



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE  
FACOLTÀ DI MEDICINA E CHIRURGIA

Corso di Laurea in Infermieristica

***Monitoraggio della glicemia nel paziente  
critico in UTI: revisione narrativa della  
letteratura***

*Relatore:*

**Dott. Fabio Sarzana**

*Candidata:*

**Michela Di Francesco**

*Correlatore:*

**Dott.ssa Francesca Ciarpella**

A.A. 2024/2025

## **ABSTRACT**

**INTRODUZIONE:** Le alterazioni del metabolismo glucidico sono frequenti nei pazienti critici in terapia intensiva e comprendono iperglicemia, ipoglicemia ed elevata variabilità glicemica, associate a peggiori esiti clinici anche in assenza di diabete pregresso. La gestione del controllo glicemico è complessa per l'instabilità clinica, la terapia insulinica e il supporto nutrizionale, rendendo necessario un monitoraggio accurato, nel quale il ruolo infermieristico e le tecnologie emergenti sono centrali per la sicurezza del paziente critico.

**OBIETTIVO:** Valutare le evidenze sul confronto tra monitoraggio capillare/arterioso e CGM nel paziente critico in terapia intensiva e le relative implicazioni clinico-assistenziali infermieristiche.

**MATERIALI E METODI:** È stata condotta una revisione narrativa della letteratura mediante ricerca nelle banche dati Pubmed. La ricerca è stata strutturata secondo metodo PICO. La selezione degli articoli è avvenuta sulla base di criteri di inclusione ed esclusione predefiniti. I dati estratti hanno riguardato accuratezza delle misurazioni, sicurezza clinica, variabilità glicemica e implicazioni assistenziali infermieristiche.

**RISULTATI:** Gli studi inclusi mostrano una ridotta accuratezza del monitoraggio glicemico capillare point-of-care nei pazienti critici, soprattutto in condizioni di instabilità emodinamica. I sistemi di monitoraggio continuo del glucosio hanno invece dimostrato un'accuratezza clinicamente accettabile, con valori di MARD contenuti e misurazioni clinicamente sicure. L'utilizzo del CGM è associato a un maggiore tempo nell'intervallo target, a una riduzione della variabilità glicemica e a un basso rischio di ipoglicemia.

**CONCLUSIONI:** . Le evidenze indicano che il monitoraggio glicemico nel paziente critico deve essere adattato alla stabilità clinica. Il campionamento arterioso resta il riferimento nelle fasi di instabilità, mentre il monitoraggio continuo del glucosio supporta il controllo e la sicurezza glicemica. Il ruolo infermieristico è centrale nella scelta del metodo, nell'interpretazione dei dati e nella prevenzione delle complicanze.

## INDICE

<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITOLO 1: ALTERAZIONI GLICEMICHE NEL PAZIENTE CRITICO .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1    DEFINIZIONE DI IPERGLICEMIA E RILEVANZA CLINICA IN AMBITO</b>	
<b>OSPEDALIERO .....</b>	<b>4</b>
<b>1.2    FISIOPATOLOGIA DELL'IPERGLICEMIA DA STRESS.....</b>	<b>5</b>
<b>1.3    IPOGLICEMIA CAUSE E RISCHI NEL PAZIENTE CRITICO .....</b>	<b>6</b>
<b>1.4    VARIABILITÀ GLICEMICA E CORRELAZIONE DEGLI ESITI CLINICI.....</b>	<b>8</b>
<b>CAPITOLO 2: METODI DI MONITORAGGIO DELLA GLICEMIA .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1    MONITORAGGIO GLICEMICO CAPILLARE POCT.....</b>	<b>10</b>
<b>2.2    MONITORAGGIO ARTERIOSO IN TERAPIA INTENSIVA .....</b>	<b>11</b>
<b>2.3    MONITORAGGIO GLICEMICO CONTINUO CGM .....</b>	<b>12</b>
<b>2.4    FREQUENZA E TEMPISTICHE DEL MONITORAGGIO .....</b>	<b>13</b>
<b>CAPITOLO 3: MATERIALI E METODI.....</b>	<b>14</b>
<b>CAPITOLO 4: RISULTATI.....</b>	<b>16</b>
<b>CAPITOLO 5: DISCUSSIONE E CONCLUSIONE .....</b>	<b>27</b>
<b>5.1    DISCUSSIONE .....</b>	<b>27</b>
<b>5.2    CONCLUSIONE .....</b>	<b>29</b>
<b>BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA .....</b>	<b>31</b>

## **INTRODUZIONE**

L'alterazione del metabolismo glucidico rappresenta una delle complicanze più frequenti e rilevanti nei pazienti ricoverati in terapia intensiva. Iperglicemia, ipoglicemia ed elevata variabilità glicemica emergono come componenti centrali della risposta allo stress acuto e come determinanti indipendenti degli esiti clinici nelle condizioni critiche. La letteratura internazionale riporta un'incidenza di iperglicemia compresa tra il 40% e il 60% nei pazienti critici, con valori che possono raggiungere il 60–80% nei soggetti sottoposti a chirurgia cardiaca. [1]

È importante sottolineare che tali alterazioni non riguardano esclusivamente i pazienti con una pregressa diagnosi di diabete: una quota significativa di soggetti non diabetici sviluppa iperglicemia entro le prime 24 ore dal ricovero, come conseguenza diretta della risposta infiammatoria e neuroendocrina allo stress.

Questi eventi si inseriscono nel quadro clinico del paziente critico, ovvero di un individuo affetto da un'alterazione acuta e potenzialmente instabile delle funzioni vitali, caratterizzata da fragilità fisiologica e da un elevato rischio di rapido peggioramento. In questo contesto, anche minime variazioni dei parametri vitali e metabolici, inclusi quelli glicemici, possono determinare conseguenze cliniche rilevanti, rendendo necessario un'assistenza continua e altamente specializzata.

Nel contesto della terapia intensiva, tali pazienti necessitano di monitoraggio costante talvolta mediante strumenti invasivi o semi-invasivi e di interventi terapeutici avanzati, come supporti ventilatori, modulazione farmacologica del sistema cardiovascolare o strategie mirate alla stabilizzazione metabolica. L'instabilità clinica che li caratterizza richiede un approccio multidisciplinare, nel quale le competenze infermieristiche assumono un ruolo centrale per l'osservazione continua, la prevenzione delle complicanze e l'attuazione tempestiva degli interventi assistenziali. In questo senso, la criticità del paziente non è definita unicamente dalla gravità della patologia sottostante, ma soprattutto dalla necessità di un livello di sorveglianza e trattamento che supera le possibilità dell'assistenza ordinaria.

Nel caso dell'iperglicemia, l'aumento del glucosio plasmatico è determinato dall'incremento degli ormoni controregolatori (cortisolo, catecolamine, glucagone), dall'insulino-resistenza periferica e dall'attivazione della gluconeogenesi epatica. Tale

risposta, fisiologicamente utile a garantire un adeguato apporto energetico nelle situazioni di stress acuto, diventa disfunzionale in presenza di grave instabilità clinica. Numerosi studi dimostrano come l'iperglicemia assoluta e quella relativa—ovvero l'aumento significativo dei valori glicemici rispetto ai livelli basali del paziente—siano associate a un incremento della mortalità, della durata della degenza e della necessità di percorsi riabilitativi post-dimissione.

Accanto all'iperglicemia, anche l'ipoglicemia costituisce una complicanza potenzialmente grave. La terapia insulinica intensiva, pur essendo fondamentale per il controllo glicemico, comporta un rischio non trascurabile di episodi ipoglicemici, anch'essi correlati a un aumento significativo della mortalità nei pazienti critici. Il bilanciamento tra i rischi correlati all'iperglicemia e quelli legati all'ipoglicemia rappresenta pertanto una delle sfide più complesse nella gestione metabolica in terapia intensiva. A ciò si aggiunge la rilevanza della variabilità glicemica, oggi riconosciuta come fattore prognostico indipendente: oscillazioni marcate dei livelli glicemici riflettono un'instabilità metabolica associata a esiti sfavorevoli, aumento delle complicanze infettive e maggiore durata della ventilazione meccanica. [2]

Parallelamente, il progresso delle tecniche di supporto nutrizionale ha modificato il panorama della gestione metabolica del paziente critico. La nutrizione enterale e parenterale, pur rappresentando strumenti essenziali per il sostegno dei pazienti instabili, possono contribuire a un'aumentata variabilità glicemica e richiedono quindi un monitoraggio accurato. Le linee guida internazionali evidenziano come un controllo glicemico rigoroso, associato a un'adeguata strategia nutrizionale, possa ridurre le complicanze e migliorare gli esiti globali.

Nonostante l'evoluzione delle tecnologie e dei protocolli assistenziali, il ruolo del personale infermieristico rimane centrale nella gestione della glicemia in terapia intensiva. L'infermiere, in quanto figura professionale maggiormente presente accanto al paziente critico, svolge un ruolo determinante nel monitoraggio glicemico programmato, nell'applicazione dei protocolli di somministrazione dell'insulina, nel riconoscimento precoce dei segni di ipo- e iperglicemia e nell'attuazione degli interventi correttivi previsti. La capacità di integrare tali attività con la valutazione complessiva dei parametri vitali, della risposta metabolica e dell'efficacia della terapia nutrizionale rappresenta un elemento essenziale per la sicurezza del paziente.

