

Tolleranza all'ultrafiltrazione nel paziente in dialisi cronica: è utile un approccio ecografico?

Articoli originali

Lorenzo Gasperoni¹, Federica Di Filippo¹, Roberto Boccadoro¹, Laura Maldini¹, Stefano Bini¹, Angelo Rigotti¹, Emanuele Mambelli¹

¹UOC Nefrologia e Dialisi- Ospedale Infermi-Rimini-AUSL Romagna



Lorenzo Gasperoni

Corrispondenza a:

Emanuele Mambelli

UOC Nefrologia e Dialisi

Ospedale Infermi – Rimini

AUSL Romagna

Tel 0541-705543

Mail: emanuele.mambelli@auslromagna.it

ABSTRACT

Introduzione: L'ipotensione intradialitica è una delle complicanze più frequenti del trattamento emodialitico e si associa ad aumento della mortalità. Ad oggi non esistono fattori predittivi validati per stimare a priori la tolleranza emodinamica alla sottrazione idrica in corso di trattamento dialitico. Scopo dello studio è stato valutare se i parametri ecografici inerenti alla vena cava inferiore (VCI) a inizio dialisi possano essere predittivi di tolleranza all'ultrafiltrazione in pazienti emodializzati cronici, clinicamente stabili, previa valutazione dello stato di idratazione con un'ecografia polmonare bed-side.

Materiali e metodi: Abbiamo condotto uno studio spontaneo, prospettico, osservazionale, monocentrico, esplorativo su 17 pazienti in emodialisi cronica. Prima dell'inizio della seduta dialitica, sono state eseguite l'ecografia della VCI e l'ecografia polmonare. Abbiamo confrontato i dati ecografici rilevati dal gruppo di pazienti che ha presentato almeno un episodio di ipotensione intradialitica con quelli dei pazienti che non ne hanno presentati.

Risultati: Dei 17 pazienti arruolati, 4 hanno presentato ipotensione. L'indice di collapsabilità della VCI (IC-VCI) dei pazienti che presentavano ipotensione intradialitica è risultato significativamente aumentato rispetto ai pazienti che non andavano incontro a ipotensione. Il diametro minimo della VCI (VCI min) è risultato significativamente minore nei soggetti con ipotensioni intradialitiche. Il risultato si confermava anche nelle analisi multivariate in cui tali parametri si mantenevano significativi anche al netto del B-lines-score.

Conclusioni: I risultati del nostro studio permettono di ipotizzare che IC-VCI e VCI min possano essere considerati predittori di rischio di ipotensione intradialitica in pazienti in emodialisi cronica. Studi ulteriori saranno necessari per confermare i dati osservati.

PAROLE CHIAVE: cava inferiore, ecografia polmonare

Introduzione

L'ipotensione intradialitica è una complicanza relativamente frequente nel paziente in emodialisi cronica che impedisce il raggiungimento del peso secco e risulta correlata a ridotta sopravvivenza e a ridotta efficacia del trattamento emodialitico [1, 2].

Per evitare le ipotensioni intradialitiche è fondamentale garantire la tolleranza emodinamica alla ultrafiltrazione che dipende sia dalla corretta valutazione dello stato di idratazione che del peso secco.

La valutazione clinica dello stato di idratazione risulta spesso complessa e non conclusiva. Metodiche strumentali come l'Rx torace non sono sempre disponibili al letto, hanno una sensibilità e specificità non ottimali ed espongono il paziente a radiazioni [3]. Lo studio bioimpedenziometrico (BIA) rappresenta una metodica che deve essere utilizzata come una parte di tutto lo strumentario disponibile per il nefrologo per lo studio dello stato di idratazione e va integrato con la valutazione clinica [4].

L'ecografia della vena cava inferiore, mediante la determinazione dei diametri massimo e minimo e dell'indice di collassabilità (IC) è uno strumento valido nello stimare lo stato volemico e la pressione venosa centrale (PVC) in pazienti in trattamento emodialitico cronico [3]. Riguardo all'utilità dei parametri ecografici relativi alla vena cava inferiore quali predittori di tolleranza clinica all'ultrafiltrazione nel paziente in emodialisi, gli studi presenti in letteratura non hanno mostrato risultati univoci e hanno preso in considerazione setting clinici eterogenei (pazienti in trattamento emodialitico cronico, pazienti in terapia intensiva con diagnosi di insufficienza renale acuta e/o shock, sottoposti a ventilazione meccanica) [5–8].

L'ecografia polmonare, mediante la quantificazione delle linee B, si è dimostrata utile per la valutazione dello stato di idratazione polmonare e per la determinazione del peso secco nel paziente in emodialisi cronica [9].

