISG	I-403	Tradizionale	NO	NO	120,57
WL2023001609	Chirurgia Plastica ISG	I-8674	Tradizionale	NO	NO	90,27
WL2023001613	Chirurgia Plastica ISG	I-8660	Tradizionale	NO	NO	86,83
WL2023001649	Chirurgia Plastica ISG	I-4023	Tradizionale	NO	NO	142,17
WL2023001685	Chirurgia Plastica ISG	I-8674	Tradizionale	NO	NO	90,27
WL2023001716	Ortopedia	I-7732	Tradizionale	NO	NO	140
WL2023001800	Ortopedia	I-7722	Tradizionale	SI	NO	284,57
WL2023001840	Chirurgia Plastica ISG	I-864	Tradizionale	NO	NO	58,95
WL2023002327	Chirurgia Plastica ISG	I-8674	Tradizionale	NO	NO	90,27
WL2023002356	Ortopedia	I-7785	Tradizionale	SI	NO	284,57
WL2023002370	Chirurgia Plastica IRE	I-8554	Tradizionale	NO	NO	147,78
WL2023002420	Chirurgia Plastica ISG	I-8674	Tradizionale	NO	NO	90,27
WL2023002432	Chirurgia Plastica ISG	I-8660	Tradizionale	NO	NO	86,83
WL2023002466	Chirurgia Plastica ISG	I-8674	Tradizionale	NO	NO	90,27
WL2023002506	Chirurgia Plastica ISG	I-8339	Tradizionale	NO	NO	89,13
WL2023002592	Chirurgia Plastica ISG	I-8674	Tradizionale	NO	NO	90,27
WL2023002656	Chirurgia Plastica ISG	I-864	Tradizionale	NO	NO	58,95

FLOW CHART



PROGRAMMAZIONE CHIRURGICA

OUTPUT

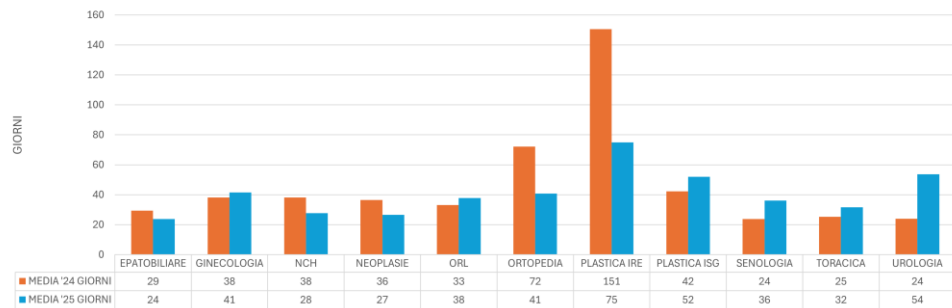
Giorno	Sala	U.O.	Priorità	ID_paziente	ICD9-CM	Ingresso in sala	Uscita dalla sala	Durata
0	ALFA-1	Chirurgia Plastica ISG	0	WL2023000842	I-864	08:00:00	08:58:57	00:58:57
		Chirurgia Plastica ISG	1	WL2023001216	I-8339	08:58:57	10:28:04	01:29:07
		Chirurgia Plastica ISG	2	WL2023001567	I-403	10:28:04	12:28:39	02:00:34
		Chirurgia Plastica ISG	3	WL2023001609	I-8674	12:28:39	13:58:55	01:30:16
		Chirurgia Plastica ISG	4	WL2023001613	I-8660	13:58:55	15:25:45	01:26:49
		Chirurgia Plastica ISG	5	WL2023001649	I-4023	15:25:45	17:47:55	02:22:10
	ALFA-2	Chirurgia Plastica ISG	6	WL2023001685	I-8674	17:47:55	19:18:11	01:30:16
		Chirurgia Plastica ISG	9	WL2023001840	I-864	08:00:00	08:58:57	00:58:57
		Chirurgia Plastica ISG	10	WL2023002327	I-8674	08:58:57	10:29:13	01:30:16
		Chirurgia Plastica ISG	13	WL2023002420	I-8674	10:29:13	11:59:29	01:30:16
		Chirurgia Plastica ISG	14	WL2023002432	I-8660	11:59:29	13:26:19	01:26:49
		Chirurgia Plastica ISG	15	WL2023002466	I-8674	13:26:19	14:56:35	01:30:16
		Chirurgia Plastica ISG	16	WL2023002506	I-8339	14:56:35	16:25:43	01:29:07
		Chirurgia Plastica ISG	17	WL2023002592	I-8674	16:25:43	17:55:59	01:30:16
		Chirurgia Plastica ISG	18	WL2023002656	I-864	17:55:59	18:54:56	00:58:57
		Chirurgia Plastica IRE	12	WL2023002370	I-8554	15:04:34	17:32:21	02:27:46
	ALFA-7	Chirurgia Plastica IRE	24	WL2023002888	I-8672	17:32:21	19:25:06	01:52:45
		Ortopedia	7	WL2023001716	I-7732	08:00:00	10:20:00	02:20:00
		Ortopedia	8	WL2023001800	I-7722	10:20:00	15:04:34	04:44:34
	ALFA-8	Chirurgia Plastica IRE	36	WL2023003246	I-864	17:22:08	19:20:01	01:57:52
		Ortopedia	11	WL2023002356	I-7785	08:00:00	12:44:34	04:44:34
		Ortopedia	28	WL2023003046	I-8349	12:44:34	17:22:08	04:37:34
	ALFA-ROB-3	Urologia	94	WL2023001173	I-5749	08:00:00	09:17:19	01:17:19
		Urologia	101	WL2023001982	I-605	09:17:19	13:12:22	03:55:03
		Urologia	104	WL2023002083	I-554	13:12:22	15:39:46	02:27:24
		Urologia	109	WL2023002288	I-554	15:39:46	18:07:10	02:27:24
		Urologia	110	WL2023002290	I-5749	18:07:10	19:24:29	01:17:19
	ALFA-ROB-5	Ginecologia	98	WL2023001806	I-6861	08:00:00	11:21:01	03:21:01
		Ginecologia	99	WL2023001849	I-6563	11:21:01	13:51:00	02:29:58
		Urologia	107	WL2023002134	I-605	13:51:00	17:46:03	03:55:03
		Urologia	108	WL2023002245	I-5749	17:46:03	19:03:22	01:17:19