Il controllo e l'interpretazione dei valori glicemici nel paziente critico non si configura quindi come un semplice atto tecnico, ma come una componente complessa dell'assistenza avanzata, influenzata da molteplici fattori clinici, metabolici e terapeutici. Le tecnologie emergenti, come i sistemi di monitoraggio continuo del glucosio, stanno progressivamente trovando applicazione anche in ambito intensivo, offrendo nuove opportunità per migliorare la precisione del monitoraggio e ridurre il rischio di eventi avversi. Tuttavia, l'adozione di tali strumenti richiede un aggiornamento costante delle competenze professionali e una conoscenza approfondita delle loro potenzialità e dei loro limiti.

In questo contesto, risulta fondamentale promuovere una gestione glicemica basata su evidenze scientifiche aggiornate, protocolli condivisi e un'efficace collaborazione interdisciplinare. Comprendere la complessità del controllo glicemico e il suo impatto sulla prognosi del paziente critico rappresenta un passaggio cruciale per sviluppare interventi assistenziali più efficaci e orientati alla sicurezza del paziente. Alla luce dell'elevata rilevanza clinica e assistenziale del tema, l'approfondimento della gestione della glicemia in terapia intensiva costituisce un elemento cardine per migliorare gli esiti clinici e la qualità dell'assistenza nei contesti ad alta complessità.

# **CAPITOLO 1: ALTERAZIONI GLICEMICHE NEL PAZIENTE CRITICO**

## **1.1 Definizione di iperglicemia e rilevanza clinica in ambito ospedaliero**

L'iperglicemia è una condizione caratterizzata da livelli elevati di glucosio nel sangue che superano i valori fisiologici di riferimento e rappresenta una frequente alterazione metabolica nel paziente ospedalizzato, in particolare in presenza di malattia acuta o critica. In ambito clinico, l'iperglicemia viene generalmente identificata da valori di glicemia a digiuno superiori a 125 mg/dL o da valori postprandiali superiori a 180 mg/dL, configurando uno stato di alterata regolazione del metabolismo glucidico che può manifestarsi sia in pazienti con diabete mellito noto sia in soggetti senza una precedente diagnosi diabetica. In questi ultimi casi, l'insorgenza di iperglicemia durante il ricovero è spesso correlata alla risposta fisiologica allo stress acuto e viene definita come iperglicemia da stress, ovvero un aumento della glicemia oltre 11,1 mmol/L in presenza di malattia acuta, in assenza di diabete precedentemente diagnosticato. [3,4]

In ambito ospedaliero, e in particolare nei reparti di area critica, l'iperglicemia rappresenta una complicanza comune della malattia acuta ed è stata inizialmente considerata parte di una risposta adattativa allo stress. Tuttavia, evidenze scientifiche più recenti hanno dimostrato che l'iperglicemia è associata a un aumento della mortalità e della morbilità, configurandosi come un importante indicatore di gravità clinica nel paziente ricoverato.

Nel contesto ospedaliero, ulteriori fattori esogeni tipici della gestione clinica tra cui la nutrizione enterale o parenterale, le infusioni di soluzioni glucosate, l'impiego di vasopressori e la terapia corticosteroidica possono contribuire all'insorgenza o al peggioramento dell'iperglicemia. Questi elementi rendono la gestione dell'iperglicemia particolarmente complessa e richiedono un attento monitoraggio dei valori glicemici durante tutta la degenza. In assenza di un adeguato controllo, l'iperglicemia può determinare diuresi osmotica, disidratazione e compromissione della funzione renale, aggravando ulteriormente il quadro clinico del paziente ospedalizzato.

La rilevanza clinica dell'iperglicemia in ambito ospedaliero è confermata dalla sua associazione con esiti clinici sfavorevoli. Nei pazienti critici, l'iperglicemia da stress è stata associata a tassi di mortalità più elevati rispetto ai pazienti con diabete noto o con normoglicemia, oltre a un aumento del rischio di complicanze quali la polineuropatia del paziente critico e la necessità di ventilazione meccanica prolungata. È stato inoltre osservato che valori massimi più elevati di glicemia e una maggiore instabilità dei livelli glicemici sono correlati a una prognosi peggiore, suggerendo che l'iperglicemia rappresenti un marker della severità della malattia acuta piuttosto che una causa diretta dell'esito negativo. [4]

Nel complesso, l'iperglicemia in ambito ospedaliero deve essere considerata una condizione clinicamente rilevante, frequente nei pazienti ricoverati con e senza diabete, strettamente correlata alla risposta metabolica allo stress e associata a un peggioramento degli esiti clinici. La sua identificazione precoce, il monitoraggio sistematico dei valori glicemici e un approccio assistenziale strutturato rappresentano elementi fondamentali nella gestione del paziente ospedalizzato, in particolare in terapia intensiva, contribuendo al miglioramento della sicurezza delle cure e alla riduzione delle complicanze.

## **1.2 Fisiopatologia dell'iperglicemia da stress**

La risposta fisiopatologica allo stress, in particolare nei pazienti critici, si manifesta frequentemente con iperglicemia da stress (SIH). Questa condizione è definita come un aumento dei livelli di glucosio nel sangue oltre 180 mg/dl in pazienti senza pregresso diabete e si sviluppa principalmente nelle prime 48 ore dal ricovero in terapia intensiva, interessando circa il 50% dei pazienti critici. La SIH rappresenta uno stato complesso caratterizzato da resistenza insulinica e ridotta secrezione di insulina, determinando un incremento della glicemia e complicazioni metaboliche che richiedono un attento controllo terapeutico.

Il meccanismo fisiopatologico coinvolge un'interazione tra ormoni controregolatori e citochine pro-infiammatorie. Ormoni come catecolamine, cortisolo, glucagone e ormone della crescita interferiscono con l'omeostasi del glucosio, mentre citochine aumentano la resistenza insulinica e sopprimono la secrezione insulinica. L'aumento della

gluconeogenesi epatica, mediata da glucagone, catecolamine e citochine, non è più sotto controllo, mentre a livello del muscolo scheletrico l'assorbimento del glucosio risulta compromesso, inoltre, fattori trascrizionali come i FOXO favoriscono l'insulino-resistenza.

L'attivazione dell'asse ipotalamo-ipofisi-surrene (HPA) aumenta la secrezione di cortisolo, essenziale per mantenere l'omeostasi cellulare e degli organi, mentre l'aumento dei livelli di TNF- $\alpha$  è correlato alla gravità della sepsi e contribuisce direttamente alla resistenza insulinica. Questo insieme di alterazioni ormonali e infiammatorie determina un quadro metabolico complesso, che si traduce in iperglicemia significativa, aumento della variabilità glicemica e rischio elevato di complicanze acute e mortalità.

Studi osservazionali hanno evidenziato come la SIH sia associata a esiti peggiori rispetto all'iperglicemia diabetica, con maggior rischio di mortalità ospedaliera e complicanze in pazienti con trauma, malattie neurologiche o infarto miocardico acuto. Il ruolo prognostico della glicemia è rafforzato dall'uso del rapporto di iperglicemia da stress (SHR), indicatore della gravità relativa dell'iperglicemia nei pazienti critici. Inoltre, la SIH aumenta il rischio di sviluppare diabete di tipo 2 nei pazienti sopravvissuti, rendendo necessario un follow-up clinico accurato e misurazioni periodiche della glicemia e di emoglobina glicata.

In sintesi, la fisiopatologia dello stress nei pazienti critici è caratterizzata da un'interazione complessa tra resistenza insulinica, secrezione insulinica inadeguata, alterazioni ormonali e infiammatorie, che insieme conducono a iperglicemia, variabilità glicemica e aumento della morbilità e mortalità ospedaliera. La comprensione di questi meccanismi è fondamentale per una gestione efficace della glicemia in terapia intensiva.  
[5]

### **1.3 Ipoglicemia cause e rischi nel paziente critico**

L'ipoglicemia rappresenta una complicanza frequente e clinicamente rilevante nel paziente critico ricoverato in terapia intensiva, in particolare in corso di trattamento insulinico intensivo. Essa è descritta come la più importante complicanza della terapia insulinica nei pazienti critici e costituisce un fattore limitante per l'implementazione di

protocolli di controllo glicemico intensivo, poiché il cervello e gli organi vitali dipendono in modo critico dal glucosio come substrato energetico fondamentale e, se non prontamente trattata, l'ipoglicemia può determinare danni neurologici permanenti e un aumento della mortalità. [6]

Nei pazienti ospedalizzati, l'ipoglicemia è definita come un valore di glicemia inferiore a 70 mg/dL ed è riportata fino a un terzo dei pazienti trattati con insulina, sia in ambito intensivo sia nei reparti di area medica e chirurgica. [7]

Nel contesto della terapia intensiva, le cause dell'ipoglicemia sono multifattoriali e comprendono un eccesso assoluto o relativo di insulina in presenza di un apporto energetico inadeguato, una ridotta produzione esogena di glucosio e un aumento del consumo periferico di glucosio. A questi meccanismi si associano condizioni cliniche tipiche del paziente critico, quali malnutrizione, infezioni, sepsi, insufficienza epatica o renale e variazioni improvvise dell'apporto nutrizionale, in particolare la riduzione o sospensione della nutrizione enterale o parenterale senza un adeguato aggiustamento della terapia insulinica. Inoltre, l'utilizzo di differenti metodiche di misurazione della glicemia e la frequenza dei controlli glicemici possono influenzare il riconoscimento tempestivo degli episodi ipoglicemici.