Lo scopo di questo studio è stato valutare se i parametri ecografici inerenti alla vena cava inferiore possano essere predittivi di tolleranza all'ultrafiltrazione in pazienti in trattamento emodialitico cronico clinicamente stabili, in cui sia stata prima effettuata una valutazione strumentale bed-side dello stato di idratazione mediante ecografia polmonare.

Metodi

Disegno dello studio

Studio spontaneo, prospettico, osservazionale, monocentrico, esplorativo.

Pazienti

Sono stati studiati pazienti in trattamento dialitico cronico presso l'UO di Nefrologia e Dialisi dell'AUSL Romagna sede di Rimini. Sono stati esclusi pazienti che presentavano un'infezione attiva concomitante o ricoverati in Terapia Intensiva.

Materiali e metodi

Prima dell'inizio della programmata seduta emodialitica i pazienti sono stati sottoposti a valutazione dello stato di idratazione mediante obiettività clinica ed ecografia polmonare. È stata quindi eseguita, prima della seduta dialitica, l'ecografia della vena cava inferiore, con determinazione di diametro massimo, diametro minimo e indice di collassabilità (IC). L'ecografia polmonare è stata effettuata mediante sonda Convex addominale. Per il conteggio delle linee B è stato utilizzato il metodo a 28

scansioni, ovvero dal secondo al quinto spazio intercostale per l'emittoce di destra e dal secondo al quarto spazio intercostale per l'emittoce di sinistra, seguendo le linee parasternale, emiclavare, ascellare anteriore e ascellare media. Per ogni scansione è stato quantificato il numero di linee B e, dalla loro somma, ottenuto il B-lines score. Il grado di congestione polmonare è stato valutato come assente (<5 linee B), lieve (da 5 a 13 linee B), moderato (da 14 a 30 linee B) e severo (>30 linee B) [10].

L'ecografia della VCI è stata effettuata mediante sonda Convex addominale con approccio sub-xifoideo. Le misurazioni di diametro massimo e minimo e dell'IC sono state effettuate a circa 2-3 cm dall'atrio destro.

Per una valutazione più obiettiva, sia l'ecografia polmonare che l'ecografia della VCI sono state eseguite contemporaneamente da 2 medici promotori dello studio. Le misure della vena cava e il conteggio delle linee B veniva quindi discusso e condiviso in sede d'esame per limitare l'errore di valutazione.

Durante la seduta emodialitica sono stati registrati parametri quali grado di ultrafiltrazione, episodi di ipotensione intradialitica, riduzione critica del volume ematico, sintomi clinici, eventuale sospensione anticipata della seduta.

La prescrizione della seduta non è stata influenzata dalla valutazione ecografica ed è stata effettuata secondo la consueta scheda di programmazione senza modifiche alla prescrizione.

Non sono state apportate modifiche nella terapia domiciliare e intradialitica.

L'ipotensione intradialitica è stata definita come riduzione della pressione arteriosa sistolica superiore a 20 mmHg con sintomi associati o come riduzione della PA sistolica al di sotto di 90 mmHg.

Endpoint

L'endpoint è stato valutare l'impatto dei parametri ecografici inerenti alla vena cava inferiore (in particolare l'indice di collassabilità) sul rischio di ipotensione intradialitica.

Analisi statistica

I risultati riferiti alle variabili continue con distribuzione normale sono stati riportati come media e deviazione standard (*standard deviation, SD*). I risultati riferiti alle variabili continue con distribuzione non normale sono stati riportati come mediana e intervallo interquartile (*Interquartile Range, IQR*).

Il confronto fra i gruppi è stato effettuato mediante t-test per le variabili continue con distribuzione normale. Il test di Mann-Whitney è stato impiegato per le variabili continue a distribuzione non normale e il test di Fisher per le variabili categoriche.

La correlazione tra variabili continue è stata valutata mediante regressione lineare semplice.

L'analisi multivariata è stata condotta mediante regressione logistica multipla. Un p value < 0,05 è stato considerato significativo.

I calcoli sono stati effettuati mediante GraphPadPrism™ (version 8 for Windows, GraphPad Software Inc., CA, USA).

Risultati

Sono stati arruolati 17 pazienti in trattamento emodialitico cronico. L'età media era di 71 anni (DS 15,18). Dieci pazienti erano di sesso maschile (59%) e 7 di sesso femminile (41%). L'età dialitica mediana era di 50 mesi (IQR 53,24) e il Charlson Comorbidity Index mediano era di 7 (IQR 5,00 – 7,50). In merito alle comorbidità, 7 soggetti (41%) avevano un'anamnesi positiva per cardiopatia ischemica, 3 pazienti (17%) presentavano una stenosi aortica moderata-severa, 3 (17%) un'insufficienza mitralica moderata-severa e 7 (41%) erano affetti da diabete mellito. La Frazione d'Eiezione (FE) % media era di 52,88 (DS 14,45). L'accesso vascolare per l'emodialisi era la Fistola Artero-Venosa (FAV) per 10 soggetti (59%) mentre i restanti 7 dializzavano tramite CVC (41%). La modalità dialitica era l'emodiafiltrazione (HDF) per 2 pazienti (12%), l'Acetate Free Biofiltration (AFB) per 3 (18%) e l'emodialisi bicarbonato (HD) per 12 (70%).

