

Cardiologia & Analisi Vettoriale di Impedenza Bioelettrica



Introduzione

Ogni giorno nel nostro Paese si registrano 500 ricoveri per scompenso cardiaco (SC) che generano un "turn-over" superiore ai 180.000 nuovi casi l'anno.

Lo scompenso cardiaco è la prima causa di ospedalizzazione, specialmente nella popolazione anziana. Le percentuali di sopravvivenza di individui con S. C. da moderato a grave sono inferiori a quelle relative alla maggior parte delle neoplasie e all'infezione da HIV; circa il 40% dei pazienti con scompenso cardiaco muore entro un anno dalla diagnosi. Solo il 25% degli uomini e il 38% delle donne sopravvive oltre 5 anni dalla diagnosi.

L'importanza di identificare le alterazioni idro-elettrolitiche nello SC

Lo SC è una sindrome cronica a carattere evolutivo contrassegnata dall'alternarsi di **fasi di stabilità e fasi di instabilizzazione**, anche idro-elettrolitica.

La prevenzione delle cause di alterazione, in cui l'equilibrio idrico ha un ruolo importante, è uno dei cardini delle linee guida per la gestione del paziente scompensato (scarsa compliance alla terapia, inadeguato introito di liquidi e sale, ritenzione renale di Na e acqua secondaria alla ridotta perfusione renale ecc.).

Base del trattamento terapeutico sono i diuretici, che aiutano l'organismo ad eliminare i liquidi in eccesso. Non esistono linee guida "universali" per l'uso dei diuretici. La posologia è personalizzata in base alla risposta del paziente. Il controllo giornaliero del peso corporeo è l'unica guida per il dosaggio dei diuretici.

Alterazioni funzioni metaboliche e cachessia nello scompenso

In circa il **50% dei pazienti con grave insufficienza cardiaca vi è malnutrizione**, clinicamente manifesta o subclinica. La cachessia cardiaca può essere generata da diversi fattori: anoressia da iponutrizione, malassorbimento, atrofia muscolare, alterazioni del metabolismo. Uno S.C. gravemente sintomatico può essere accompagnato da **perdite di tessuto magro nell'ordine del 10%**. La **cachessia cardiaca è un rilevante elemento predittivo di ridotta sopravvivenza**: uno scompensato malnutrito ha un tasso di mortalità fino a tre volte superiore rispetto a pazienti con invariata struttura muscolare. **Riuscire a tamponare con terapie nutrizionali di supporto la perdita di tessuti muscolari risulta pertanto un importante obiettivo.**

Le nuove modalità diagnostiche presentate da Akern Bioresearch hanno lo scopo monitorare e ottimizzare, a livello ospedaliero e/o domiciliare sia la posologia che la risposta alla terapia diuretica tramite la precisa classificazione e monitoraggio dello stato di idratazione del soggetto.

Applicazione dell'Analisi Vettoriale in Cardiologia

A tutt'oggi il peso corporeo (assieme al parametro derivato del BMI) è uno dei parametri più utilizzati nella pratica clinica per la valutazione di ritenzione idrica e per l'identificazione dello stato nutrizionale.

Nella sindrome dello scompenso hanno luogo molteplici fenomeni fisiologici quali, tra gli altri, ritenzione idrica e cachessia. Questi due fenomeni producono effetti contrari sul peso del soggetto: ad esempio, il sovraccarico di fluidi determina un aumento del peso, mentre la cachessia produce una perdita di peso.

Su un soggetto affetto contemporaneamente da cachessia e ritenzione, il peso può tendenzialmente rimanere invariato a causa dell' "auto-compensazione" in termini di chilogrammi di peso che questi due fenomeni comportano.

BMI e peso corporeo in questi casi mostrano scarsa specificità e sensibilità alle variazioni in atto.

L'analisi Vettoriale di Impedenza è una metodica in grado di rilevare, precocemente ed in maniera non invasiva, le più piccole variazioni di idratazione e i conseguenti processi catabolici ad esse associate.

Le terapie diuretiche e nutrizionali con questo metodo possono essere controllate e guidate con accuratezza e sensibilità, indipendentemente dal peso corporeo.

Il clinico può affidarsi ad un sistema di valutazione dello stato di idratazione e nutrizione ampiamente validato ed utilizzato con soddisfazione in reparti quali Nefrologia e Dialisi, Nutrizione Artificiale, Dietetica, Endocrinologia, Ginecologia; che si basa su una metodica non invasiva, altamente ripetibile, sensibile, specifica, economica effettuabile al letto del paziente, denominata Analisi Vettoriale di Impedenza Bioelettrica. (BiaVector®).

Basi fisiche

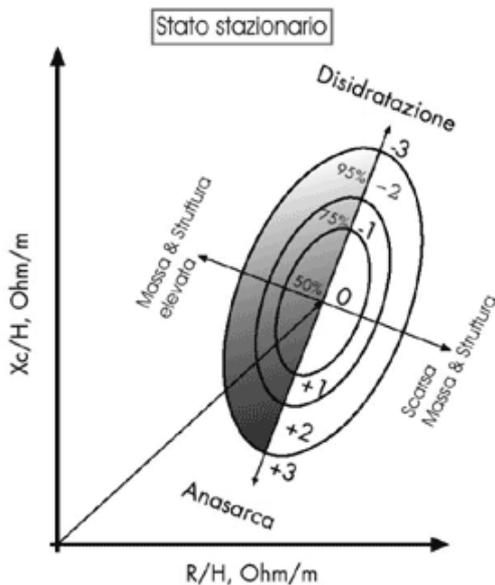
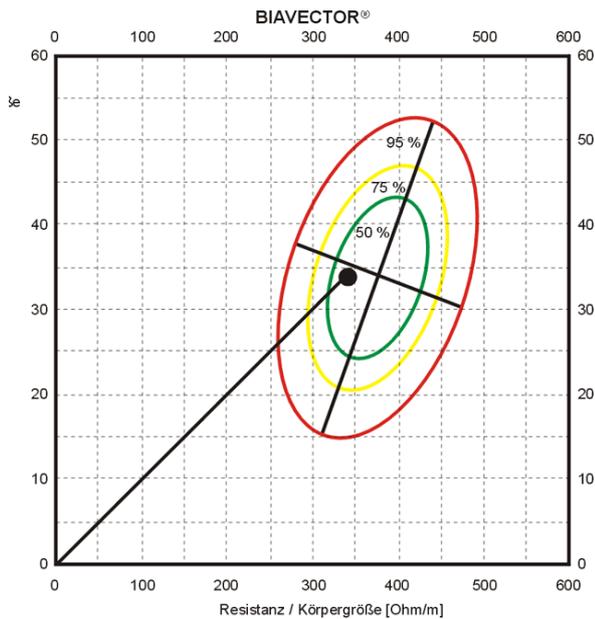
L'analisi di impedenza bioelettrica (BIA) si basa sulla misura della resistenza elettrica del corpo umano. L'analisi BIA standard consiste nell'iniezione su un soggetto di una corrente alternata ad una frequenza fissa di 50 kHz . Ciò avviene per via transcutanea, tramite due elettrodi di superficie (denominati iniettori). Una seconda coppia di elettrodi (denominati sensori) ha il compito di registrare la resistenza del nostro organismo al passaggio della corrente applicata. L'opposizione al passaggio della corrente è denominata **Impedenza (Z)**. **L'impedenza consta di due diverse componenti: la resistenza e la reattanza.**

Tutte le strutture biologiche offrono una resistenza (**Resistenza, R_z**) al passaggio di una corrente elettrica. Questa rappresenta la forza che un conduttore oppone al passaggio della corrente. La legge di Ohm afferma che la resistenza di un corpo è proporzionale alla caduta di voltaggio della corrente elettrica applicata. I tessuti privi di grasso sono buoni conduttori: essi sono ricchi di fluidi corporei che oppongono al passaggio della corrente alternata una bassa resistenza. Al contrario i tessuti adiposi e le ossa sono cattivi conduttori in quanto poveri di fluidi ed elettroliti, divenendo così una via elettrica fortemente resistiva.