Diversi studi hanno evidenziato come la gravità della malattia critica sia strettamente correlata al rischio di ipoglicemia. In particolare, un aumento del punteggio Sequential Organ Failure Assessment (SOFA) è associato a un incremento significativo del rischio di ipoglicemia, suggerendo che il deterioramento della funzione d'organo rappresenti un determinante indipendente nello sviluppo di questa complicanza. [6] Allo stesso modo, l'insufficienza renale acuta si configura come uno dei principali fattori predisponenti, con un rischio di ipoglicemia fino a dieci volte superiore nei pazienti con danno renale acuto rispetto a quelli senza compromissione della funzione renale.

Anche valori elevati di emoglobina glicata sono stati associati a un aumentato rischio di ipoglicemia, indicando una possibile relazione tra controllo glicemico cronico alterato e vulnerabilità agli eventi ipoglicemici in corso di malattia critica.

Un ulteriore aspetto di particolare rilevanza clinica è rappresentato dalla frequente assenza di sintomi tipici dell'ipoglicemia nel paziente ospedalizzato e, in particolare, nel

paziente critico. È stato osservato che una quota significativa di episodi ipoglicemici è asintomatica, rendendo complessa l'identificazione tempestiva dell'evento e aumentando il rischio di ipoglicemia prolungata o severa. [7]

La risposta contro regolatoria risulta spesso attenuata nei pazienti critici, e le manifestazioni cliniche classiche possono essere mascherate dalla sedazione, dall'alterazione dello stato di coscienza o dalla gravità della condizione clinica generale.

Numerose evidenze indicano un'associazione tra ipoglicemia e peggiori esiti clinici, inclusi aumento della durata della degenza, maggiore incidenza di complicanze e incremento della mortalità ospedaliera, sebbene il rapporto causale diretto resti oggetto di dibattito. In alcuni studi l'ipoglicemia è risultata associata a un aumento del rischio di morte, mentre in altri essa è stata interpretata come un marker di gravità della malattia piuttosto che come causa diretta dell'esito sfavorevole.

Tuttavia, è ampiamente riconosciuto che episodi ipoglicemici ripetuti o severi rappresentano una condizione potenzialmente dannosa e clinicamente rilevante, soprattutto in pazienti con elevati punteggi di gravità e disfunzione multiorgano.

Alla luce di tali evidenze, l'ipoglicemia nel paziente critico emerge come una complicanza complessa, multifattoriale e strettamente correlata sia alla terapia insulinica sia alla gravità della malattia sottostante. La sua prevenzione e il suo riconoscimento precoce costituiscono elementi centrali nella gestione infermieristica del paziente in terapia intensiva, in quanto un monitoraggio glicemico attento e continuo rappresenta uno strumento fondamentale per ridurre il rischio di eventi avversi e migliorare la sicurezza e la qualità dell'assistenza. [6]

#### **1.4 Variabilità glicemica e correlazione degli esiti clinici**

La variabilità glicemica è definita come le fluttuazioni dei livelli di glucosio nel sangue nel tempo ed è descritta come una misura derivata da dati seriali di glicemia raccolti durante il ricovero in terapia intensiva. Essa comprende metriche di dominio temporale, quali deviazione standard, coefficiente di variazione, glycemic lability index e time in range, oltre a misure di complessità che riflettono l'andamento e l'irregolarità delle

oscillazioni glicemiche. La variabilità glicemica fornisce informazioni complementari rispetto ai valori medi di glucosio e consente una valutazione più dinamica della regolazione glicemica nel paziente critico, risultando associata agli esiti clinici indipendentemente dalla glicemia media e dalla presenza di diabete. [8]

Nel paziente critico, le cause della variabilità glicemica sono strettamente correlate alla resistenza insulinica, alla risposta infiammatoria sistemica e alla disfunzione metabolica che caratterizzano la malattia critica. L'attenuazione della sensibilità insulinica, tipica dei pazienti ricoverati in terapia intensiva, compromette l'omeostasi del glucosio e favorisce oscillazioni glicemiche frequenti e pronunciate. Ulteriori fattori contribuenti includono la risposta allo stress della malattia acuta, le alterazioni del metabolismo glucidico e gli interventi terapeutici, come la nutrizione enterale o parenterale, la terapia insulinica e l'uso di corticosteroidi, che intensificano le fluttuazioni glicemiche durante la degenza in terapia intensiva. [9]

I rischi associati a un'elevata variabilità glicemica sono riconducibili a una serie di meccanismi fisiopatologici che includono stress ossidativo, attivazione di processi infiammatori ed alterazioni della funzione endoteliale. La presenza di ampie oscillazioni glicemiche è stata associata a un peggioramento della disfunzione metabolica e a una maggiore instabilità fisiologica nel paziente critico. La variabilità glicemica rappresenta pertanto una manifestazione rilevante della disglycemia e costituisce un indicatore prognostico sfavorevole, in grado di riflettere la gravità della malattia e l'aumentato rischio di complicanze durante il ricovero in terapia intensiva. [8]

Numerose evidenze indicano che un'elevata variabilità glicemica è associata a esiti clinici sfavorevoli a breve e lungo termine nei pazienti critici. In particolare, valori elevati di variabilità glicemica risultano indipendentemente associati a un aumento della mortalità intra-intensiva, ospedaliera e a 30, 90 e 180 giorni, nonché a un incremento della mortalità a un anno. È stata inoltre descritta una relazione non lineare tra variabilità glicemica e mortalità, suggerendo che sia valori eccessivamente elevati sia un controllo glicemico instabile contribuiscano a peggiori esiti clinici. Questi risultati supportano il ruolo della variabilità glicemica come fattore di rischio indipendente e come potenziale target prognostico nella gestione del paziente critico ricoverato in terapia intensiva. [10]

## **CAPITOLO 2: METODI DI MONITORAGGIO DELLA GLICEMIA**

### **2.1 Monitoraggio glicemico capillare POCT**

Il monitoraggio glicemico capillare mediante point-of-care testing (POCT) rappresenta uno strumento essenziale per il monitoraggio rapido della glicemia in ambito ospedaliero, in particolare nei pazienti ricoverati in terapia intensiva, grazie alla possibilità di ottenere risultati immediati al letto del paziente e di supportare decisioni cliniche tempestive. I glucometri POCT sono ampiamente utilizzati per la loro portabilità, facilità d'uso e rapidità di risposta, caratteristiche che risultano fondamentali nei contesti clinici ad alta complessità, dove i ritardi dei laboratori centrali possono compromettere l'adeguatezza del trattamento insulinico e la gestione del controllo glicemico. [11]

Nel paziente critico, il monitoraggio glicemico assume un ruolo centrale poiché l'identificazione clinica di ipo o iperglicemia può risultare difficoltosa a causa della sedazione, dell'alterazione dello stato di coscienza e della gravità della condizione clinica, rendendo necessario l'impiego di metodiche di misurazione rapide e ripetibili. Tuttavia, l'accuratezza delle misurazioni glicemiche capillari mediante POCT nei pazienti critici può essere influenzata da numerosi fattori fisiologici e clinici, tra cui alterazioni dell'ematocrito, variazioni della perfusione periferica, ipotensione, shock, stato acido-base e ossigenazione tissutale. [12]

Dal punto di vista analitico, i dispositivi POCT per la glicemia si basano prevalentemente su biosensori elettrochimici che utilizzano reazioni enzimatiche, come la glucosio-ossidasi o la glucosio-deidrogenasi, e la loro accuratezza può essere compromessa da interferenze endogene ed esogene, inclusi farmaci, sostanze riducenti e condizioni cliniche critiche [11]. Per tale motivo, le prestazioni analitiche dei glucometri POCT devono essere valutate in relazione agli standard di accuratezza e confrontate con i metodi di riferimento di laboratorio, soprattutto nei contesti ad elevata complessità assistenziale. La gestione sicura ed efficace del monitoraggio glicemico capillare mediante POCT richiede inoltre l'implementazione di sistemi strutturati di gestione del rischio, che includano la formazione del personale, la verifica delle prestazioni degli strumenti, la calibrazione, il controllo di qualità interno ed esterno e una corretta gestione dei dati, in conformità agli standard internazionali di qualità e competenza dei laboratori medici.

L'integrazione di procedure standardizzate e di strategie di gestione del rischio consente di ridurre gli errori preanalitici, analitici e post-analitici, migliorando l'affidabilità delle misurazioni glicemiche e la sicurezza del paziente critico. [13]

## **2.2 Monitoraggio arterioso in terapia intensiva**

Nei pazienti ricoverati in unità di terapia intensiva, il monitoraggio della glicemia mediante metodi di laboratorio basati su campioni plasmatici venosi o arteriosi è considerato lo standard, in quanto le condizioni cliniche dinamiche, la presenza di comorbidità, la disfunzione d'organo e la politerapia rendono complesso il controllo glicemico.