Nell'ambito della nostra popolazione 4 pazienti (24%) hanno presentato ipotensione intradialitica.

Le caratteristiche cliniche e laboratoristiche così come il confronto fra i due gruppi sono riassunte nella Tabella 1.

I due gruppi risultavano omogenei rispetto alle principali caratteristiche cliniche e demografiche. Non sussisteva differenza significativa in termini di patologie valvolari, cardiopatia ischemica e diabete. La percentuale di soggetti di sesso femminile è risultata maggiore nel gruppo che è andato incontro a ipotensione intradialitica. Non si è registrata differenza tra i livelli ematici di emoglobina fra i due gruppi (10,73 g/dL, DS 1,53 vs 11,40 g/dL DS 1,66) mentre l'albuminemia è risultata significativamente minore nei pazienti ipotensi pur attestandosi su valori medi maggiori di 30 mg/dL (30,25 g/L, DS 9,60 vs 38,23 g/L, DS 2,74, $p=0,0129$).

L'IC della VCI (IC-VCI) è risultato significativamente maggiore nel gruppo di pazienti che hanno presentato un episodio ipotensivo (65,84, DS 22,01 vs 33,35, DS 22,49, $p=0,0228$), come mostrato nella (Figura 1).

Il diametro massimo della VCiera simile tra i pazienti ipotensi e non ipotensi (11,20 mm, IQR 9,95 – 13,88 vs 18,00 mm, IQR 11,00 – 22,80) mentre il diametro minimo è risultato significativamente inferiore nel gruppo di pazienti con episodi ipotensivi (2,75 mm, IQR 2,12 – 8,02 vs 13,00 mm IQR 5,00 – 19,70, $p=0,0349$).

Non sono emerse differenze tra il B-lines score dei due gruppi di pazienti (21, DS 16,99 vs 16, DS 16,56) mentre la presenza di versamenti pleurici è risultata significativamente maggiore nel gruppo con episodi ipotensivi intradialitici (2 DS 50 vs 0, $p=0,0441$).

L'ultrafiltrazione totale media non è risultata differente fra i due gruppi (2363 mL, DS 1349 vs 2346 mL, DS 887,5) anche tenendo conto del peso corporeo (41,25 mL/kg, DS 21,98 vs 33,31 mL/kg, DS 12,24), così come l'ultrafiltrazione oraria massima (11,50 mL/kg/h, DS 6,55 vs 11,60 mL/kg/h DS 3,87).

Abbiamo realizzato delle regressioni logistiche semplici considerando come variabile dipendente l'ipotensione intradialitica e come variabili indipendenti l'IC-VCI%, il diametro minimo della vena cava inferiore (VCI min) e il B-lines score. Da tali analisi è risultato che un maggiore IC-VCI determinava un rischio aumentato di ipotensione (OR 1,071 95%CI 1,011 – 1,177, $p= 0,0161$) così come un ridotto VCI min (OR 0,7409; 95% CI 0,4091 – 0,9737; $p= 0,0249$). Il VCI max e il B-lines score non influenzavano il rischio di ipotensione intradialitica (Tabella 2).