La Reattanza (XC), conosciuta anche come resistenza capacitiva, è la **forza che un condensatore oppone al passaggio di una corrente elettrica**. Per definizione un condensatore consiste in due o più piastre conduttive, separate tra loro da uno strato di materiale non conduttivo. Le cellule si comportano come dei condensatori che oppongono alla corrente alternata una resistenza capacitiva.

L'Angolo di Fase (PA): valore bioelettrico che indica il rapporto tra Reattanza e Resistenza, ovvero tra volumi intra ed extracellulari. Se un corpo fosse costituito solo da membrane cellulari, quindi senza fluidi (impossibile) si otterrebbe un angolo di fase di 90 gradi. Se viceversa fosse composto esclusivamente da fluidi (impossibile) si otterrebbe un angolo di fase di 0 gradi.. In un essere umano sano il valore dell'Angolo di Fase oscilla tra 6 ed 8 gradi. Un angolo di fase basso (3/4 Gradi) è un indice prognostico molto negativo.

Il nomogramma Biavector



L'analisi vettoriale d'impedenza tramite nomogramma Biavector (BIVA = bioelectrical impedance vector analysis, in italiano analisi vettoriale di impedenza bioelettrica o BIA vettoriale) offre al clinico uno schema interpretativo immediato circa lo stato d'idratazione del soggetto.

I valori bioelettrici di Resistenza (RZ) e Reattanza (Xc) misurati dallo strumento sono divisi per l'altezza del soggetto (ottenendo così la resistività/metro) e plottati su nomogramma indicano in modo aparametrico il reale stato di idratazione.

La figura riporta la distribuzione statistica delle misure di Resistenza e Reattanza divise per l'altezza in metri, della popolazione caucasica da 16 ad 85 anni con ellissi di tolleranza al 50%, 75%, 95%. Le tre ellissi di tolleranza sono la proiezione di tre sezioni della distribuzione a campana di Gauss. (Piccoli et al., Am J Clin Nutr 1995; 61: 269-270, elenco completo degli studi di validazione disponibile nelle pagine seguenti)

Per l'utilizzo di Biavector occorrono solo i valori bioelettrici di **Resistenza** e **Reattanza del soggetto** misurati dal sensore Akern (norme specifiche per produttore) e **l'altezza del soggetto**.

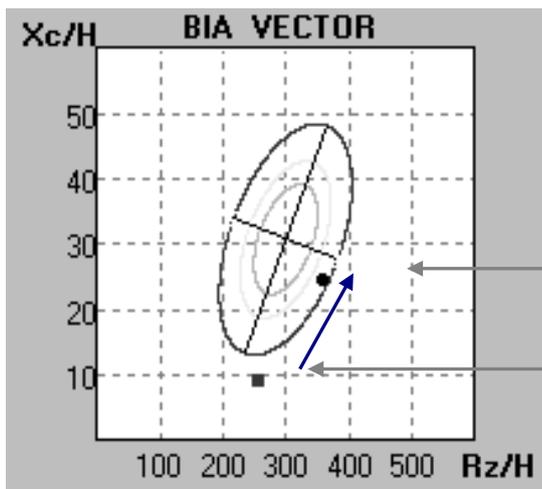
Non occorre conoscere il peso corporeo del soggetto

Occorre tuttavia disporre dei seguenti dati:

- 1- il sex del soggetto, poiché la distribuzione della popolazione maschile e femminile adulta è statisticamente diversa;
- 2- l'età: la distribuzione varia secondo l'età nei soggetti pediatrici (2-15 anni) e risulta omogenea nei soggetti adulti (da 16 ad 85 anni solo distinzione per sesso). Il software Bodygram graficizza automaticamente il vettore del soggetto sul Biavector specifico.

In questa accezione viene definito "vettore" il punto di incontro sul piano cartesiano delle coordinate relative alla Resistenza/m ed alla Reattanza/m.

Migrazioni del vettore lungo l'asse maggiore del nomogramma indicano variazioni a carico del comparto idrico extracellulare

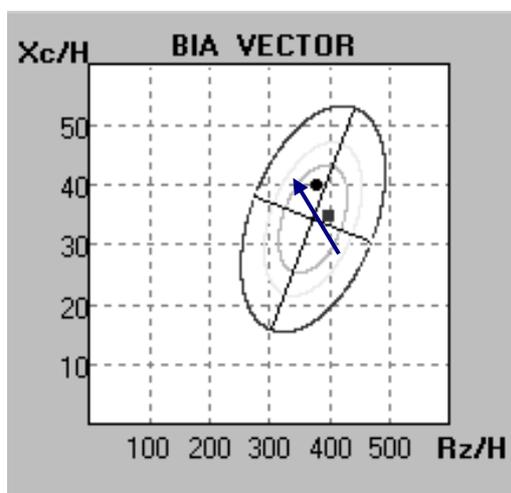


VARIAZIONE DI FLUIDI
PRE/POSTULTRAFILTRAZIONE

POST diuretico

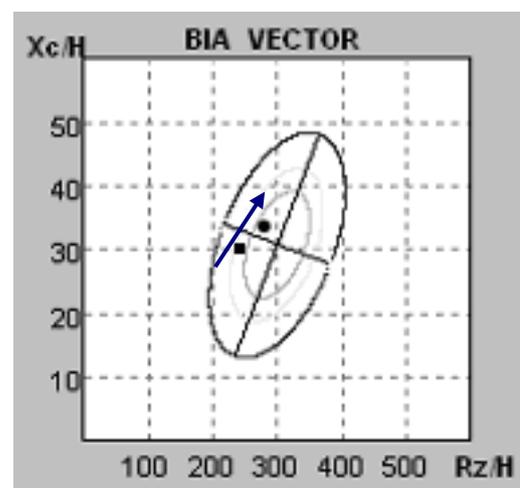
PRE diuretico

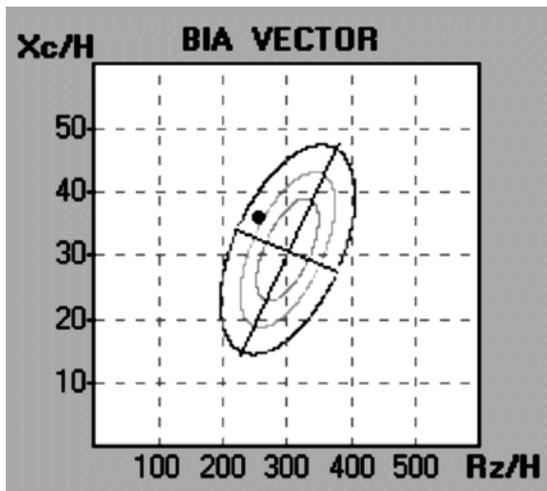
Variazioni combinate d'idratazione e tessuti molli sono associate a migrazioni del vettore lungo la combinazione delle due direzioni principali.