AUMENTO NUMERO DI INTERVENTI

MIGLIORE UTILIZZO DELLE TECNOLOGIE DI SALA

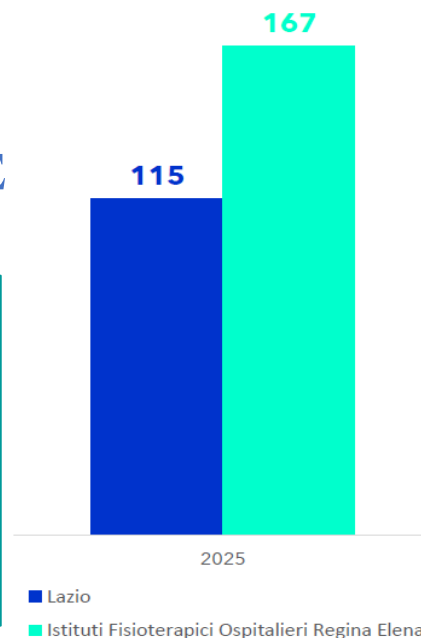
MIGLIORE GESTIONE DELLE LISTE DI ATTESA

TEMPI MEDI DI ATTESA CLASSE A



INTERVENTI ROBOTICI

Casistica Annuale



INTERVENTI ORDINARI



I tre livelli di AI in sala operatoria

AI embedded nei dispositivi

1

Agisce in tempo reale durante la procedura. Latenza di millisecondi. Regolata come dispositivo medico - aggiornamento lento e vincolato da iter normativo.

Es: Da Vinci 5 Force Feedback/Mako

AI per decision support perioperatoria

2

Supporta le decisioni senza agire autonomamente. Il medico rimane il decisore. Analisi video intraoperatorio, allerta precoce su parametri vitali anomali.

Es: Rilevamento automatico fasi chirurgiche | Stima aggiornata del tempo rimanente

AI per i processi organizzativi

3

Scheduling, predizione durata, ottimizzazione lista, gestione lista d'attesa per classe di priorit . Il livello piu' rilevante per la programmazione chirurgica.

Es: Il nostro sistema di programmazione e' il punto di partenza di questo livello

Digital Twin del blocco operatorio

Non e' una dashboard. Non e' una simulazione statica.

Si aggiorna con i dati reali

Il modello riceve continuamente i dati dal registro operatorio e calibra le sue stime in modo automatico

Risponde a domande controfattuali

Cosa succede se aggiungo una sessione robotica il venerdi'? Se un chirurgo si ammala domani?

Produce distribuzioni, non numeri secchi

Non '4 ore' ma '80% di probabilita' di finire entro le 15:30 e 95% entro le 17:00'

Testa le decisioni prima di implementarle

Riduce il rischio organizzativo dell'innovazione: si sperimenta sul modello, non sul sistema reale

AI e Digital Twin si alimentano a vicenda. Ma tutto inizia dalla qualita' del dato nel registro operatorio.



Digital Twin nella programmazione chirurgica



- prevedere durata sala operatoria
- allocare equipe
- stimare degenza post-operatoria
- ottimizzare liste chirurgiche

Obiettivo: simulare il percorso chirurgico prima dell'intervento reale.