Variabili	Totale (17)	Ipotensione (4)	No ipotensione (13)	P
Età,anni,media (DS)	71 (15,18)	72 (23,27)	70 (13,10)	0,8792
Maschi,n (%)	10 (59)	0 (0)	10 (77)	0,01747
Età dialitica, mesi mediana (IQR)	50 (53,24)	36 (11,50)	42 (11,50 – 45,75)	0,6088
Charlson Comorbidity Index, mediana (IQR)	7 (5,00 – 7,50)	6 (2,75 – 7,75)	7 (5,00 – 7,50)	0,7034
Emoglobina, g/dL, media (DS)	11,24 (1,61)	10,73 (1,53)	11,40 (1,66)	0,4819
Albumina mg/dL, media (DS)	37,5 (5,6)	30,25 (9,60)	38,23 (2,74)	0,0129
Accesso vascolare				
FAV, n (%)	10 (39)	2 (50)	8 (62)	>0,9999
CVC, n (%)	7 (41)	2 (50)	5 (38)	
Qb, ml/min, mediana (IQR)	300 (275 – 300)	275 (212 – 300)	300 (300-300)	0,2534
Tecnicodialitica				
HDF	2 (12)	0 (0)	2 (15)	>0,9999
AFB	3 (17)	2 (50)	1 (7)	0,1206
HD	12 (71)	2 (50)	10 (78)	0,5378
Comorbidity				
Cardiopatia ischemica, n (%)	7 (41)	1 (25)	6 (46)	0,6029
Diabete mellito, n (%)	7 (41)	1 (25)	6 (46)	0,6029
FE%, media (DS)	52,88 (14,45)	55,75 (18,19)	51,92 (13,80)	0,6617
Stenosi aortica moderata-severa, n (%)	3 (17)	1 (25)	2 (15)	>0,9999
Insufficienza mitralica moderata-severa, n (%)	3 (17)	2 (50)	1 (7)	0,1206
Indice di collassabilità VCI, n (DS)	40,99 (25,93)	65,84(22,01)	33,35 (22,49)	0,0228
Diametro VCI max, mm, mediana (IQR)	12,00 (10,35 – 22,60)	11,20 (9,95 – 13,88)	18,00 (11,00 – 22,80)	0,3097
Diametro VCI min, mm, mediana (IQR)	8,60 (3,80 – 17,10)	2,75 (2,12 – 8,02)	13,00 (5,00 – 19,70)	0,0349
B-lines score media (DS)	17,47 (16,24)	21(16,99)	16 (16,56)	0,6348
Versamento pleurico, n (%)	2 (12)	2 (50)	0 (0)	0,0441
Uf totale, mL, media (DS)	2350 (965,3)	2363 (1349)	2346 (887,5)	0,9775
Uf totale, ml/kg, media (DS)	35,18 (14,66)	41,25 (21,98)	33,31 (12,24)	0,3601
Uf oraria massima ml/kg/h, media (DS)	11,57 (4,39)	11,50 (6,55)	11,60 (3,87)	0,9709
Max variazione vol ematico, %, media (DS)	11,94 (4,82)	12,73 (6,70)	11,69 (4,42)	0,7210

Tabella 1: Caratteristiche cliniche e outcome dell'intera popolazione e confronto fra pazienti che hanno presentato ipotensione intradialitica clinicamente significativa (riduzione PAS > 20 mmHg con sintomi associati o PAS < 90 mmHg).

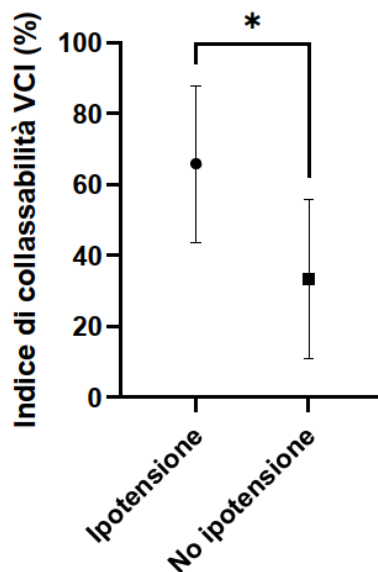


Figura 1: L'indice di collassabilità % della VCI è significativamente maggiore nei pazienti con episodi ipotensivi rispetto al gruppo senza ipotensione.

Variable	OR	95% CI	P
IC VCI%	1,071	1,011 – 1,177	0,0161
VCI min, mm	0,7409	0,4091 – 0,9737	0,0249
B-lines score	1,018	0,9452 to 1,093	0,6147

Tabella 2: Regressione logistica semplice avente come variabile dipendente ipotensione clinicamente significativa.

Le analisi di regressione lineare semplice hanno mostrato:

- 1) una correlazione significativa tra IC-VCI e PAS minima raggiunta (a IC-VCI maggiori corrispondeva una PAS minima raggiunta minore, $p = 0,0049$) (Figura 2);
- 2) una correlazione fra VCI min e PAS minima (a VCI minori corrispondeva una PAS minima raggiunta minore, $p = 0,0102$) (Figura 3).
- 3) non vi era correlazione significativa fra VCI max e PAS minima (Figura 4) o fra IC-VCI e PAD minima raggiunta (Figura 5) e fra IC-VCI e ultrafiltrazione ottenuta (Figura 6).