Nella figura a sinistra, lo spostamento del vettore combinato in entrambi gli assi è legato alla acquisizione di massa muscolare e allo stesso tempo ad una perdita di fluidi extracellari .

Nella figura di destra, lo spostamento in diagonale verso il basso, suggerisce una perdita di massa muscolare e allo stesso tempo ad una perdita di fluidi intracellulari.





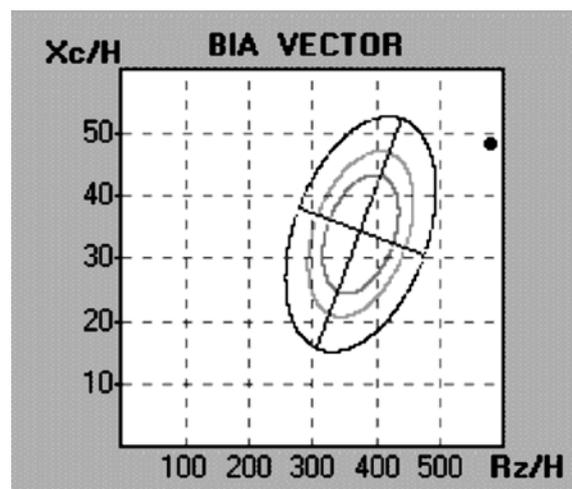
Biavector di sinistra Il vettore del soggetto cade in alto a sinistra dell'asse mediano, identificato come il settore caratteristico di soggetti con una buona forma fisica (elevata massa e struttura)

Soggetto di questo esame è un soggetto adulto, alto 1,76 m, bagnino professionista

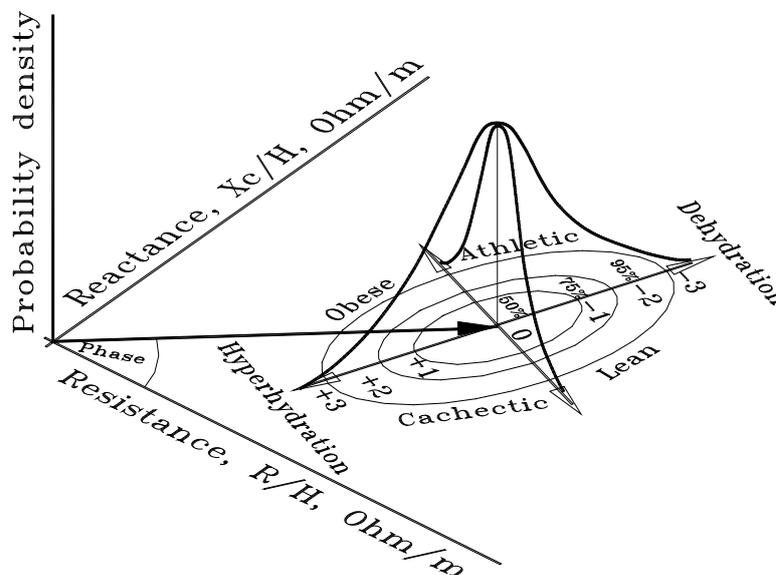
Biavector di destra: Il vettore cade al di fuori delle ellissi del 95% nel quadrante in alto a destra indice di disidratazione e malnutrizione.

Questo tipo di posizionamento del vettore in alto all'estrema destra del Grafo è tipico dei soggetti molto magri, emaciati o affetti da anoressia nervosa e disidratati.

Trattasi di una giovane anoressica del peso di 29 Kg.



A seguito di quanto sopra esposto, possono essere identificate zone dove i vettori di determinate popolazioni cadono statisticamente più frequentemente:



L'analisi Vettoriale Biavector nella pratica clinica riveste una triplice funzione:

1. Una concreta funzione diagnostica, tramite il confronto dello stato bioelettrico dei tessuti del soggetto rispetto alla distribuzione della popolazione sana;
2. Una valutazione semiquantitativa dell'idratazione tissutale: Ipo-, Normo-, Iperidratazione – e dei tessuti molli: minore massa e struttura / maggiore massa e struttura rispetto alla distribuzione statistica della popolazione-
3. Una funzione di controllo per una corretta applicazione delle formule predittive per le stime quantitative della composizione corporea: è noto quanto un buon risultato di analisi dei compartimenti corporei (in termini di kg e litri) dipenda dalla norma idratazione del soggetto esaminato.

Tanto più il soggetto rientra nel range di "eu-idratazione" quanto più le stime di composizione corporea saranno attendibili. Il vettore di un soggetto che si posiziona nell'ellisse centrale del 50% avrà pertanto risultati di composizione corporea affidabili. Quanto più il soggetto si avvicina a zone di ipo/iperdidratazione, quanto meno i risultati saranno precisi.

Senza Biavector il clinico corre il rischio di non avere il controllo sulla validità dell'analisi.

Caso 1 : Scompenso

Paziente M, 44 anni Insufficienza cardiaca, Ricovero in Ospedale (Serv. Cardiologia Policlinico Careggi – Firenze)

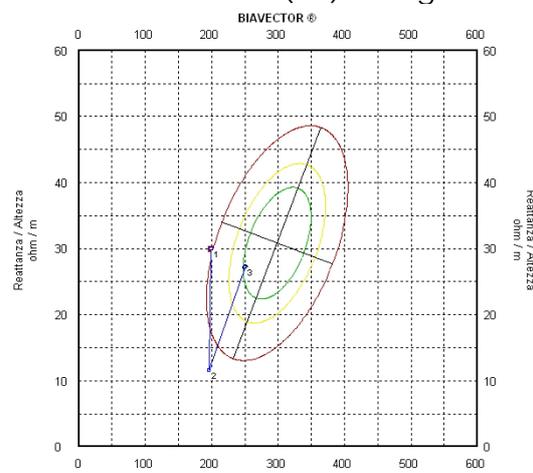
Altezza: 180 cm

Monitoraggio bioelettrico

Esame n° :	1	2	3
Peso in kg:	92	96	93
Misura BIA:	Rz= 358; XC= 54; PA=8,6	Rz= 353; XC= 21; PA=3,4	Rz= 450; XC=49; PA=6,2

Commento:

L'esame n. 2 registra una repentina caduta dei valori di Reattanza (Xc) e Angolo di fase