Sebbene il monitoraggio capillare della glicemia al letto del paziente sia ampiamente utilizzato per la sua rapidità e convenienza, la sua accuratezza risulta ridotta nei pazienti critici, in particolare in presenza di shock, ipossiemia ed edema sottocutaneo. In tali condizioni, il prelievo capillare può determinare risultati altamente variabili e un'elevata distorsione con sovrastima dei valori glicemici, influenzando in modo significativo il processo decisionale clinico. Il monitoraggio glicemico mediante prelievo arterioso consente di ottenere valori sovrapponibili a quelli dei metodi di laboratorio e risulta particolarmente affidabile anche nel range ipoglicemico. Inoltre, l'utilizzo del sangue arterioso permette la valutazione simultanea di parametri emogasanalitici, elettrolitici ed emoglobina, fornendo un quadro clinico più completo nel contesto della terapia intensiva; tuttavia, il prelievo arterioso richiede punture arteriose ripetute o la presenza di una linea arteriosa invasiva, che necessita di competenze specifiche nella gestione. L'impiego del point-of-care testing su campioni arteriosi è diventato sempre più frequente in terapia intensiva grazie al rapido tempo di risposta e alla disponibilità immediata dei risultati, elementi essenziali nei protocolli di controllo glicemico e nelle infusioni insuliniche. [14] Nonostante i campioni venosi analizzati in laboratorio rappresentino il gold standard, il point-of-care testing su sangue arterioso analizzato mediante emogasanalizzatori offre una stima accurata della glicemia, con prestazioni cliniche accettabili, elevata sensibilità e specificità e un ridotto rischio di errori nel dosaggio insulinico. [14-15]

## **2.3 Monitoraggio glicemico continuo CGM**

Il monitoraggio glicemico continuo (Continuous Glucose Monitoring, CGM) rappresenta una tecnologia avanzata per la valutazione del controllo glicemico, in grado di fornire una misurazione continua e in tempo reale delle concentrazioni di glucosio, consentendo una valutazione dettagliata dell'andamento glicemico, della variabilità glicemica e del tempo trascorso nell'intervallo terapeutico. In ambito di terapia intensiva, la gestione della glicemia è stata oggetto di ampio dibattito per la difficoltà nell'ottenere un adeguato controllo metabolico evitando episodi di iperglicemia e, soprattutto, di ipoglicemia severa nei pazienti sottoposti a terapia insulinica intensiva. Rispetto ai sistemi di monitoraggio intermittente, il CGM consente l'identificazione precoce delle variazioni glicemiche e delle tendenze glicemiche, permettendo un aggiustamento più tempestivo e potenzialmente più accurato delle infusioni insuliniche, grazie alla disponibilità di dati continui piuttosto che di misurazioni isolate.[16] La disponibilità di rilevazioni frequenti consente una sorveglianza costante delle fluttuazioni glicemiche e potrebbe contribuire ad aumentare la sicurezza della terapia insulinica, riducendo il rischio associato a variazioni rapide dei livelli di glucosio non intercettate dal monitoraggio intermittente.[17]

Attraverso l'analisi continua dei profili glicemici, il CGM consente di identificare pattern glicemici ricorrenti, escursioni postprandiali, alterazioni notturne e fluttuazioni giornaliere, offrendo una caratterizzazione più completa della variabilità glicemica, la quale risulta strettamente correlata al rischio di eventi ipoglicemici. La riduzione della variabilità glicemica rappresenta un obiettivo clinico rilevante, in quanto associata a una maggiore stabilità del controllo metabolico. Inoltre, il CGM consente di superare i limiti della valutazione basata esclusivamente sull'emoglobina glicata, che fornisce una stima media del controllo glicemico ma non riflette le oscillazioni delle concentrazioni di glucosio né la frequenza e la durata degli episodi ipo- e iperglicemici. L'impiego di indicatori derivati dal CGM, quali il tempo trascorso nell'intervallo target, il tempo al di sotto e al di sopra dell'intervallo terapeutico, permette una valutazione più dinamica e completa del profilo glicemico del paziente, favorendo un approccio più personalizzato alla gestione della glicemia. [18]

## 2.4 Frequenza e tempistiche del monitoraggio

Le linee guida internazionali sottolineano come la frequenza del monitoraggio debba essere adattata allo stato clinico del paziente e alla fase della terapia insulinica, riconoscendo che intervalli di misurazione non adeguati possono determinare il mancato riconoscimento di eventi glicemici clinicamente rilevanti. [19]

Nei pazienti critici di nuova ammissione o in condizioni di instabilità glicemica, in particolare durante l'avvio o l'adeguamento del dosaggio di un'infusione insulinica continua, è raccomandato un monitoraggio frequente della glicemia, con intervalli pari o inferiori a un'ora. [20]

Il monitoraggio a intervalli ravvicinati consente una valutazione tempestiva delle rapide fluttuazioni glicemiche tipiche della fase acuta della malattia critica e riduce il rischio di ipoglicemia, permettendo un aggiustamento più sicuro della velocità di infusione insulinica. [19]

Le evidenze indicano che, in presenza di instabilità glicemica, l'allungamento degli intervalli di monitoraggio aumenta il rischio di episodi ipoglicemici non rilevati. Una volta ottenuta la stabilizzazione dei valori glicemici e della velocità di infusione insulinica, e in assenza di variazioni significative delle condizioni cliniche, l'intervallo tra le misurazioni può essere progressivamente esteso. Nei pazienti clinicamente stabili, con valori glicemici mantenuti all'interno del range target, il monitoraggio può essere effettuato ogni due-quattro ore, mantenendo comunque un'attenta sorveglianza in caso di modifiche della terapia nutrizionale, dell'assetto farmacologico o dello stato emodinamico. In presenza di episodi ipoglicemici, le raccomandazioni indicano la necessità di intensificare nuovamente la frequenza del monitoraggio, con misurazioni ripetute a intervalli di circa quindici minuti fino alla stabilizzazione dei valori glicemici. [20]

Questo approccio consente una gestione tempestiva dell'evento ipoglicemico e una riduzione del rischio di recidiva, aspetto particolarmente rilevante nel paziente critico, nel quale l'ipoglicemia è associata a esiti clinici sfavorevoli. Le più recenti linee guida evidenziano inoltre come, durante periodi di instabilità glicemica, il monitoraggio frequente, definito come misurazioni a intervalli pari o inferiori a un'ora o mediante sistemi continui o quasi continui, rappresenti una buona pratica clinica nei pazienti trattati con insulina endovenosa. [19]

### CAPITOLO 3: MATERIALI E METODI

Il presente elaborato è una revisione narrativa della letteratura che ha lo scopo di analizzare le evidenze scientifiche disponibili riguardo il monitoraggio glicemico nel paziente critico in terapia intensiva con particolare attenzione al confronto tra monitoraggio capillare, arterioso e monitoraggio glicemico continuo, al fine di evidenziare implicazioni cliniche assistenziali infermieristiche.

Il quesito di ricerca che orienta questa tesi è: “ nei pazienti adulti ricoverati in terapia intensiva il monitoraggio glicemico continuo e/o il prelievo arterioso, rispetto al monitoraggio capillare bedside (POCT), garantiscono maggiore accuratezza e migliori esiti di gestione glicemica e supportano decisioni infermieristiche più sicure nella titolazione insulinica.

P= Problema/Popolazione	Pazienti adulti ricoverati in terapia intensiva
I=Intervento	Monitoraggio glicemico, continuo e/o prelievo arterioso
C=Confronto	Monitoraggio capillare bedside (POCT)
O=Outcome/Risultati	Maggiore Accuratezza e migliori esiti di gestione glicemica

**Tabella 1.** Strategia di ricerca formulata con metodologia PICO

Per la revisione è stata consultata la banca dati internazionale PubMed inserendo le parole chiave: *Intensive care unit (ICU), critically ill patients, blood glucose monitoring, capillary blood glucose, point of care testing (POCT), arterial blood glucose, continuous glucose monitoring (CGM), accuracy*. Combinando le parole chiave con gli operatori booleani AND e/o OR sono state create le stringhe di ricerca utili per la ricerca e la consultazione degli articoli all'interno della banca dati:

- Intensive care unit AND blood glucose monitoring AND capillary blood glucose OR arterial blood glucose

- Critically ill patients AND continuous glucose monitoring OR capillary blood glucose AND accuracy
- Intensive care unit AND point of care testing OR arterial blood glucose OR continuous glucose monitoring

La ricerca è stata effettuata nel periodo che va da dicembre 2025 a febbraio 2026, seguendo i criteri di inclusione ed esclusione sotto riportati.