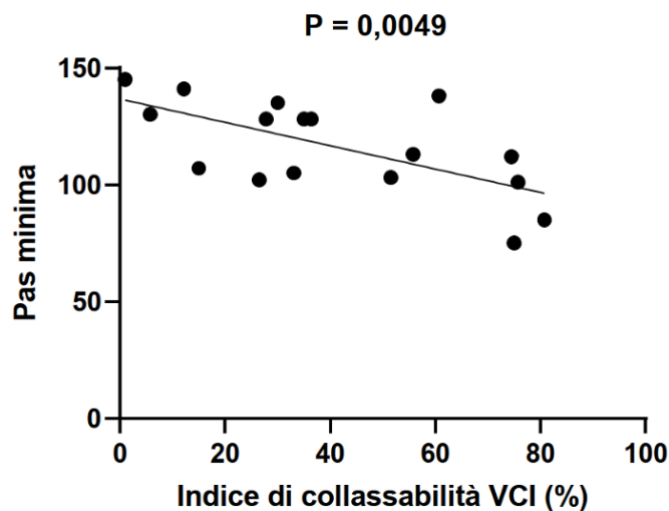


Figura 2: Regressione lineare semplice avente come variabile dipendente PAS minima raggiunta e come variabile indipendente l'indice di collassabilità della VCI %.

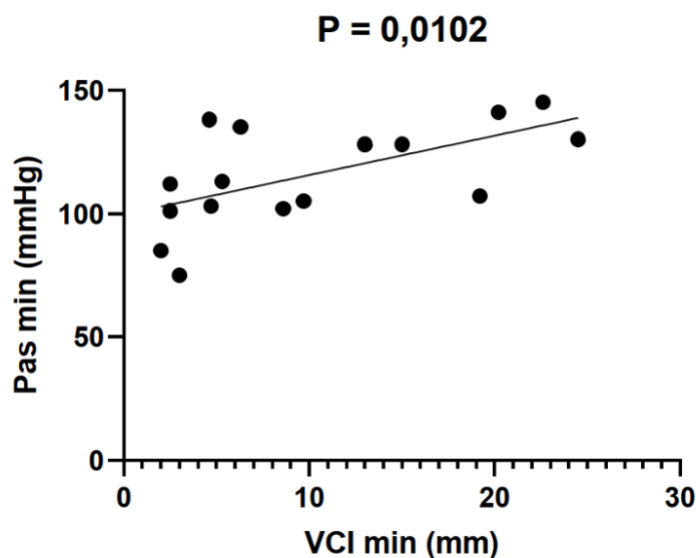


Figura 3: Regressione lineare semplice avente come variabile dipendente PAS minima raggiunta e come variabile indipendente il diametro minimo della VCI.

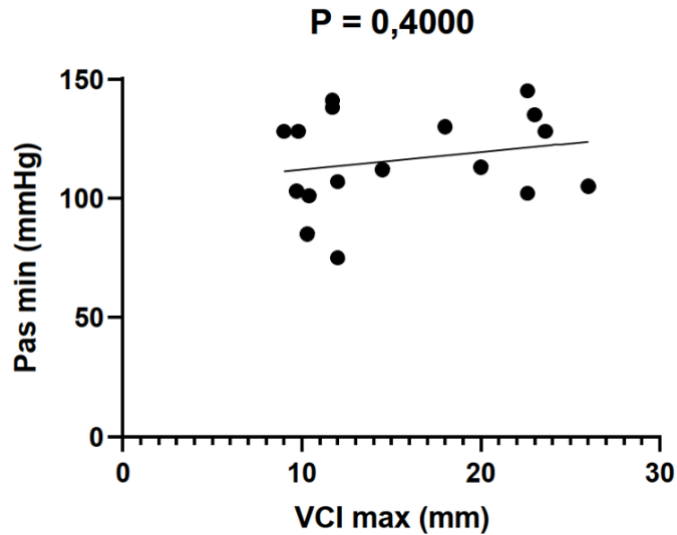


Figura 4: Regressione lineare semplice avente come variabile dipendente la PAS minima raggiunta e come variabile indipendente il diametro massimo della VCI.

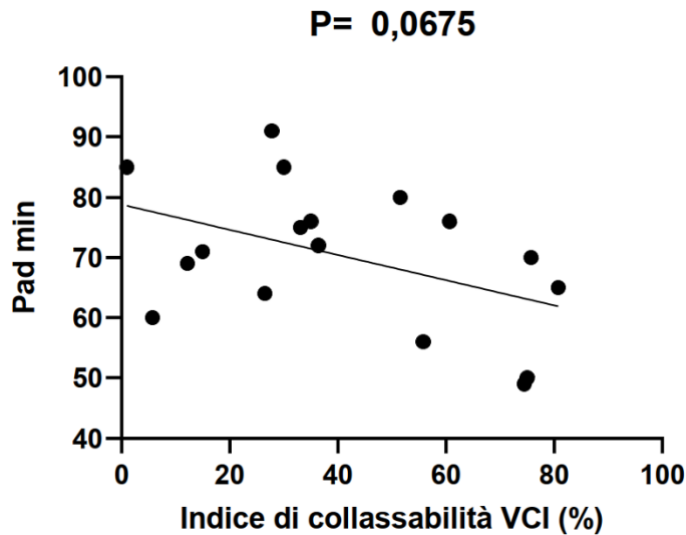


Figura 5: Regressione lineare semplice avente come variabile dipendente la PAD minima raggiunta e come variabile indipendente l'indice di collassabilità della VCI %.