Permette di prevedere:

- 🕒 durata dell'intervento
- 🛏️ giorni di degenza
- ⚠️ rischio di complicanze
- 🩺 complessità del caso chirurgico

Digital Twin nella programmazione chirurgica

- durata interventi
- urgenza clinica
- disponibilità sala
- turnover letto post-op



Digital Twin in chirurgia

È un modello digitale che combina:

- TC / RM del paziente (anatomia)
- dati funzionali (es. flusso sanguigno, funzione organo)
- modelli biomeccanici
- dati clinici (età, comorbidità, esami)

👉 Risultato: un “paziente virtuale” che si comporta in modo realistico.

Pianificazione dell'intervento

Il chirurgo può:

- Simulare diversi approcci chirurgici
- scegliere la via di accesso migliore
- valutare difficoltà anatomiche (es. vasi, nervi, aderenze)

Simulazione dell'atto chirurgico

Si possono “provare”:

- tagli
 - resezioni
 - sutura
 - posizionamento di protesi
- 👉 come un “flight simulator” per chirurghi.

Previsione dei rischi

- Il digital twin può stimare:
- rischio di sanguinamento
- rischio di complicanze
- probabilità di conversione (laparoscopia → open)
- durata dell'intervento

In chirurgia robotica

Con robot (es. sistemi tipo Da Vinci o futuri AI-driven):

- il digital twin può guidare movimenti
- suggerire traiettorie più sicure
- integrare navigazione in tempo reale

Chirurgia robotica e AI

L'AI trasforma il robot da una macchina che **esegue comandi** a un sistema che **capisce e si adatta**.

Come funziona :

- 👁️ **Osserva** → riconosce ciò che succede nell'ambiente
- 🧠 **Capisce** → interpreta le informazioni
- 🎯 **Decide** → sceglie l'azione migliore
- 🦾 **Agisce** → esegue e si corregge in tempo reale



Chirurgia robotica e AI

Il chirurgo guida il robot

L'AI aiuta a:

- stabilizzare i movimenti
- riconoscere strutture delicate
- ridurre errori



Il robot **supporta il chirurgo**, non lo sostituisce

L'AI rende i robot più intelligenti perché li aiuta a reagire al contesto, non solo a eseguire istruzioni.

Da Vinci 5

Il robot che sente. E che misura.

Force Feedback

Sensori negli strumenti misurano forze direzionali a 1.000 campioni al secondo. Per la prima volta il chirurgo robotico sente il tatto - qualcosa che la chirurgia robotica non aveva mai avuto.

Il robot come piattaforma dati

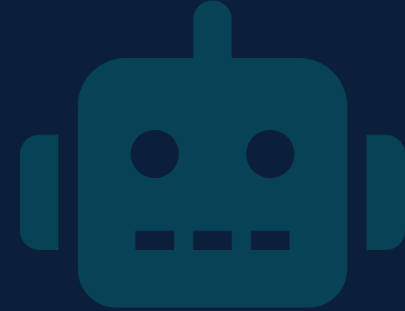
Ogni intervento produce un log strutturato: movimenti degli strumenti, forze applicate, attivazioni dell'elettrobisturi, timing preciso di ogni fase chirurgica. Il gesto chirurgico diventa un dato misurabile.



I ricercatori della Johns Hopkins University hanno addestrato con successo un robot guidato da un'intelligenza artificiale a rimuovere la cistifellea da un maiale morto con un'autonomia pressoché totale.

Mako

Il GPS robotico



PIANIFICAZIONE

Prima dell'intervento si crea un modello 3D dell'articolazione del paziente



SIMULAZIONE

Il chirurgo decide:
posizione della protesi
quantità di osso da rimuovere
allineamento ideale



INTERVENTO GUIDATO

Durante l'operazione:
il braccio robotico
"limita" i movimenti
impedisce tagli fuori
dal piano previsto
guida la precisione
millimetrica

Quanto costano davvero queste tecnologie

Tecnologia	Acquisizione	Manutenzione annua	Costo per procedura
Da Vinci 5	2 - 2,5 M euro	150-200 K euro/anno	1.500-3.000 euro
MAKO	0,9 - 1,7 M euro	90-200 K euro/anno	460-1.800 euro

Break-even Da Vinci 5

~ 200-250 procedure/anno

Sotto soglia, il costo per procedura supera il beneficio clinico. Questo numero deve entrare nella programmazione annuale come vincolo.

Break-even Mako

~ 250-350 procedure/anno

Sotto soglia, il costo per procedura supera il beneficio clinico. Questo numero deve entrare nella programmazione annuale come vincolo.

Il costo dell'intervento deve essere integrato in un più ampio concetto di VALORE per il paziente

Dal percorso del paziente alla programmazione chirurgica

Percorsi, tecnologie e processi

GRAZIE A TUTTI PER L'ATTENZIONE