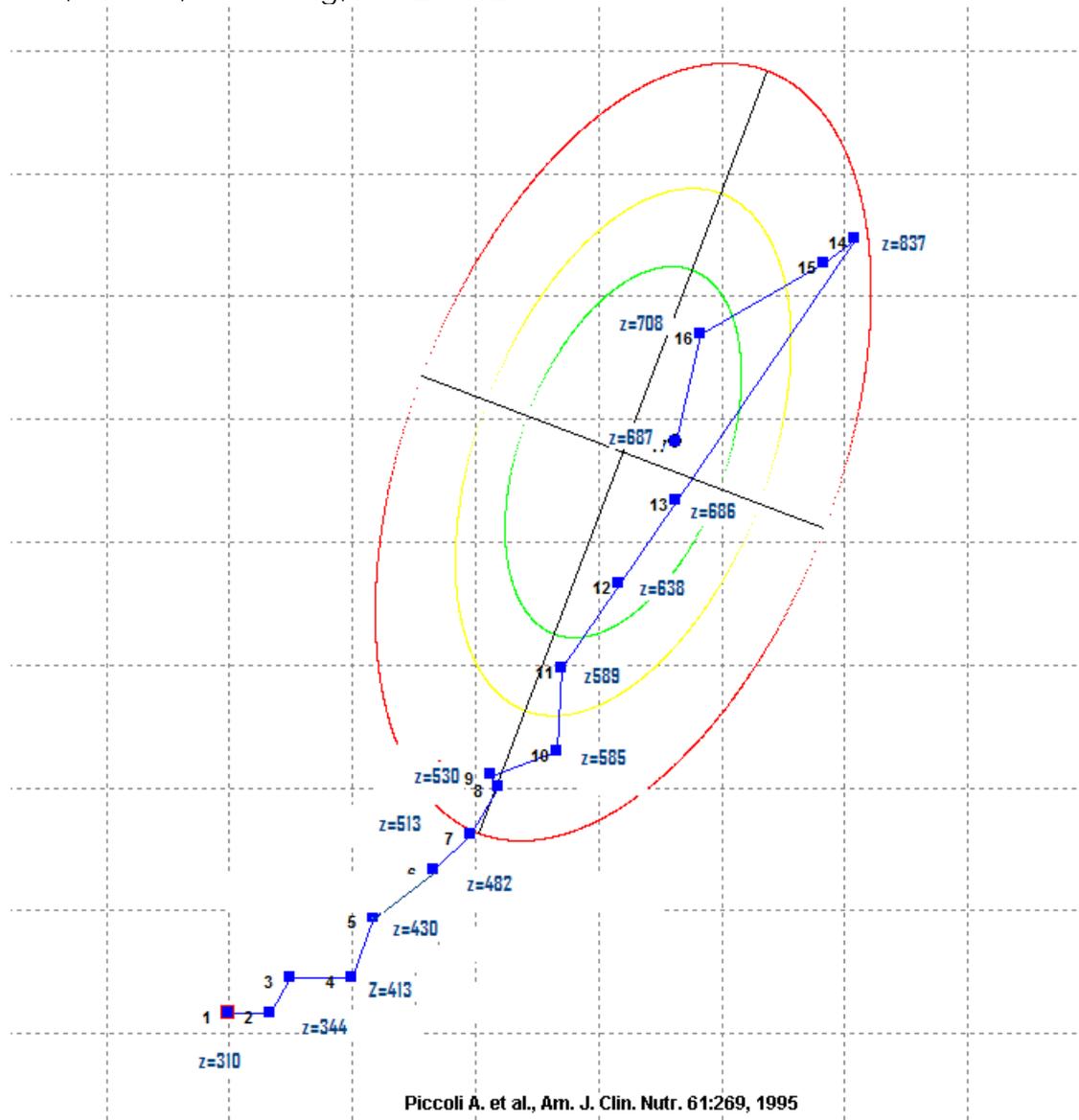
(P.A.) ad indicare un rapido aumento dei fluidi.

L'acuta decompensazione viene registrata nella migrazione del vettore dal punto 1 al punto 2.

Il primo vettore cade nella zona del collettivo di norma per l'idratazione, il 2° cade fuori dal 95% (3 deviazioni standard rispetto alla norma). Il vettore n. 3 registra i cambiamenti avvenuti dopo il trattamento di diuretici per la ricompensazione, riportando il soggetto nella zona di normalità idrica (50%)

Caso 2 : Fluid management

Paziente F, 55 anni, Peso 75 kg, Altezza 172 cm



Follow-up del paziente:

posizione da 1 a 7 : Formazione di edema,

posizione da 7 a 10: Zona di remissione

Posizione da 11 a 14: Somministrazione massiccio di diuretici

Posizione da 16 e 17: Normalizzazione dello stato di Idratazione e interruzione terapia diuretica.

Caso 3 : Trapianto di cuore

Paziente M, 62 anni, Altezza 178 cm

Trapianto di cuore, Deutsches Herzzentrum Berlin, Germania

Pre-Trapianto: Cardiomiopatia dilatativa

Post-OP: insufficienza renale sovraccarico di fluidi, situazione critica.

Dopo 1 mese da OP: lento e progressivo miglioramento.

Data Esame	Peso	
08.11.04	78 kg	pre OP
03.03.05	70 kg	post OP
08.04.05	64 kg	

I dati antropometrici registrano una perdita di 8 kg dal peso pre-op e ulteriori 6 kg dal post-op.

Data	R / % ECW	Xc / PA	BCM / C
08.11.04 pre OP	567 / 51,3	49 / 4,9	24,9 / 483
03.03.05 post OP	465 / 61	28 / 3,4	21 / 403
08.04.05	547 / 61,5	34 / 3,6	18,9 / 362

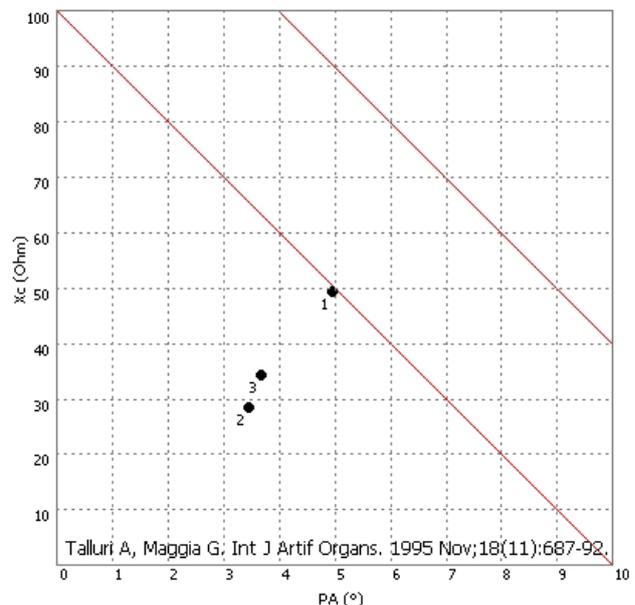
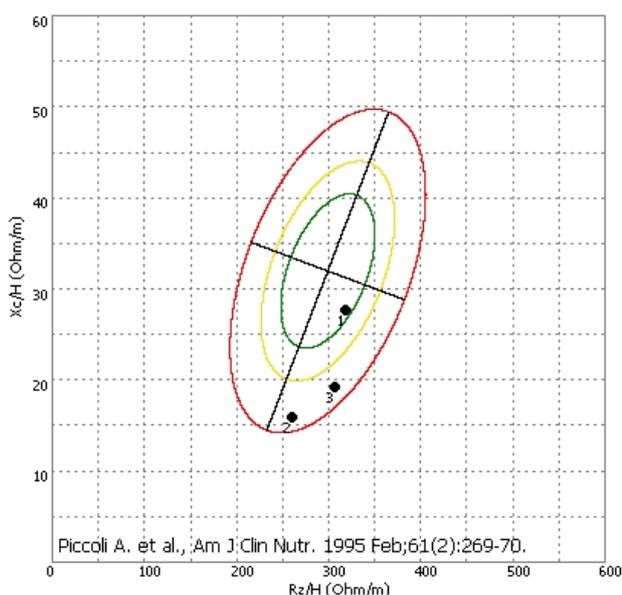
I valori bioelettrici mostrano le variazioni idroelettrolitiche occorse prima e dopo l'operazione e nel follow up.