Criteri di inclusione:

- Pazienti adulti (>18 anni) ricoverati in terapia intensiva
- Pazienti critici con o senza diabete
- Studi che includono un confronto diretto tra almeno due dei tre metodi di monitoraggio
- Studi che analizzano almeno un metodo di monitoraggio
- Studi pubblicati dal 2015 al 2025
- Articoli in lingua inglese o italiana
- Articoli disponibili in full text e non

Criteri di esclusione:

- Studi condotti su popolazioni pediatriche o neonatali
- Studi condotti in setting di degenza ordinaria
- Studi che analizzano un solo metodo di monitoraggio glicemico, senza confronto con almeno un altro metodo

## CAPITOLO 4: RISULTATI

TITOLO	AUTORE E ANNO	DISEGNO DI STUDIO	OBIETTIVO	CONCLUSION I
Agreement of blood glucose measured with glucose meter in arterial, central venous, and capillary samples in adult critically ill patients	Rodriguez -Delgado et al., 2022	Studio prospettico trasversale Campione analizzato: 54 pazienti critici adulti a cui sono state effettuate 297 misurazioni glicemiche effettuate con i vari metodi analizzati	Valutare la concordanza e l'accuratezza delle misurazioni glicemiche ottenute da diversi tipi di campione nel paziente critico.	Nei pazienti critici, la concordanza tra campioni capillari o venosi centrali e valori arteriosi è ridotta, soprattutto in condizioni di instabilità emodinamica; il campionamento arterioso risulta il metodo più affidabile per il monitoraggio glicemico, mentre i campioni capillari e venosi centrali possono determinare rispettivamente sottostima dell'ipoglicemia e sovrastima dei valori glicemici.

<p>Bedside Blood Glucose Monitoring in Critically Ill Patients: Comparison Between Arterial and Capillary Glucose</p>	<p>Li et al., 2017</p>	<p>Studio prospettico caso-controllo Campione analizzato: 60 pazienti critici adulti suddivisi in (n=30 pazienti con shock) e (n=30 pazienti senza shock, post chirurgia maggiore)</p>	<p>Confrontare l'accuratezza delle misurazioni glicemiche capillari e arteriose ottenute mediante glucometro e analizzatore di gas ematici nei pazienti critici.</p>	<p>Il monitoraggio glicemico capillare risulta affidabile esclusivamente nei pazienti critici clinicamente stabili, mentre nei soggetti in shock o in terapia vasopressoria l'accuratezza è ridotta; in tali condizioni, il campionamento arterioso rappresenta il metodo preferibile per un monitoraggio glicemico sicuro in terapia intensiva.</p>
<p>Accuracy of continuous glucose monitoring in critically ill patients</p>	<p>Santamaria et al., 2025</p>	<p>Studio osservazionale prospettico Campione analizzato: 103 pazienti critici adulti</p>	<p>Valutare l'accuratezza del monitoraggio continuo del glucosio sottocutaneo</p>	<p>Nei pazienti critici il CGM ha dimostrato un'accuratezza clinicamente accettabile e un profilo di</p>

			confrontando lo con le misurazioni di glucosio ematico nei pazienti critici in terapia insulinica.	sicurezza favorevole, configurandosi come valido supporto al controllo glicemico e alla prevenzione dell'ipoglicemia in terapia intensiva.
Continuous Glucose Monitoring– Guided Insulin Infusion in Critically Ill Patients Promotes Safety, Improves Time Efficiency, and Enhances Provider Satisfaction	Giovannetti et al., 2025	Studio retrospettivo osservazionale Campione analizzato: 35 pazienti critici adulti	Valutare l'integrazione del monitoraggio continuo del glucosio in tempo reale con protocolli informatizzati di infusione insulinica nei pazienti critici, analizzando e accuratezza, sicurezza ed efficacia gestionale.	L'integrazione del rtCGM con protocolli di infusione insulinica ha garantito elevata accuratezza e sicurezza del monitoraggio glicemico, migliorando il tempo nell'intervallo target, riducendo l'incidenza di ipoglicemia e ottimizzando l'efficienza del workflow infermieristico

				in terapia intensiva.
Accuracy of point-of-care capillary blood sugar measurements in critically ill patients: An observational study	Mishra et al., 2024	Studio osservazionale Campione analizzato: 50 pazienti critici adulti (n=22 con shock) e (n=28 senza shock)	Valutare l'accuratezza del monitoraggio glicemico capillare point-of-care nei pazienti critici, confrontando lo con i valori venosi di laboratorio in relazione alla presenza di shock.	Il monitoraggio glicemico capillare mediante POCT presenta una correlazione con i valori di laboratorio ma tende a sovrastimarli, con ridotta capacità di rilevare l'ipoglicemia; nei pazienti critici in shock l'accuratezza risulta significativamente compromessa, rendendo preferibile il ricorso a campioni venosi o a metodi alternativi.
Randomized Study Comparing Continuous	Umpierrez et al., 2025	Studio clinico randomizzato controllato (RCT) pilota	Confrontare sicurezza, efficacia del controllo	Nel periodo post-dimissione, il CGM ha mostrato un

<p>Glucose Monitoring and Capillary Glucose Testing in Patients With Type 2 Diabetes After Hospital Discharge</p>		<p>Campione analizzato: 100 pazienti adulti con diabete mellito di tipo 2 (n=50 monitoraggio CGM) e (n=50 monitoraggio POC capillare)</p>	<p>glicemico e utilizzo delle risorse sanitarie tra monitoraggio continuo del glucosio e monitoraggio capillare point-of-care nei pazienti con diabete di tipo 2 nel periodo post-dimissione</p>	<p>miglioramento del controllo glicemico e una maggiore capacità di rilevazione degli episodi ipoglicemici rispetto al monitoraggio capillare, senza differenze significative nell'utilizzo delle risorse sanitarie.</p>
<p>Continuous glucose monitoring versus conventional glucose monitoring in the ICU: A randomized controlled trial</p>	<p>Chu et al., 2024</p>	<p>Studio clinico randomizzato controllato (RCT) Campione analizzato: 96 pazienti (n=48 CGMS) e (n=48 POCM)</p>	<p>Valutare l'utilità clinica del monitoraggio continuo del glucosio rispetto al monitoraggio point-of-care nei pazienti critici, in termini di controllo e variabilità glicemica ed esiti clinici.</p>	<p>Il CGMS non ha ridotto la mortalità a 28 giorni, ma ha migliorato significativamente il controllo e la variabilità glicemica, aumentando il tempo nell'intervallo terapeutico e riducendo l'iperglicemia</p>

				nei pazienti critici
--	--	--	--	-------------------------

**Tabella 2.** tabella estrazione dati

L'articolo di *Rodriguez-Delgado et al. (2022)* ha analizzato 297 misurazioni glicemiche ottenute in 54 pazienti critici adulti, confrontando i valori rilevati su campioni arteriosi, capillari e venosi centrali. La glicemia arteriosa, considerata metodo di riferimento, ha mostrato un valore medio pari a 150,4 mg/dL; a confronto, le misurazioni capillari hanno evidenziato valori medi inferiori (145,4 mg/dL), mentre quelle venose centrali hanno presentato valori medi più elevati (162,2 mg/dL). Il confronto tra glicemia capillare e arteriosa ha mostrato una concordanza limitata. L'analisi di Bland–Altman ha evidenziato un'ampia variabilità delle differenze, con un errore assoluto pari a 34 mg/dL per un livello di disaccordo del 10%, valore considerato clinicamente non accettabile. In particolare, le misurazioni capillari tendevano a sottostimare i valori arteriosi soprattutto per concentrazioni glicemiche inferiori a 100 mg/dL.

La concordanza tra glicemia arteriosa e venosa centrale è risultata ulteriormente ridotta. Le differenze tra i due metodi hanno raggiunto valori fino a 150 mg/dL, con un errore assoluto al 10% di disaccordo pari a 44 mg/dL, indicando una marcata sovrastima dei valori glicemici ottenuti da campioni venosi centrali rispetto a quelli arteriosi.

L'accuratezza delle misurazioni capillari è risultata influenzata dalle condizioni cliniche del paziente. Nei soggetti con compromissione emodinamica, caratterizzata da Sequential Organ Failure Assessment (SOFA) emodinamico pari a 4, la concordanza arterioso-capillare risultava ridotta, mentre nei pazienti più stabili (SOFA < 4) l'errore assoluto al 10% si riduceva a 16 mg/dL, indicando una migliore affidabilità del campionamento capillare in condizioni di stabilità clinica.

L'analisi delle misurazioni discordanti ha identificato 20 valori outlier nel confronto arterioso-capillare, associati a un utilizzo significativamente maggiore di noradrenalina (0,69 vs 0,27 µg/kg/min; p = 0,003). Nel confronto arterioso–venoso centrale sono stati invece individuati 22 outlier, con una differenza media pari a -87,4 mg/dL, suggerendo una marcata sovrastima dei valori venosi centrali rispetto al riferimento arterioso.

Sample	Mean	SD	IC	Median	Min	Max
Capillary	145.4	51.9	(139.5–151.3)	140	28	359
Arterial	150.4	46.8	(145.1–155.7)	144	31	345
Central venous	162.2	52.8	(156.2–168.2)	155	50	387

**Tabella 3.** Misure di tendenza centrale e di dispersione della glicemia in base al tipo di campione

L'articolo di *Li et al. (2017)* ha confrontato il monitoraggio glicemico capillare e arterioso in 60 pazienti critici, suddivisi in un gruppo in stato di shock ( $n = 30$ ) e un gruppo di controllo senza shock ( $n = 30$ ). Nel gruppo con shock, la glicemia capillare media è risultata pari a 9,73 mmol/L, mentre la glicemia arteriosa misurata con analizzatore di gas ematici è stata di 8,41 mmol/L; nel gruppo di controllo, i valori medi erano rispettivamente 8,90 mmol/L e 8,24 mmol/L.