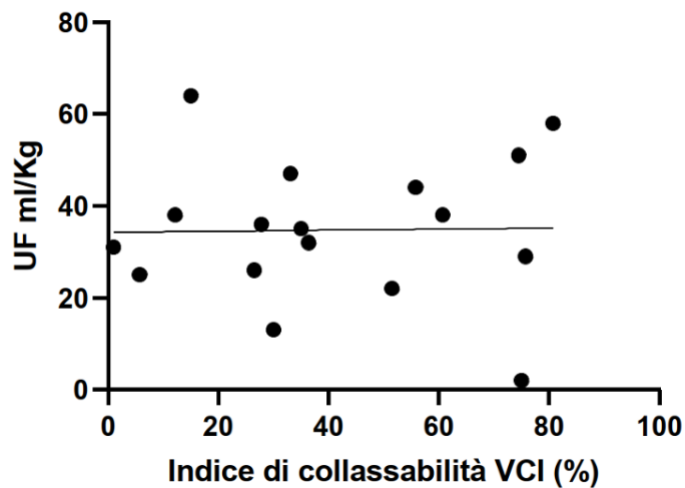


Figura 6: Regressione lineare semplice avente come variabile dipendente l'ultrafiltrazione massima pro kg e come variabile indipendente l'indice di collassabilità della VCI %.

Inoltre, abbiamo eseguito una regressione logistica multipla considerando come variabile dipendente l'ipotensione intradialitica e come variabili indipendenti l'IC-VCI% e il B-lines score (BLS): in questa analisi l'IC-VCI ha mantenuto significatività anche al netto del BLS (Tabella 3).

Variable	OR	95% CI
IC VCI%	1,072	1,010 – 1,181
B-lines score	0,9957	0,9060 – 1,079

Tabella 3: Regressione logistica multipla avente come variabile dipendente l'ipotensione clinicamente significativa.

Anche la significatività statistica del diametro minimo della VCI resiste alla multivariata che considera come variabile dipendente sempre l'ipotensione clinicamente significativa mentre come variabili indipendenti la VCI min e il BLS (Tabella 4).

Variable	OR	95% CI
VCI min	0,7467	0,4120 -0,9774
B-lines score	1,010	0,9323 – 1,091

Tabella 4: Regressione logistica multipla avente come variabile dipendente l'ipotensione clinicamente significativa.

Infine, abbiamo eseguito un'ulteriore regressione logistica multipla considerando sempre come variabile dipendente l'ipotensione intradialitica e come variabili indipendenti l'IC-VCI% e la Frazione di Eiezione (FE): è emerso come l'indice di collassabilità resista anche al netto della FE (Tabella 5).

Variable	OR	95% CI
IC VCI	1,073	1,011 -1,187
FE	1,022	0,9315 – 1,133

Tabella 5: Regressione logistica multipla avente come variabile dipendente l'ipotensione clinicamente significativa.

Discussione

Abbiamo condotto uno studio il cui obiettivo era quello di valutare se i parametri ecografici inerenti alla vena cava inferiore (in particolare l'indice di collassabilità) potessero essere predittivi di tolleranza all'ultrafiltrazione in pazienti in trattamento emodialitico cronico in cui fosse stata effettuata, prima dell'inizio della dialisi, una valutazione strumentale bed-side dello stato di idratazione mediante ecografia polmonare.

Nel nostro studio sono stati posti a confronto pazienti che hanno presentato ipotensione intradialitica e pazienti che non hanno presentato ipotensione intradialitica.

I due gruppi sono risultati omogenei per comorbidità cardiovascolari che possono portare allo sviluppo più frequente di episodi ipotensivi intradialitici (patologie valvolari, cardiopatia ischemica e diabete). Vi era uno sbilanciamento di soggetti di sesso femminile nel gruppo di pazienti con ipotensione intradialitica probabilmente imputabile al ridotto numero del campione.

Il gruppo con ipotensione intradialitica presentava un'albuminemia ridotta, ma il valore medio è risultato al di sopra del cut-off associato ad outcome negativi nel paziente in emodialisi cronica [11].

