

**MODIFICAZIONI EMODINAMICHE DEGLI ARTI  
INFERIORI DOPO BALNEOTERAPIA CARBOGASSOSA  
CON ACQUA DELLA SORGENTE “SILLENE” DI  
CHIANCIANO TERME**

*Spring-water “Sillene’s” effects on blood-flow of arteropathic patients in  
Chianciano’s Spa*

**Università degli Studi di Milano  
Cattedra di Terapia Medica e Medicina Termale  
Scuola di Specializzazione in Idrologia Medica  
Direttore: prof. Giuseppe Nappi**

---

G. Nappi, M. Frolidi, S. De Luca, B. Sordi

---

### RIASSUNTO

In questo studio si è voluta valutare l'efficacia dell'acqua della sorgente "SILLENE" vs. acqua di fonte e le modificazioni emodinamiche di un gruppo di 16 pazienti sani, vs. 38 pazienti arteriopatici. I risultati hanno dimostrato che l'acqua della sorgente "SILLENE" nei soggetti sani è stata in grado di aumentare il flusso ematico a riposo e ad allungare i valori medi dei tempi di dimezzamento dell'iperemia post-ischemica. Nei pazienti arteriopatici ha aumentato il flusso ematico a riposo ed allungato la durata del picco massimo di flusso post-ischemico e del suo tempo di dimezzamento; ha inoltre determinato una maggior irrorazione dell'arto. Per cui si può concludere che l'acqua della sorgente "SILLENE" possiede azioni biologiche specifiche sull'equilibrio emodinamico e quindi utilizzabili a scopo terapeutico.

### SUMMARY

In this study we evaluated the efficacy of spring-water "Sillene's" versus placebo and hemodinamic changes in 16 healthy subjects vs. 38 patients affected by legs arteropathy. The results showed, in healthy group, that spring-water Sillene's improved both resting and post-ischemic-flow. The same events were detected in the arteropathic group.

In conclusion we could say that spring-water Sillene's may be used for therapy of arteropathy.

### INTRODUZIONE

L'acqua della sorgente "SILLENE" è un'acqua minerale (residuo fisso a 180°C =2,956 g) e termale (temperatura alla sorgente=38,5°C) che si classifica nel gruppo delle bicarbonato-solfato-calciche per l'elevato contenuto di ioni solfato, idrocarbonico e calcico, oltre ad una notevole quantità di acidi carbonico libero (15).

La balneoterapia carbogassosa ha come indicazioni alcune affezioni dell'apparato cardiovascolare. Le modificazioni vasomotorie indotte dal trattamento balneoterapico con acqua carbonica sono complesse e non del tutto note. Fra di esse fa spicco la marcata iperemia cutanea alla quale si associano aumento della portata circolatoria e della velocità di circolo con diminuzione delle resistenze periferiche.

Per questi motivi la balneoterapia carbogassosa con acqua Sillene è utilizzata da qualche tempo anche nel trattamento delle vasculopatie periferiche arteriose e venose con particolare riguardo alle arteriopatie obliteranti degli arti. Ma viste le limitazioni delle tecniche oscillografica e reografica, non ultima l'impossibilità di applicarle a soggetti immersi nel bagno, si è pensato di ricorrere alla pletismografia. (7,8,9,14).

La pletismografia è una tecnica d'indagine introdotta fin dall'inizio del secolo e che nel tempo ha subito progressivi perfezionamenti fino a consentire l'arresto del flusso venoso per "intrappolare" il sangue nel segmento d'arto in esame: il conseguente aumento di volume dà la misura dell'entità dell'afflusso arterioso. L'occlusione venosa è ottenuta mediante l'applicazione nella zona prossimale dell'arto in esame di un manicotto (bracciale o cosciale) nel quale viene insufflata aria in quantità tale da determinare una pressione superiore a quella esistente nell'albero venoso ma inferiore alla pressione arteriosa diastolica. Il sangue che

affluisce con le arterie e che non può defluire attraverso il circolo venoso viene intrappolato a valle del manicotto dove determina un aumento di volume.(1,4,6,10,11,13,17).