Il confronto tra glicemia capillare e arteriosa ha evidenziato differenze più marcate nei pazienti con shock. La differenza media capillare–arteriosa misurata con analizzatore di gas ematici è risultata pari a 1,34 mmol/L nel gruppo con shock e a 0,73 mmol/L nel gruppo di controllo ( $p = 0,037$ ), indicando una ridotta accuratezza del campionamento capillare in condizioni di instabilità emodinamica.

Sebbene l'analisi di correlazione abbia mostrato una buona associazione lineare tra valori capillari e arteriosi (coefficiente  $r > 0,89$  in entrambi i gruppi), l'applicazione dei criteri di accuratezza ISO ha evidenziato che solo il 20% delle misurazioni capillari nel gruppo con shock rientrava nei limiti di accuratezza previsti, rispetto al 100% nel gruppo di controllo ( $p < 0,001$ )

Characteristic	Study group ( $n = 30$ )	Control group ( $n = 30$ )	P Value
Mean age $\pm$ SD (years)	66 $\pm$ 14	63 $\pm$ 20	0.532
Male	20	16	0.473
Diabetes	6	4	0.638
Mean APACHE II score	16.5 $\pm$ 4.8	7.3 $\pm$ 2.6	0.000
Mean SOFA score	8.4 $\pm$ 2.7	2.5 $\pm$ 1.8	0.000
Mean capillary glucose (mmol/L)	9.73 $\pm$ 2.28	8.9 $\pm$ 1.86	0.283
Mean arterial glucose (glucometer) (mmol/L)	9.25 $\pm$ 2.05	8.4 $\pm$ 1.89	0.246
Mean arterial glucose (blood gas analyzer) (mmol/L)	8.41 $\pm$ 1.99	8.24 $\pm$ 1.58	0.809
Mean arterial (glucometer) capillary difference (mmol/L)	0.81 $\pm$ 0.44	0.54 $\pm$ 0.39	0.081
Mean arterial (blood gas analyzer) capillary difference (mmol/L)	1.34 $\pm$ 0.99	0.73 $\pm$ 0.41	0.037

\*  $P < 0.05$ .

**Tabella 4.** Caratteristiche e valori di glicemia di due gruppi

L'articolo di *Santamaria et al. (2025)* ha valutato l'accuratezza del monitoraggio continuo del glucosio mediante sensori sottocutanei in 103 pazienti critici sottoposti a infusione insulinica. Il confronto tra valori di glucosio tissutale e misurazioni ematiche ha mostrato un bias mediano complessivo di  $-0,30$  mmol/L, indicando una lieve sottostima dei valori ematici da parte del CGM. L'accuratezza del sistema, espressa come mean absolute relative difference (MARD), è risultata pari a 11,23%, con valori inferiori per il sensore di nuova generazione (9,90%) rispetto al precedente (13,78%).

Durante il periodo di monitoraggio, la durata mediana di applicazione del sensore è stata di 79,5 ore e il tempo nell'intervallo glicemico target (4–10 mmol/L) ha raggiunto il 68,9%. Le misurazioni glicemiche inferiori a 4,0 mmol/L sono risultate rare e non si sono verificati episodi di ipoglicemia clinicamente significativa durante l'utilizzo del CGM.

L'analisi dei sottogruppi ha mostrato che il bias del CGM rimaneva stabile indipendentemente dalla presenza di diabete, dall'uso di vasopressori, dal grado di insufficienza renale e dalla gravità clinica valutata mediante punteggi Acute Physiologic Assessment and Chronic Health Evaluation II (APACHE II) e SOFA, indicando una performance uniforme del sistema anche in condizioni di elevata complessità clinica.

L'articolo di *Giovannetti et al. (2025)* ha valutato l'integrazione del monitoraggio continuo del glucosio in tempo reale con un algoritmo informatizzato di infusione insulinica in 35 pazienti critici ricoverati in terapia intensiva. L'analisi ha incluso 1291 coppie di misurazioni abbinate tra valori di rtCGM e glicemia point-of-care. L'accuratezza del sistema rtCGM è risultata pari a una MARD del 12,5%, con una percentuale del 99,6% delle misurazioni rientranti nelle zone clinicamente accettabili, A e B, della Parkes Error Grid, strumento di valutazione, accuratezza della misurazione ed impatto clinico. Il controllo glicemico ottenuto mediante integrazione rtCGM–algoritmo insulinico ha mostrato una glicemia media pari a 141,9 mg/dL. Il tempo nell'intervallo target (70–180 mg/dL) è risultato pari all'82,8%, mentre il tempo sopra range è stato del 14,5% e il tempo sotto range dello 0,5%; le misurazioni inferiori a 54 mg/dL hanno rappresentato lo 0,1% del totale, indicando una bassa incidenza di ipoglicemia.

Il confronto tra modalità di monitoraggio ha evidenziato una significativa differenza in termini di efficienza temporale. Il tempo medio necessario per l'esecuzione di una

misurazione point-of-care è risultato pari a 4 minuti e 59 secondi, mentre il recupero del valore glicemico tramite rtCGM richiedeva circa 3 secondi, con una riduzione stimata del tempo assistenziale di circa 50 minuti per turno infermieristico di 12 ore. Tutti gli infermieri coinvolti (100%) hanno riportato una preferenza per l'utilizzo combinato di rtCGM e POCT rispetto al solo monitoraggio capillare, associando l'uso del rtCGM a una maggiore efficienza e sicurezza nella gestione del controllo glicemico in terapia intensiva.

L'articolo di *Mishra et al. (2024)* ha valutato l'accuratezza del monitoraggio glicemico capillare mediante dispositivi point-of-care confrontandolo con la glicemia venosa di laboratorio in 50 pazienti critici adulti ricoverati in terapia intensiva. Durante il campionamento, 22 pazienti (44%) presentavano shock circolatorio.

La glicemia capillare misurata mediante POCT ha mostrato un valore medio pari a  $140 \pm 20,23$  mg/dL, mentre la glicemia venosa di laboratorio, utilizzata come riferimento, ha presentato un valore medio di  $116,10 \pm 17,13$  mg/dL. La differenza media tra i due metodi è risultata pari a  $24,34 \pm 12,01$  mg/dL (IC 95%: 20,92–27,75 mg/dL). L'analisi di correlazione ha evidenziato una correlazione significativa tra le misurazioni capillari e quelle venose, con un coefficiente di Pearson pari a  $r = 0,805$  ( $p < 0,0001$ ).

L'analisi di Bland–Altman ha mostrato ampi limiti di concordanza, con un limite superiore di accordo pari a 47,88 mg/dL e un limite inferiore pari a 0,79 mg/dL, indicando una variabilità clinicamente rilevante tra i due metodi di misurazione.

Il confronto tra pazienti con e senza shock ha evidenziato differenze significative. Nei pazienti non in shock, la differenza media tra glicemia capillare e venosa è risultata pari a  $14,61 \pm 4,49$  mg/dL, mentre nei pazienti in shock la differenza media è aumentata a  $36,82 \pm 4,84$  mg/dL ( $p < 0,05$ ). Applicando i criteri di accuratezza ISO 15197:2013, il 96,43% delle misurazioni POCT nei pazienti non in shock rientrava nei limiti di accuratezza previsti, mentre nei pazienti in shock solo il 17,24% delle misurazioni risultava conforme agli standard.

L'articolo di *Umpierrez et al. (2025)* ha confrontato il monitoraggio continuo del glucosio con il monitoraggio glicemico capillare point-of-care in 100 pazienti adulti con diabete

di tipo 2 trattati con insulina nel periodo successivo alla dimissione ospedaliera. I pazienti sono stati randomizzati in due gruppi di pari numerosità.

Durante il follow-up, il gruppo CGM ha mostrato valori medi di glicemia inferiori rispetto al gruppo POC. A 4 settimane, la glicemia media era pari a 166,8 mg/dL nel gruppo CGM e 188 mg/dL nel gruppo POC, con un tempo nell'intervallo target del 61,8% e del 49,5%, rispettivamente. A 12 settimane, la glicemia media risultava pari a 164,0 mg/dL nel gruppo CGM rispetto a 190 mg/dL nel gruppo POC, con un tempo nell'intervallo target del 64,5% contro il 48,6%.

Il monitoraggio continuo ha consentito l'identificazione di un numero maggiore di episodi ipoglicemici rispetto al monitoraggio capillare. A 12 settimane, episodi di glicemia <70 mg/dL sono stati rilevati nel 64% dei pazienti nel gruppo CGM rispetto al 28% nel gruppo POC, mentre episodi <54 mg/dL sono stati rilevati nel 43% dei pazienti con CGM e nel 12% con POC.

L'utilizzo insulinico è risultato inferiore nel gruppo CGM. A 12 settimane, la dose media di insulina prandiale era pari a 6,9 U/die nel gruppo CGM rispetto a 14,9 U/die nel gruppo POC, mentre la dose di insulina basale era pari a 17,6 U/die e 27,9 U/die, rispettivamente. Non sono state osservate differenze significative tra i gruppi in termini di riospedalizzazioni o accessi al pronto soccorso durante il periodo di follow-up.