Nella rilevazione Pre-op il paziente risulta in stato di normo idratazione (50%)

Dopo l'intervento il suo stato fisiologico peggiora (al limite del 95%) **con perdita di peso e aumento dei fluidi**. La 3. misura dopo un mese mostra un leggero miglioramento dello stato di idratazione, anche se il peso del paziente è calato.

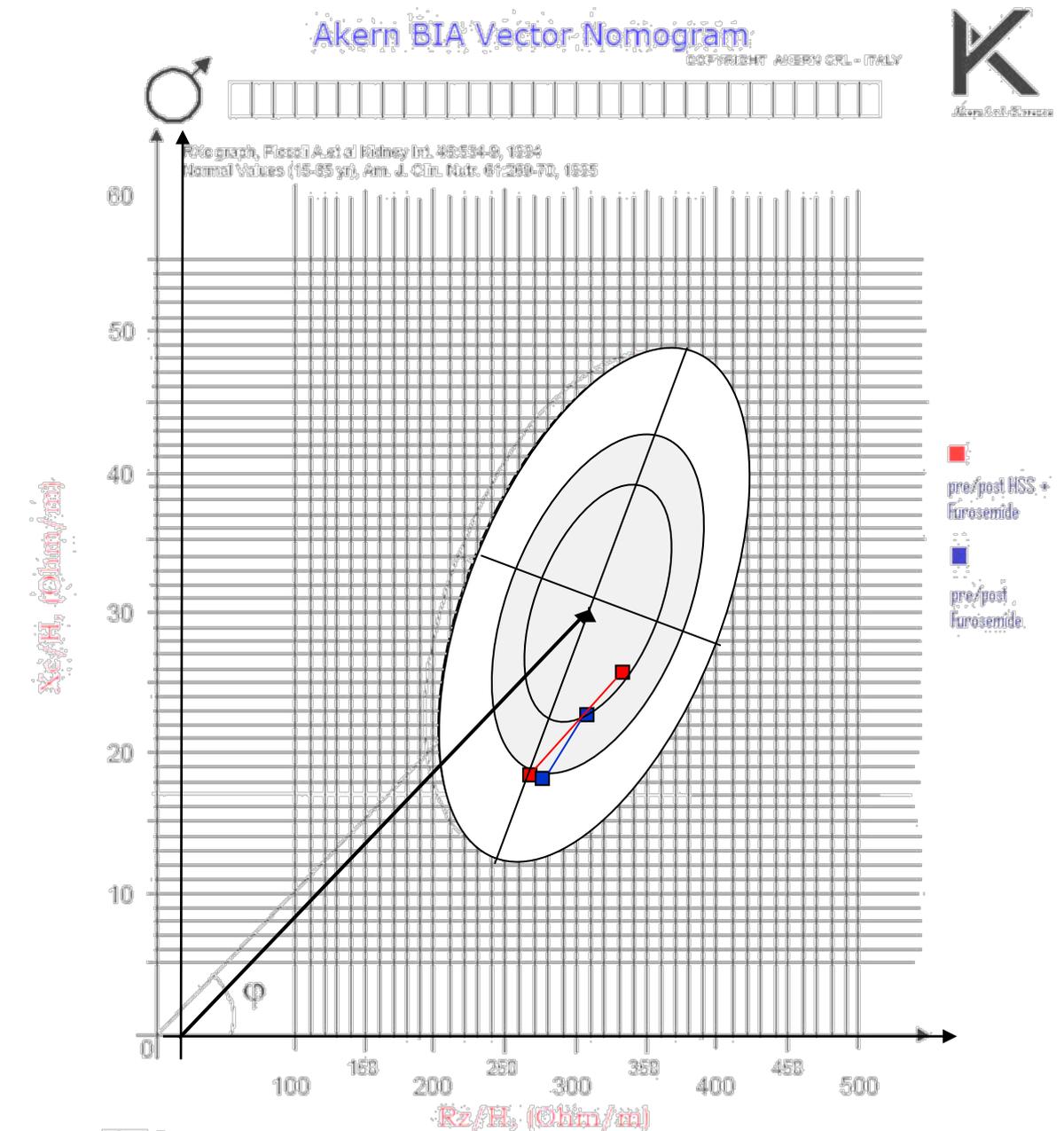
Biavector e Biagram mostrano una migrazione in basso (Ritenzione idrica) con insufficienza renale.

Nel terzo rilevamento si inizia a rilevare una tendenza alla normalizzazione (migrazione dal basso verso l'alto lungo l'asse maggiore)



Caso 4-

Differente migrazione di due gruppi di soggetti trattati con Furosemide e soluzione salina ipertonica (rosso) e solo Furosemide (blu)



I soggetti trattati con terapia a base di Furosemide + soluzione salina ipertonica registrano una più veloce normalizzazione dello stato idroelettrolitico.

Il punto di partenza dei due gruppi è lo stesso (media dei due gruppi) entrambi al 95%.