Dall'analisi dei dati è emerso che il gruppo di pazienti con ipotensione intradialitica presentava un indice di collassabilità della VCI significativamente aumentato rispetto ai pazienti che non andavano incontro a ipotensione. Per quanto riguarda lo studio dei diametri della VCI, solo il diametro minimo della vena cava inferiore è risultato significativamente diverso tra i pazienti con e senza episodi ipotensivi: in particolare è risultato minore nei soggetti con ipotensioni intradialitiche.

La VCI è un vaso compliant che cambia dimensione e forma in rapporto ai cambiamenti della pressione venosa centrale e del volume intravascolare.

Diversi studi clinici hanno dimostrato che l'accuratezza diagnostica dello studio ecografico della VCI è alta. In particolare, sono riportate correlazioni positive tra diametro della VCI e volume intravascolare e correlazioni negative tra IC-VCI e volume intravascolare [12].

La tolleranza al trattamento dialitico dei pazienti in dialisi cronica dipende dalle variazioni di volume indotte dal trattamento dialitico (calo ponderale impostato). In caso di eccessiva riduzione del volume circolante il paziente manifesta ipotensione. Il risultato del nostro studio, quindi, è in accordo con i dati noti della relazione VCI/volume intravascolare in quanto i pazienti che hanno presentato ipotensione avevano rispettivamente variazioni di questi parametri in linea con quanto descritto dalla letteratura.

La valutazione dello stato di idratazione mediante ecografia polmonare (B-linescore) non ha mostrato differenze significative fra i due gruppi (21, DS 16,99 vs 16, DS 16,56). La presenza di versamento pleurico è risultata maggiormente rappresentata nel gruppo di pazienti con ipotensione.

A conferma di ciò, anche nelle analisi multivariate, sia l'indice di collassabilità che il diametro minimo della vena cava inferiore mantengono significatività anche al netto del B-linescore.

Infine, da un'altra regressione logistica multipla effettuata è emerso che la significatività del IC-VCI quale fattore di rischio per ipotensione si manteneva tale anche inserendo nel modello la frazione d'eiezione. È ipotizzabile, pertanto, che tale parametro possa essere utile anche in pazienti con funzionalità cardiaca ridotta.

L'indice di collassabilità non è risultato essere un predittore dell'ultrafiltrazione massima raggiunta. Tale risultato potrebbe essere spiegato dalla eterogeneità dell'ultrafiltrazione prescritta e dal campione ridotto.

I risultati di questo studio permettono dunque di ipotizzare che IC della VCI e VCI min possano essere considerati predittori di rischio di ipotensione intradialitica in pazienti in emodialisi cronica anche tenendo conto dello stato di idratazione del paziente e quindi al netto di eventuali ipotensioni intradialitiche iatrogene dovute a un'errata prescrizione del peso secco.

Lo studio di Brennan et al. su pazienti in emodialisi cronica non aveva dimostrato una correlazione chiara fra IC-VCI e rischio di ipotensione intradialitica; tuttavia, in tale lavoro non veniva effettuata una valutazione accurata dello stato di idratazione. Lo studio mostrava infatti che i pazienti con minore IC-VCI inferiore andavano incontro a maggior rischio di ipotensione intradialitica. Gli autori commentavano tale risultato come dovuto a un possibile maggiore tasso di ultrafiltrazione in questi pazienti poiché giudicati "ipervolemici" [5]. Nel nostro studio i parametri inerenti alla VCI non erano utilizzati quale marcatore di stato di idratazione, bensì come possibili predittori di rischio di ipotensione intradialitica mentre la valutazione dello stato di idratazione veniva effettuato mediante ecografia polmonare e valutazione clinica e comunque senza influenzare la prescrizione della seduta.

Da Hora Passos et al. hanno dimostrato il valore della IC-VCI quale predittore di eventi avversi intradialitici analogamente a quanto riportato nel nostro lavoro, prendendo in esame una popolazione eterogenea di pazienti con AKI sottoposti a CRRT in terapia intensiva [13].

I limiti del nostro studio sono la natura osservazionale e la numerosità ridotta della popolazione.

Conclusioni

Nella nostra popolazione di pazienti in emodialisi cronica clinicamente stabili l'indice di collassabilità della vena cava inferiore e il diametro minimo della vena cava inferiore sono risultati predittori di tolleranza all'ultrafiltrazione anche tenendo conto dello stato di idratazione determinato mediante valutazione clinica ed ecografia polmonare.

Lo studio della VCI è un esame rapido e non invasivo che potrebbe essere utilizzato per ottenere una stima indiretta della tolleranza emodinamica al fine delle relative decisioni terapeutiche.

Ulteriori studi condotti su una popolazione più ampia potrebbero confermare i risultati del nostro studio.