L'articolo di *Chu et al. (2024)* ha confrontato il monitoraggio continuo del glucosio con il monitoraggio glicemico convenzionale point-of-care in 96 pazienti critici con diabete o iperglicemia da stress, randomizzati in due gruppi di pari numerosità (48 CGMS vs 48 POCM).

L'outcome primario di mortalità a 28 giorni non ha mostrato differenze significative tra i due gruppi, risultando pari al 20,8% nel gruppo CGMS e al 31,3% nel gruppo POCM ( $p = 0,25$ ). Analogamente, non sono state osservate differenze significative in termini di mortalità a 90 giorni, mortalità intra-intensiva e ospedaliera, né per la durata della degenza in terapia intensiva e in ospedale.

Per quanto riguarda il controllo glicemico, il gruppo CGMS ha mostrato valori significativamente inferiori di glicemia media rispetto al gruppo POCM (10,2 vs 11,1 mmol/L;  $p = 0,04$ ), così come una riduzione della glicemia media ponderata nel tempo (10,1 vs 11,1 mmol/L;  $p = 0,03$ ). La variabilità glicemica, espressa come deviazione standard, è risultata inferiore nel gruppo CGMS (2,2 vs 2,6 mmol/L;  $p = 0,04$ ), mentre il coefficiente di variazione e il MAGE non hanno mostrato differenze significative tra i gruppi.

Il tempo nell'intervallo glicemico target (3,9–10,0 mmol/L) è risultato significativamente maggiore nel gruppo CGMS, pari al 64,5%, rispetto al 46,0% osservato nel gruppo POCM ( $p < 0,001$ ). Contestualmente, la percentuale di tempo in iperglicemia ( $\geq 10,0$  mmol/L) è risultata inferiore nel gruppo CGMS (34,5% vs 54,1%;  $p < 0,001$ ). Il valore minimo di glicemia è risultato più basso nel gruppo CGMS (4,0 vs 6,3 mmol/L;  $p < 0,001$ ).

L'incidenza di ipoglicemia, definita come eventi  $< 3,9$  mmol/L o  $< 2,2$  mmol/L, non ha mostrato differenze significative tra i due gruppi, mentre la percentuale di tempo trascorso in ipoglicemia ( $\leq 3,9$  mmol/L) è risultata inferiore nel gruppo POCM ( $p = 0,01$ ). Non sono emerse differenze significative tra i gruppi per quanto riguarda la dose media giornaliera di insulina somministrata.

## **CAPITOLO 5: DISCUSSIONE E CONCLUSIONE**

### **5.1 Discussione**

L'obiettivo di questa revisione della letteratura era analizzare le evidenze scientifiche disponibili sul monitoraggio glicemico nel paziente critico ricoverato in terapia intensiva, con particolare attenzione al confronto tra monitoraggio capillare point-of-care, monitoraggio su campioni arteriosi e sistemi di monitoraggio continuo del glucosio. La revisione ha inoltre esaminato l'accuratezza dei diversi metodi, la loro affidabilità in condizioni di instabilità emodinamica, l'impatto sul controllo e sulla variabilità glicemica e i potenziali effetti sugli esiti clinici e sulla sicurezza del paziente.

Gli studi che hanno confrontato il monitoraggio glicemico capillare, arterioso e venoso centrale nei pazienti critici mostrano una variabilità significativa dell'accuratezza in relazione al tipo di campione e alle condizioni cliniche. Nel lavoro di Rodriguez-Delgado et al. (2022), la concordanza tra misurazioni capillari e arteriose è risultata limitata, con un errore assoluto pari a 34 mg/dL per un livello di disaccordo del 10%, mentre il confronto tra valori arteriosi e venosi centrali ha evidenziato un'ulteriore riduzione della concordanza, con un errore assoluto pari a 44 mg/dL. Nei pazienti con maggiore stabilità emodinamica, l'errore arterioso-capillare si riduceva a 16 mg/dL, indicando una migliore affidabilità del campionamento capillare in condizioni cliniche meno compromesse.

Risultati coerenti emergono dallo studio di Li et al. (2017), che ha evidenziato differenze più marcate tra glicemia capillare e arteriosa nei pazienti in shock rispetto ai pazienti clinicamente stabili. In particolare, la differenza media tra valori capillari e arteriosi misurati con analizzatore di gas ematici era pari a 1,34 mmol/L nei pazienti in shock e a 0,73 mmol/L nei pazienti non in shock, con solo il 20% delle misurazioni capillari nei pazienti instabili rientranti nei criteri di accuratezza ISO, rispetto al 100% nel gruppo di controllo.

L'accuratezza del monitoraggio glicemico capillare mediante dispositivi point-of-care è stata ulteriormente analizzata da Mishra et al. (2024), che hanno confrontato le misurazioni capillari con i valori di glicemia venosa di laboratorio. In questo studio, la differenza media tra i due metodi è risultata pari a 24,34 mg/dL, con limiti di concordanza

ampi secondo l'analisi di Bland–Altman. Nei pazienti in shock, la differenza media aumentava fino a 36,82 mg/dL, mentre nei pazienti non in shock si attestava a 14,61 mg/dL. Applicando i criteri ISO 15197:2013, solo il 17,24% delle misurazioni capillari nei pazienti in shock risultava accurato, confermando una ridotta affidabilità del POCT in condizioni di instabilità emodinamica.

Per quanto riguarda il monitoraggio continuo del glucosio in terapia intensiva, lo studio di Santamaria et al. (2025) ha mostrato che il CGM sottocutaneo presenta un'accuratezza clinicamente accettabile rispetto alle misurazioni ematiche, con un bias mediano di  $-0,30$  mmol/L e un valore di MARD pari all'11,23%. Il tempo nell'intervallo target ha raggiunto il 68,9% e non sono stati osservati episodi di ipoglicemia clinicamente significativa durante il periodo di utilizzo del sensore, anche in pazienti con elevata complessità clinica.

L'integrazione del monitoraggio continuo in tempo reale con algoritmi di infusione insulinica è stata valutata da Giovannetti et al. (2025). In questo studio, il sistema rtCGM ha mostrato una MARD del 12,5%, con il 99,6% delle misurazioni rientranti nelle zone A e B della Parkes Error Grid. Il tempo nell'intervallo target è risultato pari all'82,8%, mentre il tempo trascorso in ipoglicemia è stato minimo. L'uso del rtCGM ha inoltre consentito una riduzione significativa del tempo assistenziale dedicato al monitoraggio glicemico rispetto al POCT.

Nel contesto post-dimissione, lo studio randomizzato di Umpierrez et al. (2025) ha evidenziato che il monitoraggio continuo del glucosio è associato a valori medi di glicemia inferiori e a un maggiore tempo nell'intervallo target rispetto al monitoraggio capillare point-of-care. A 12 settimane, il tempo nell'intervallo target era pari al 64,5% nel gruppo CGM e al 48,6% nel gruppo POC. Il CGM ha inoltre consentito l'identificazione di un numero maggiore di episodi ipoglicemici e una riduzione delle dosi di insulina prandiale e basale, senza differenze significative in termini di riospedalizzazioni.

Infine, lo studio randomizzato di Chu et al. (2024) ha confrontato il monitoraggio continuo del glucosio con il monitoraggio glicemico convenzionale in pazienti critici con diabete o iperglicemia da stress. Pur non evidenziando differenze significative nella

mortalità a 28 giorni, il gruppo CGMS ha mostrato un miglior controllo glicemico, con valori medi inferiori, una ridotta variabilità glicemica e un tempo nell'intervallo target significativamente maggiore rispetto al gruppo POCM, senza un aumento dell'incidenza di ipoglicemia.

## **5.2 Conclusione**

La presente revisione della letteratura ha analizzato le principali evidenze scientifiche relative al monitoraggio glicemico nel paziente critico ricoverato in terapia intensiva, confrontando i metodi tradizionali di monitoraggio capillare point-of-care e su campioni arteriosi e venosi con i sistemi di monitoraggio continuo del glucosio. I risultati evidenziano come l'accuratezza del monitoraggio glicemico vari in modo significativo in funzione del tipo di campione e delle condizioni cliniche del paziente, con importanti implicazioni per la pratica assistenziale infermieristica.

In particolare, il monitoraggio capillare mediante dispositivi point-of-care mostra una ridotta affidabilità nei pazienti critici emodinamicamente instabili, come quelli in shock o sottoposti a terapia vasopressoria, con frequente discordanza rispetto ai valori arteriosi o venosi di laboratorio. In tale contesto, l'infermiere riveste un ruolo centrale nell'identificazione delle condizioni cliniche che possono compromettere l'attendibilità della misurazione e nella scelta del metodo di monitoraggio più appropriato, contribuendo a garantire un controllo glicemico sicuro ed efficace. Il campionamento arterioso risulta, infatti, il metodo più affidabile nelle fasi di instabilità clinica e rappresenta un riferimento fondamentale per l'impostazione e l'aggiustamento della terapia insulinica.