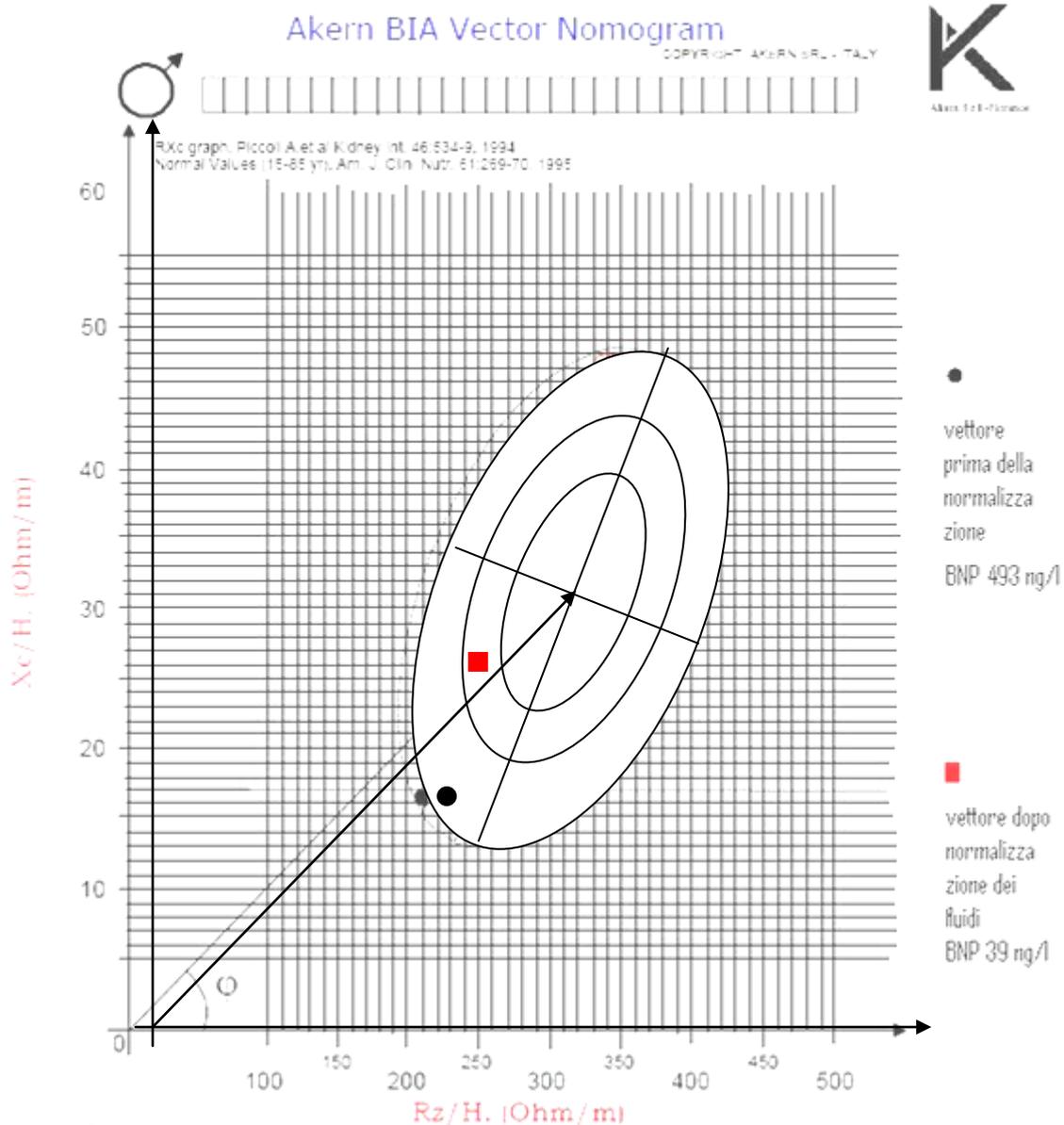
Il vettore del gruppo blu (Furosemide) si ferma dopo trattamento al limite del 75%. Il vettore rosso (gruppo Furosemide + SSI) si posiziona a fine terapia nel percentile del 50%

Estratto da: "Changes in brain natriuretic peptide levels and bioelectrical impedance measurements after treatment with **high dose furosemide and hypertonic saline solution versus high dose furosemide alone** in refractory congestive heart failure". Paterna et al, J. Amer. College Cardiology 2005, n. 12 vol. 45, pp.1997-2003.

Caso 5 History

"Bioimpedance analysis and plasma B-type natriuretic peptide assay may cooperate in diagnosing and managing heart failure". *Acta Cardiol.* 2006 Jun;61(3):359-61

Tamagno e Guzzon descrivono il caso di un paziente obeso di 71 anni, con edema declivio, progressiva oliguria, ortopnea, con incremento dei livelli di BNP B-type, monitorato durante il periodo di degenza presso la Clinica Medica III dell'Azienda Ospedaliera di Padova. L'utilizzo dell'analisi vettoriale di impedenza (Biavector) ha fornito ai clinici informazioni sullo stato di idratazione del soggetto, che in associazione ai valori plasmatici di BNP, hanno contribuito alla diagnosi di insufficienza cardiaca ed ottimizzazione delle cure relative.



All'ammissione:

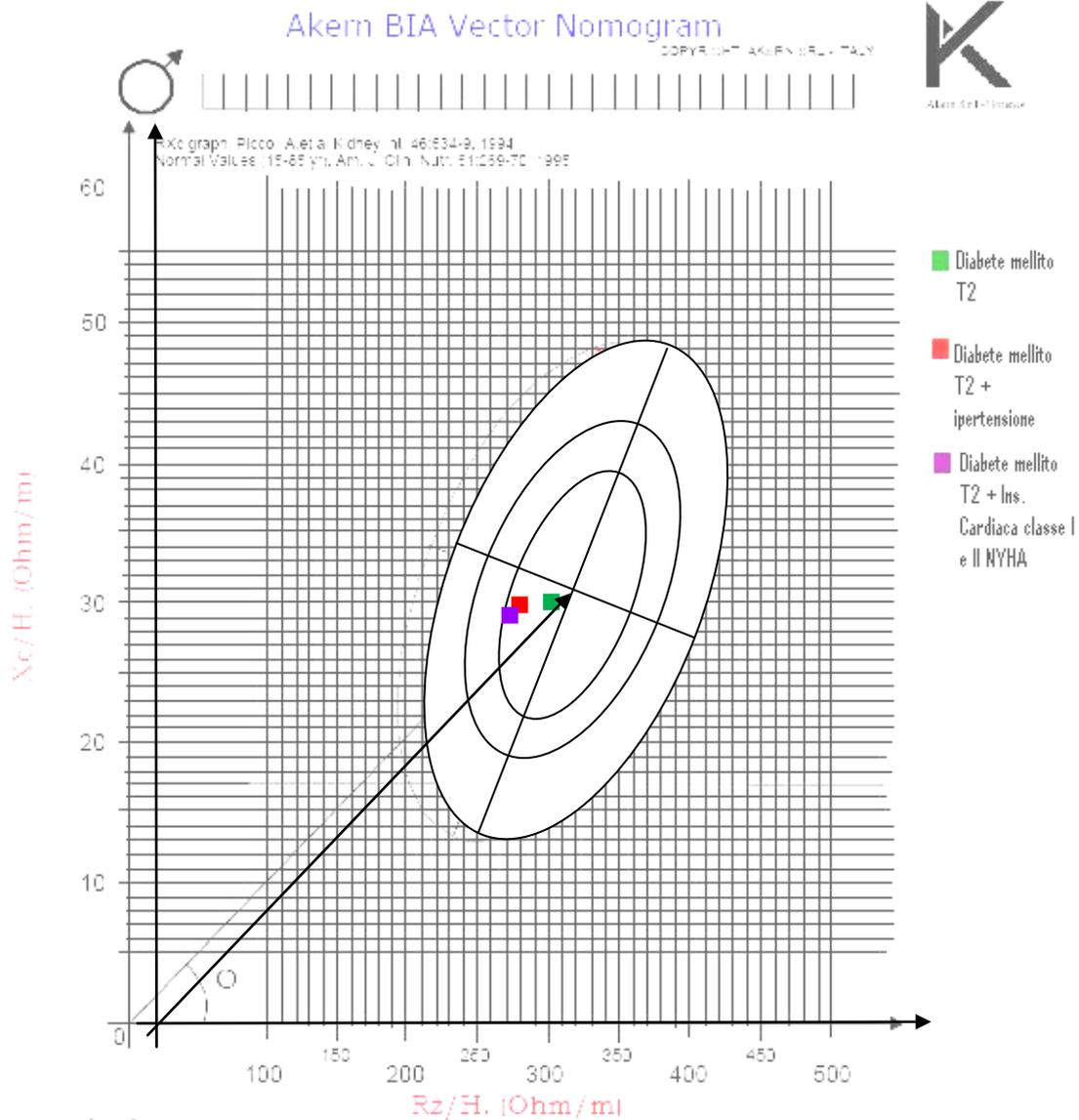
Rz/H 213,3 Ω /m Xc/H 17,3 Ω /m A. Fase ϕ 4,6° BMI 37,5 (120,2 kg) BNP 493 ng/l