BIBLIOGRAFIA

1. Volker Wizemann, Peter Wabel, Paul Chamney, Wojciech Zaluska, Ulrich Moissl, Christiane Rode, Teresa Malecka-Masalska and Daniele Marcelli. The mortality risk of overhydration in haemodialysis patients. *Nephrol Dial Transplant*, 2009. 24(5):1574-9. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfn707>.
2. Kalantar-Zadeh K, Regidor DL, Kovesdy CP, Van Wyck D, Bunnapradist S, Horwich TB, Fonarow GC. Fluid retention is associated with cardiovascular mortality in patients undergoing long-term hemodialysis. *Circulation*, 2009. 119(5):671-9. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.108.807362>.
3. Adrian Covic, Dimitrie Siriopol, Luminita Voroneanu. Use of Lung Ultrasound for the Assessment of Volume Status in CKD. *Am J Kidney Dis*, 2017. 71(3):412-422. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2017.10.009>.
4. R. Di Iorio, E. Cucciniello, V. Bellizzi. La bioimpedenza nella clinica del paziente uremico. *GIN*, 2005. 5:437-445. http://www.nephromeet.com/web/eventi/GIN/dl/s torico/2005/gin_5_2005/437-Di%20lorio-445.pdf.
5. Brennan JM, Ronan A, Goonewardena S, Blair JE, Hammes M, Shah D, Vasaiwala S, Kirkpatrick JN, Spencer KT. Handcarried ultrasound measurement of the inferior vena cava for assessment of intravascular volume status in the outpatient hemodialysis clinic. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2006. 1(4):749-53. <https://doi.org/10.2215/CJN.00310106>.
6. Matthew J Kaptein, John S Kaptein, Zayar Oo, Elaine M Kaptein. Relationship of inferior vena cava collapsibility to ultrafiltration volume achieved in critically ill hemodialysis patients. *International Journal of Nephrology and Renovascular Disease*, 2020. 23;11:195-209. <https://doi.org/10.2147/IJNRD.S165744>.
7. Hiroshi Sekiguchi, Luke A. Seaburg, Jun Suzuki, Walter J. Astorne, Anil S. Patel, A. Scott Keller, Ognjen Gajic, Kianoush B. Kashani. Central venous pressure and ultrasonographic measurement correlation and their associations with intradialytic adverse events in hospitalized patients: A prospective observational study. *Journal of Critical Care*, 2017. 44:168-174. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2017.10.039>.
8. Loïc Chimot, Arnaud Gacouin, Nicolas Nardi, Antoine Gros, Sophie Mascle, Sophie Marqué, Christophe Camus, Yves Le Tulzo. Can We Predict Poor Hemodynamic Tolerance of Intermittent Hemodialysis With Echocardiography in Intensive Care Patients? *J Ultrasound Med*, 2014. 33(12):2145-50. <https://doi.org/10.7863/ultra.33.12.2145>.
9. Loutradis C, Sarafidis PA, Ekart R, Papadopoulos C, Sachpekidis V, Alexandrou ME, Papadopoulou D, Efstratiadis G, Papagianni A, London G, Zoccali C. The effect of dry-weight reduction guided by lung ultrasound on ambulatory blood pressure in hemodialysis patients: a randomized controlled trial. *Kidney Int*, 2019. 95(6):1505-1513. <https://doi.org/10.1016/j.kint.2019.02.018>.
10. Mallamaci F, Benedetto FA, Tripepi R, Rastelli S, Castellino P, Tripepi G, Picano E, Zoccali C. Detection of pulmonary congestion by chest ultrasound in dialysis patients. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2010. 94(6):e473. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2010.02.005>.
11. Owen WF Jr, Lew NL, Liu Y, Lowrie EG, Lazarus JM. The urea reduction ratio and serum albumin concentration as predictors of mortality in patients undergoing hemodialysis. *N Engl J Med.*, 1993. <https://doi.org/10.1056/NEJM199309303291404>
12. Ciozda, W., Kedan, I., Kehl, D.W. et al. The efficacy of sonographic measurement of inferior vena cava diameter as an estimate of central venous pressure. *Cardiovasc Ultrasound*, 2015. <https://doi.org/10.1186/s12947-016-0076-1>. <https://doi.org/1186/s12947-016-0076-1>.
13. da Hora Passos R, Caldas J, Ramos JGR, Dos Santos Galvão de Melo EB, Ribeiro MPD, Alves MFC, Batista PBP, Messeder OHC, de Carvalho de Farias AM, Macedo E, Rouby JJ. Ultrasound-based clinical profiles for predicting the risk of intradialytic hypotension in critically ill patients on intermittent dialysis: a prospective observational study. *Crit Care*, 2019. 23 (389). <https://doi.org/10.1186/s13054-019-2668-2>.