I sistemi di monitoraggio continuo del glucosio hanno dimostrato un'accuratezza clinicamente accettabile nel paziente critico, con valori di errore compatibili con l'utilizzo clinico e un profilo di sicurezza favorevole in termini di ipoglicemia. L'impiego del CGM e del rtCGM è risultato associato a un miglior controllo glicemico, espresso da una riduzione della glicemia media, della variabilità glicemica e da un aumento del tempo trascorso nell'intervallo target. In questo ambito, l'infermiere assume un ruolo chiave nella sorveglianza continua dei valori glicemici, nell'interpretazione dei trend e nell'individuazione precoce di deviazioni potenzialmente pericolose, supportando decisioni terapeutiche tempestive e mirate.

Nel contesto post-dimissione ospedaliera, il monitoraggio continuo del glucosio ha mostrato una maggiore capacità di identificare episodi ipoglicemici rispetto al monitoraggio capillare intermittente, favorendo una gestione più proattiva del controllo glicemico. Anche in questa fase, la competenza infermieristica risulta fondamentale nell'educazione del paziente, nella continuità assistenziale e nel monitoraggio dell'aderenza alle strategie di controllo glicemico.

Nel complesso, le evidenze disponibili suggeriscono che il monitoraggio continuo del glucosio rappresenti un valido supporto alla gestione glicemica nel paziente critico e nel periodo successivo alla dimissione, mentre il monitoraggio capillare point-of-care presenta importanti limitazioni in condizioni di instabilità clinica. L'infermiere, attraverso una valutazione clinica continua, una corretta esecuzione delle procedure di monitoraggio e un'attenta interpretazione dei dati glicemici, contribuisce in modo determinante alla sicurezza del paziente e all'ottimizzazione del controllo glicemico.

## **BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA**

- [1] Galindo RJ, Fayfman M, Umpierrez GE. Perioperative Management of Hyperglycemia and Diabetes in Cardiac Surgery Patients. *Endocrinol Metab Clin North Am.* 2018 Mar; 47(1): 203-222.
- [2] Becker CD, Sabang RL, Nogueira Cordeiro MF, Hassan IF, Goldberg MD, Scurlock CS. Hyperglycemia in Medically Critically Ill Patients: Risk Factors and Clinical Outcomes. *Am J Med.* 2020 Oct; 133(10): 568-574.
- [3] Mouri M, Badireddy M. Hyperglycemia. 2023 Apr 24. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan–.
- [4] Godinjak A, Iglica A, Burekovic A, Jusufovic S, Ajanovic A, Tancica I, Kukuljac A. Hyperglycemia in Critically Ill Patients: Management and Prognosis. *Med Arch.* 2015 Jun; 69(3): 157-60.
- [5] Vedantam D, Poman DS, Motwani L, Asif N, Patel A, Anne KK. Stress-Induced Hyperglycemia: Consequences and Management. *Cureus.* 2022 Jul 10; 14(7): 26714.
- [6] Mahmoodpoor A, Hamishehkar H, Beigmohammadi M, Sanaie S, Shadvar K, Soleimanpour H, Rahimi A, Safari S. Predisposing Factors for Hypoglycemia and Its Relation With Mortality in Critically Ill Patients Undergoing Insulin Therapy in an Intensive Care Unit. *Anesth Pain Med.* 2016 Jan 31; 6(1): 33849.
- [7] Cardona S, Gomez PC, Vellanki P, Anzola I, Ramos C, Urrutia MA, Haw JS, Fayfman M, Wang H, Galindo RJ, Pasquel FJ, Umpierrez GE. Clinical characteristics and outcomes of symptomatic and asymptomatic hypoglycemia in hospitalized patients with diabetes. *BMJ Open Diabetes Res Care.* 2018 Dec 18; 6(1): 000607.
- [8] Hryciw BN, Ghossein J, Rochweg B, Meggison H, Fernando SM, Kyeremanteng K, Tran A, Seely AJE. Glycemic Variability As a Prognostic Factor for Mortality in Patients With Critical Illness: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Crit Care Explor.* 2024 Jan 11; 6(1): 1025.

- [9] Yang H, Wang H, Jiang Y. Exploring the impact of glycemic variability on clinical outcomes in critically ill cerebral infarction patients. *Diabetol Metab Syndr*. 2025 Mar 25; 17(1): 100.
- [10] Hou Y, Guo X, Yu J. Association between glycemic variability and all-cause mortality in critically ill patients with non-traumatic subarachnoid hemorrhage: a retrospective study based on the MIMIC-IV database. *Eur J Med Res*. 2025 Apr 4;30(1):235.
- [11] Tran NK, LaValley C, Bagley B, Rodrigo J. Point of care blood glucose devices in the hospital setting. *Crit Rev Clin Lab Sci*. 2023 Jun; 60(4): 290-299.
- [12] Mishra K, Mishra S, Katial T. Accuracy of point-of-care capillary blood sugar measurements in critically ill patients: An observational study. *Int J Crit Illn Inj Sci*. 2024 Apr-Jun; 14(2): 74-78.
- [13] Luan X, Ke L, Feng M, Peng W, Luo H, Xue H, Xia Y. Risk management in POCT blood glucose monitoring: FMEA approach aligned with ISO 15189:2022. *PLoS One*. 2025 Mar 10; 20(3): 0319817.
- [14] Juneja D, Deepak D, Nasa P. What, why and how to monitor blood glucose in critically ill patients. *World J Diabetes*. 2023 May 15; 14(5): 528-538.
- [15] Alshaer A, Badgheish BA, Alsadah ZH, Sewify K, Alghazal S, Alzahrani S, Qadi A, Alqahtani R, Farsani GA, Shilash A. Comparing the accuracy of point-of-care with laboratory (capillary, venous, and arterial) blood glucose levels in critically ill patients with and without shock. *BMC Res Notes*. 2022 Dec 17; 15(1): 372.
- [16] Krinsley JS, Chase JG, Gunst J, Martensson J, Schultz MJ, Taccone FS, Wernerman J, Bohe J, De Block C, Desai T, Kalfon P, Preiser JC. Continuous glucose monitoring in the ICU: clinical considerations and consensus. *Crit Care*. 2017 Jul 31; 21(1): 197.
- [17] Holzinger U, Warszawska J, Kitzberger R, Wewalka M, Miehsler W, Herkner H, Madl C. Real-time continuous glucose monitoring in critically ill patients: a prospective randomized trial. *Diabetes Care*. 2010 Mar; 33(3): 467-472.

- [18] Rodbard D. Continuous Glucose Monitoring: A Review of Recent Studies Demonstrating Improved Glycemic Outcomes. *Diabetes Technol Ther*. 2017 Jun; 19(S3): S25-S37.
- [19] Honarmand K, Sirimatuross M, Hirshberg EL, Bircher NG, Agus MSD, Carpenter DL, Downs CR, Farrington EA, Freire AX, Grow A, Irving SY, Krinsley JS, Lanspa MJ, Long MT, Nagpal D, Preiser JC, Srinivasan V, Umpierrez GE, Jacobi J. Society of Critical Care Medicine Guidelines on Glycemic Control for Critically Ill Children and Adults 2024. *Crit Care Med*. 2024 Apr 1; 52(4): 161-181.
- [20] Wu Z, Liu J, Zhang D, Kang K, Zuo X, Xu Q, Pan A, Fang W, Liu F, Shang Y, Yin H, Hu J, Liu J, Fu J, Zhang W, Zong Y, Shao M, Zhao F, Meng M, Mao Y, Li Y, Chen D. Expert consensus on the glycemic management of critically ill patients. *J Intensive Med*. 2022 Jul 8; 2(3): 131-145.
- [21] Rodriguez-Delgado E, García Del Moral R, Cobos-Vargas A, Martín-López J, Colmenero M. Agreement of blood glucose measured with glucose meter in arterial, central venous, and capillary samples in adult critically ill patients. *Nurs Crit Care*. 2022 Sep; 27(5): 711-717.
- [22] Li X, Ma Y, Chen T, Tang J, Ma X. Bedside Blood Glucose Monitoring in Critically Ill Patients: Comparison Between Arterial and Capillary Glucose. *Am J Med Sci*. 2017 Nov; 354(5): 458-461.
- [23] Santamaria JD, Selers E, Reid D. Accuracy of continuous glucose monitoring in critically ill patients. *Crit Care Resusc*. 2025 Oct 17; 27(4): 100-118.
- [24] Giovannetti ER, Lee RO, Thomas RL, Wolinsky T, Talbot AV, Ali RS, Cavaiola TS, Kulasa K, Boeder SC. Continuous Glucose Monitoring-Guided Insulin Infusion in Critically Ill Patients Promotes Safety, Improves Time Efficiency, and Enhances Provider Satisfaction. *Endocr Pract*. 2025 Sep; 31(9): 1143-1149.
- [25] Umpierrez GE, Castro-Revoredo I, Moazzami B, Nayberg I, Zabala Z, Galindo RJ, Vellanki P, Peng L, Klonoff DC. Randomized Study Comparing Continuous Glucose

Monitoring and Capillary Glucose Testing in Patients With Type 2 Diabetes After Hospital Discharge. *Endocr Pract.* 2025 Mar; 31(3): 286-291.

[26] Chu C, Li J, Yang X, Zhao H, Wu Z, Xu R, Gao J. Continuous glucose monitoring versus conventional glucose monitoring in the ICU: A randomized controlled trial. *J Crit Care.* 2024 Dec; 84: 154894.