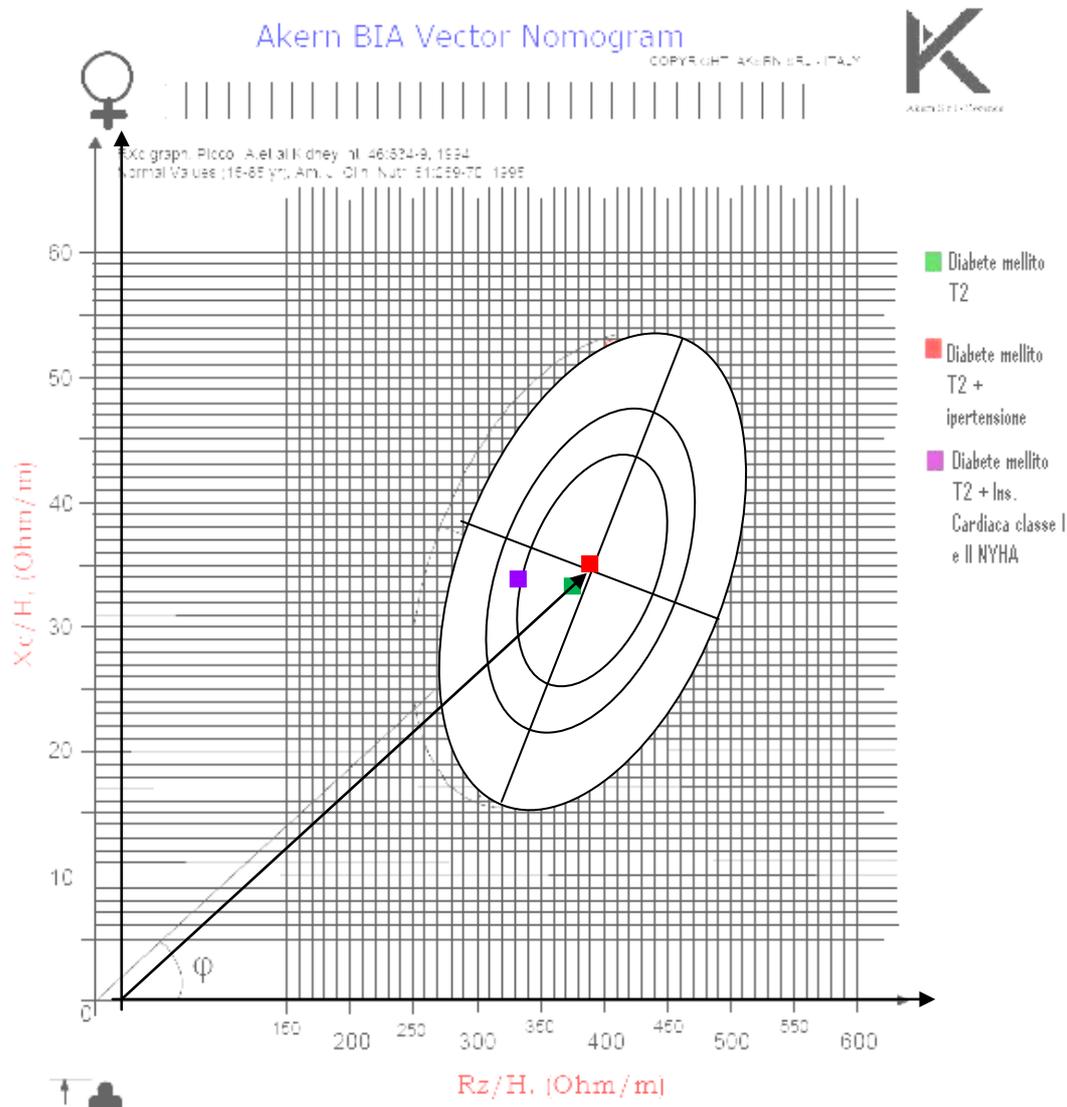
Controllo 2a settimana:

Rz/H 234 Ω /m Xc/H 26,3 Ω /m A. Fase ϕ 6,3° BMI 34,3 (110,4 kg) BNP 39 ng/l

Caso 6- Controllo ambulatoriale

Influenza della cardiopatia diabetica e della malattia ipertensiva sullo stato di idratazione su 314 soggetti con diabete tipo due afferenti gli ambulatori del Dip. Area Critica medico Chirurgica, Unità Funzionale Gerontol. e Geriatria, Univ. Studi Firenze. Poster ANMCO 2003.





In questo lavoro gli autori (Boncinelli, Marsili, Lavecchia, Pieri) osservano che lo stato di idratazione di questi tre gruppi di soggetti è sostanzialmente simile ed entro i percentili di normalità. Nel gruppo dei diabetici ipertesi (colore viola) non si osserva l'espansione extracellulare descritta in letteratura: la popolazione ambulatoriale studiata risulta emodinamicamente compensata e l'eventuale terapia diuretica risulta ben modulata. La presenza di ipertensione o cardiopatia diabetica non si associa pertanto a modificazioni dello stato di idratazione.