Nella versione più recente, l'aumento di volume è rilevato da un laccio costituito da un sottile tubicino di materiale elastico (strain-gauge) riempito di mercurio che può essere posto a diverse altezze attorno all'arto in esame: alle variazioni di volume (e di circonferenza) dell'arto corrispondono variazioni della lunghezza e quindi della sezione della colonnina di mercurio che fanno registrare su di una apposita strumentazione una curva che è caratteristica in condizioni normali.

### **FLUSSO A RIPOSO**

All'inizio dell'occlusione venosa, il sangue che affluisce e non può defluire provoca un improvviso aumento di volume per cui la curva sale rapidamente e consente la misura dell'afflusso arterioso.

Al rapido svuotamento del manicotto che rimuove l'ostacolo al circolo refluo: le vene si aprono del tutto, l'arto si svuota del sangue accumulatosi in eccedenza e ritorna al volume iniziale, la curva scende fino alla linea di zero più o meno rapidamente secondo il tono e l'elasticità delle pareti venose.(4,10,11).

### **ISCHEMIA E FLUSSO POST-ISCHEMICO**

Per studiare i meccanismi di regolazione della circolazione arteriosa viene poi provocato uno stato temporaneo di ischemia mediante l'introduzione nel manicotto di aria in quantità tale da generare una pressione superiore a quella esistente nelle arterie. Durante questa fase, in cui anche l'afflusso arterioso è interrotto, la curva di volume dell'arto non registra alcun cambiamento. Sgonfiando rapidamente il manicotto si ripristina il flusso ematico che, in condizioni fisiologiche, raggiunge valori notevolmente più elevati di quelli registrati nella fase precedente il periodo d'ischemia. Questo aumento della quantità di sangue che affluisce dopo l'ischemia è inteso come un compenso al debito di flusso sanguigno contratto durante l'occlusione. Cioè vi è compresa anche la parte che avrebbe dovuto affluire durante tutto il periodo dell'occlusione.(2,4,5,12,16,18).

---

### MATERIALI E METODI

---

E' stato usato il pletismografo, "Periflow" (3) della ditta Janssen Scientific Instruments (Beerse-Belgio), costituito da una componente meccanica, da una componente elettronica e dal sistema di rilevazione a strain-gauge.

Poiché questa serie di ricerche ha riguardato gli arti inferiori, il manicotto usato è un cosciale costruito con materiale particolarmente resistente e adatto alle prove con soggetto immerso in bagno.

A tutti gli esperimenti in vasca è stata fatta precedere ogni volta una prova di base per riprodurre e garantire l'uniformità delle condizioni di partenza.

Ciascun soggetto è stato sottoposto ad un solo esame al giorno.

#### PROVE DI BASE

La procedura per gli esami di base è stata standardizzata nel modo qui di seguito descritto.

Il soggetto è posto in posizione supina con il tronco lievemente sollevato; l'arto in esame è sollevato di 20 cm. dal piano del letto. Viene sempre esaminato un solo arto inferiore: il destro nei soggetti sani, il più danneggiato negli arteriopatici.

Il cosciale è sistemato al terzo medio della coscia; lo strain-gauge è allacciato in corrispondenza del punto di massima circonferenza del polpaccio. Alla prova è fatto precedere un periodo di acclimatamento di circa 30 minuti ad una temperatura ambientale di 22-23°C. La prova consiste di due fasi: misura del flusso a riposo e misura del flusso post-ischemico.

- a) la misura del flusso arterioso a riposo viene eseguita per almeno dieci minuti o comunque per un periodo di tempo sufficiente ad ottenere un tracciato stabile.
- b) l'ischemia viene provocata insufflando nel cosciale una quantità d'aria sufficiente a provocare una pressione superiore a quella massima arteriosa (da 250 a 300 mm Hg) e ad arrestare l'afflusso del sangue spinto dal cuore.