Biibliografia selezionata:

- RENAL DYSFUNCTION IS A CONFOUNDER FOR PLASMA NATRIURETIC PEPTIDES IN DETECTING HEARTH DYSFUNCTION IN UREMIC AND IDIOPATHIC DILATED CARDIOMYOPATHIES". M. Codognotto, A. Piccoli, M. Zaninotto, U. Vertolli, F. Tona, L. Ruzza, A. Barchita, G.M. Boffa. *Clinical Chemistry* (2007) 53:12 , pp. 2097-2104.
- FALL IN READMISSION RATE FOR HEART FAILURE AFTER IMPLEMENTATION OF B-TYPE NATRIURETIC PEPTIDE TESTING FOR DISCHARGE DECISION: A RETROSPECTIVE STUDY". R. Valle, N. Aspromonte, E., Carbonieri, A. D'Eri, M. Feula, P. Giovinazzo, F. Noventa, C. Prevaldi, S. Barro, L. Milani. *Int. J. Cardiol.* – Article in press -
- BIOELECTRICAL IMPEANCE ANALYSIS AND PREDICTION OF HOSPITALIZATION FOR HEARTH FAILURE IN AMBULATORY PATIENTS WITH SYMPTOMATIC LEFT VENTRICULAR DYSFUNCTION: PRELIMINARY DATA". D. Torres, G. Parrinello, A. Fatta, S. Paterna, P. Di Pasquale, G. Licata. *Atti del 68° Congresso Nazionale della Società Italiana di Cardiologia (SIC) Roma, 15-18 dicembre 2007.*
- CHANGES OF NON-INVASIVE PULMONARY HEMODINAMIC MEASUREMENTS IN DECOMPENSATED HEART FAILURE PATIENTS TREATED WITH INTRAVENOUS FUROSEMIDE: RELATION WITH BNP AND HYDRATION. STATE". D. Torres, M. Mezzero, G. Parrinello, A. Fatta, S. Paterna, P. Di Pasquale, G. Licata. *Atti del 68° Congresso Nazionale della Società Italiana di Cardiologia (SIC) Roma, 15-18 dicembre 2007.*
- B-TYPE NATRIURETIC PEPTIDE-GUIDED TREATMENT FOR PREDICTING OUTCOME IN PATIENTS HOSPITALIZED IN SUB-INTENSIVE CARE UNIT WITH ACUTE HEARTH FAILURE.". R. Valle, N. Aspromonte, P. Giovinazzo, E. Carbonieri, M. Chiatto, G. Di Tano, M. Feula, M. Milli, A. Fontebasso, S. Barro, S. Bardellotto, L. Milani. *J. Card. Fail.* – Article in press –
- RELATIONSHIP BETWEEN ULTRASONOGRAPHIC MEASUREMENTS OF INFERIOR VENA CAVA AND BIOELECTRICAL IMPEDANCE ANALYSIS PARAMETERS IN PATIENTS WITH DECOMPENSATED CONGESTIVE HEART FAILURE". D. Torres, G. Parrinello, S. Paterna, P. Di Pasquale, G. Licata. *Atti del 68° Congresso Nazionale della Società Italiana di Cardiologia (SIC) Roma, 15-18 dicembre 2007.*
- Relationship between central venous pressure and bioimpedance vector analysis in critically ill patients. A. Piccoli, G. Pittoni, E. Facco, E. Favaro, L. Pillon. *Crit Care Med* 2000 Vol. 28, No.2:132-137
- Bioelectrical Impedance Analysis before and after Novacor implantation. D. Stellato, B. Di Iorio, L. De Santo, C. Maiello, C. Marra, F. De Vivo, P. Anastasio.
- Changes in brain natriuretic peptide levels and bioeletrical impedance measurements after treatment with high dose furosemide and hypertonic saline solution versus high dose furosemide alone in refractory congestive hearth failure. S. Paterna, P.- Di Pasquale, G. Parrinello, E. Fornaciari, F. Di Gaudio, S. Fasullo, M. Giammanco, F.M. Sarullo, G. Licata. *J. Am. College Cardiology* 2005, n. 12 vol. 45, pp.1997-2003.
- Bioimpedance Analysis and plasma B-type natriuretic peptide Assay may cooperate in diagnosing and managing heart failure. G. Tamagno, S. Guzzon. *Acta Cardiol.* 2006 Jun;61(3): 359-61

- Influenza della cardiopatia diabetica e della malattia ipertensiva sullo stato di idratazione nel paziente con diabete ellito tipo 2. L. Boncinelli, A. Marsili, R. La vecchia, M. Pieri. Poster Congresso ANMCO Firenze 2003
- "B-type natriuretic peptide can predict the medium-term risk in patients with acute heart failure and preserved systolic function". Valle R, Aspromonte N, Feola M, Milli M, Canali C, Giovinazzo P, Carbonieri E, Ceci V, Cerisano S, Barro S, Milani L.. J Card Fail. 2005 Sep.;11 (7): 498-503.
- Evaluation of transthoracic bioelectrical impedance analysis in monitoring lung water during diuresis D.A. Nierman, J.I. Mechanick. Appl. Cardiopulmonary Pathophysiology 1998; 7:57-62
- Altered tissue electric properties in lung cancer patients as detected by bioelectric impedance Vector analysis.S. Toso, A. Piccoli, M. Gusella, D. Menon, A. Bononi, G. Crepaldi, and E. Ferrazzi. Nutrition 2000; 16: 120-124.
- Discriminating between body fat and fluid changes in the obese adult using bioimpedance vector analysis. A. Piccoli, A. Brunani, G. Savia, L. Pillon, E. Favaro, M. E. Berselli and F. Cavagnini. Int. Journ. of Obesity no. 22, 1998; 22:97-104.
- Identification of operational clues to dry weight prescription in hemodialysis using bioimpedance vector analysis A. Piccoli, for the Italian Hemodialysis-Bioelectrical Impedance Analysis (HD-BIA) Study Group. Kidney Int. 1998; 53: 1036-1043.
- Bioelectrical impedance analysis as a predictor of survival in patients with Hiv infections. M. Ott - H. Fischer - H. Polat - E.B. Helm - M. Frenz - W.F. Caspary - B. Lembcke. Jour. of Acquired Immune Deficiency Syndromes and Human Retrovirology - 1995; 9:20-25
- Norms and correlates of bioimpedance phase angle in healthy human subjects, hospitalized patients and patients with liver cirrhosis. Oliver Selberg, Daniela Selberg. European Journal of Appl. Physiology 2002; 86: 509-516.
- Nutritional and prognostic correlates of bioimpedance indexes in hemodialysis patients". Q. Maggiore, S. Nigrelli, C. Ciccarelli, C. Grimaldi, G. A. Rossi and C. Michelassi. Kidney Int. 1996; 50: 2103-2108.
- A new method for monitoring body fluid variation by bioimpedance analysis: the RXc graph" A. Piccoli, B. Rossi, I. Pillon, G. Bucciante Kidney int. 1994; 46: 534-539
- Qualitative human body composition analysis assessed with bioelectrical impedance- T. Talluri, Coll. Antropol. 1998; 22-2:427-432
- Prediction of body cell mass, fat-free mass, and total body water with bioelectrical impedance analysis: effects of race, sex and disease. D. P Kotler, S. Burastero, J. Wang, and R. N. Pierson jr. Am. J. Clin Nutr. 1996; 64 suppl.: 489-97.
- Body Composition estimates from NHANES III Bioelectrical Impedance data. WC.Chumlea, SS Guo, Rj Kuczmarski, KM Flegal, CL Johnson, SB Heymsfield, HC Lukawsk ,K Friedl VS Hubbard.Intern. Journ. of Obesisty 2002; 26, 1596-1609
- Impedance Vector Distribution by Sex, Race, Body Mass Index, and Age in the United States: Standard Reference Intervals as Bivariate Z Scores. A. Piccoli, L. Pillon and F. Dumler. Nutrition 2002; 18:153-167,