Il tempo di occlusione arteriosa è stato fissato in tre minuti. Al termine dei tre minuti di occlusione arteriosa segue lo svuotamento automatico ed istantaneo del cosciale con il ripristino, anch'esso automatico, della occlusione venosa.

In condizioni fisiologiche, a questo punto, la penna registra un vistoso aumento del flusso arterioso, l'iperemia post-ischemica che, come si è già detto, compensa il debito di sangue contratto durante l'ischemia.

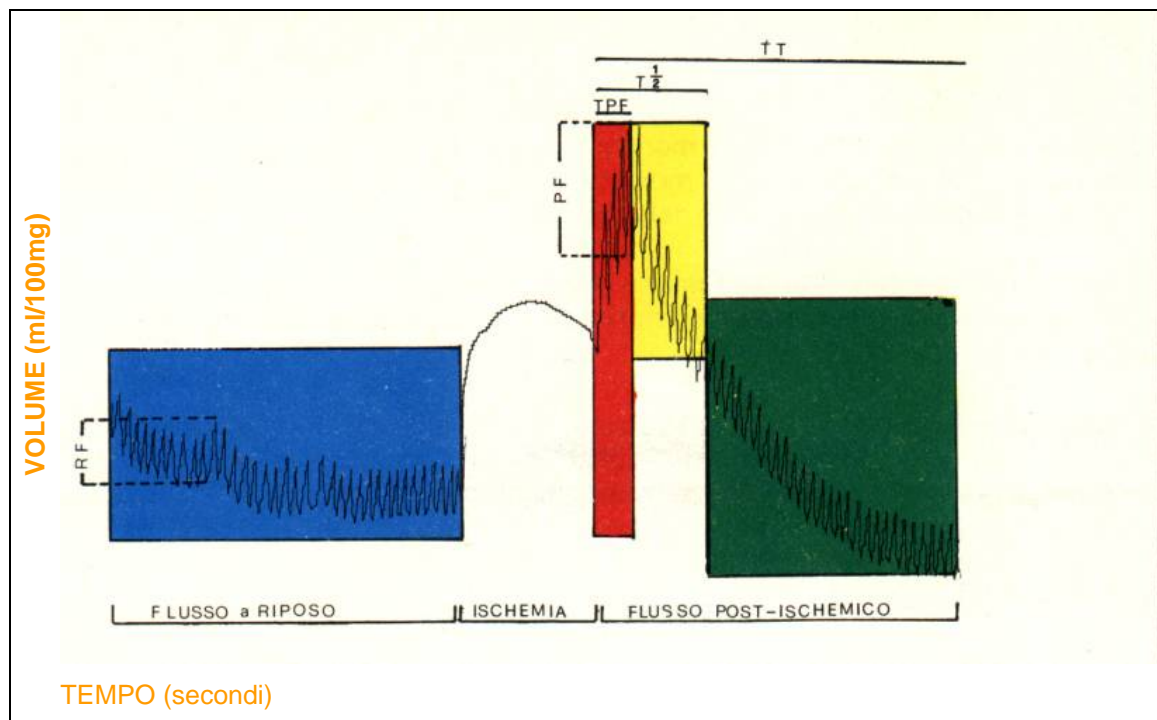
#### PROVE DURANTE IMMERSIONE

Espletate le prove di base il soggetto viene fatto trasferire nella vasca, senza rimuovere i collegamenti con l'unità di controllo, e viene ripetuta l'intera procedura di indagine appena descritta per le prove di base.

## MISURE FLUSSIMETRICHE

I parametri utilizzati per i raffronti delle situazioni emodinamiche nelle diverse condizioni sperimentali sono qui di seguito illustrate e rappresentate nel grafico della **figura 1**.

**Figura 1: Rappresentazione grafica di una curva pletismografica. I vari parametri sono differenziati da zone colorate**



RF: flusso a riposo (ml/min/100 g di tessuto)

PF: picco di flusso post-ischemico (ml/min/100 g di tessuto)

TPF: tempo di raggiungimento del picco di flusso post-ischemico (secondi)

T  $\frac{1}{2}$ : tempo di dimezzamento del picco di flusso post-ischemico (secondi)

TT: tempo totale per il ripristino delle condizioni dopo ischemia (secondi)

		RF (ml/min/100 g)	PF (ml/min/100 g)	T $\frac{1}{2}$ (secondi)
SANI	Prova di base	2,5	25	15
	Acqua Sillene	7,5	31	28
	Acqua di fonte a 37,5 °C	4	28	21
	Acqua di fonte a 35 °C	2,6	29	17
ARTERIOPATICI	Prova di base	5	21	67
	Acqua Sillene	11	17	88

- A. Il flusso a riposo indicato con le lettere RF (rest flow), è la misura del flusso arterioso nell'arto a riposo durante l'espletamento della fase di occlusione venosa semicontinua. I valori sono espressi in ml/min/100g di tessuto.
- B. Questo parametro non riveste un rilevante significato ai fini della identificazione delle arteriopatie: è infatti normale o addirittura aumentato nei casi d'insufficienza arteriosa compensata a riposo. Riduzioni significative dell'RF si osservano solo in situazioni cliniche molto severe, quando sono presenti turbe trofiche, dolori a riposo e gli altri segni del III e IV stadio.
- C. Il massimo flusso post-ischemico, indicato dalle lettere PF (peak-flow), rappresenta il valore massimo che il flusso arterioso raggiunge dopo l'ischemia. E' espresso anch'esso in ml/min/100 g di tessuto. Il PF ha un notevole valore diagnostico perché la sua riduzione è sempre proporzionale alla gravità reale della insufficienza arteriosa. Il rapporto fra massimo flusso post-ischemico e flusso a riposo, indicato dalle lettere PF/RF serve ad esprimere con immediatezza la situazione emodinamica del soggetto in esame. Un valore intorno o di poco superiore a 10 costituisce la normalità; valori ancora più elevati indicano una particolare efficienza della circolazione distrettuale come, ad esempio, si può osservare nei soggetti sportivi. Negli arteriopatici il valore del rapporto è significativamente ridotto in proporzione alla gravità del quadro. Il rapporto PF/RF può essere anche modificato dall'azione di farmaci o di stimoli che sperimentalmente indotti, agiscono modificando in modo rilevante l'uno o l'altro dei due parametri.
- D. Il tempo necessario per raggiungere, dopo l'ischemia, il massimo flusso iperemico, indicato con le lettere TPF (time to peak-flow), è espresso in secondi. Nei soggetti sani è istantaneo, o comunque, inferiore ai 4 secondi. Il TPF è allungato nell'insufficienza arteriosa in maniera proporzionale alla gravità del quadro.
- E. Il tempo di dimezzamento, T1/2, indica il tempo, espresso in secondi, necessario a che il flusso post-ischemico torni ad un valore pari alla metà del PF. Si allunga assai precocemente in condizioni patologiche anche in fase preclinica.
- F. Tempo totale o TT (total time), indica il tempo necessario al completo ripristino delle condizioni di partenza dopo l'ischemia. Espresso anch'esso in secondi, ha significato simile al precedente.

## RISULTATI

I fattori cui viene attribuita l'azione del bagno carbonico termale sono fondamentalmente rappresentati dalla pressione idrostatica, dalla temperatura e dall'acido carbonico libero. (15)

I primi due fattori sono considerati aspecifici perché comuni a tutte le acque utilizzate per balneoterapia. L'acido carbonico libero è ritenuto fattore specifico.

Con queste premesse, il piano di ricerca è stato impostato su due ipotesi di lavoro:

- utilizzare la tecnica flussimetrica come ulteriore contributo allo studio del meccanismo d'azione della balneoterapia carbogassosa;
- verificare gli effetti di tale trattamento termale nelle arteriopatie obliteranti degli arti.

In ordine alla prima ipotesi di lavoro sono state fissate le seguenti condizioni sperimentali:

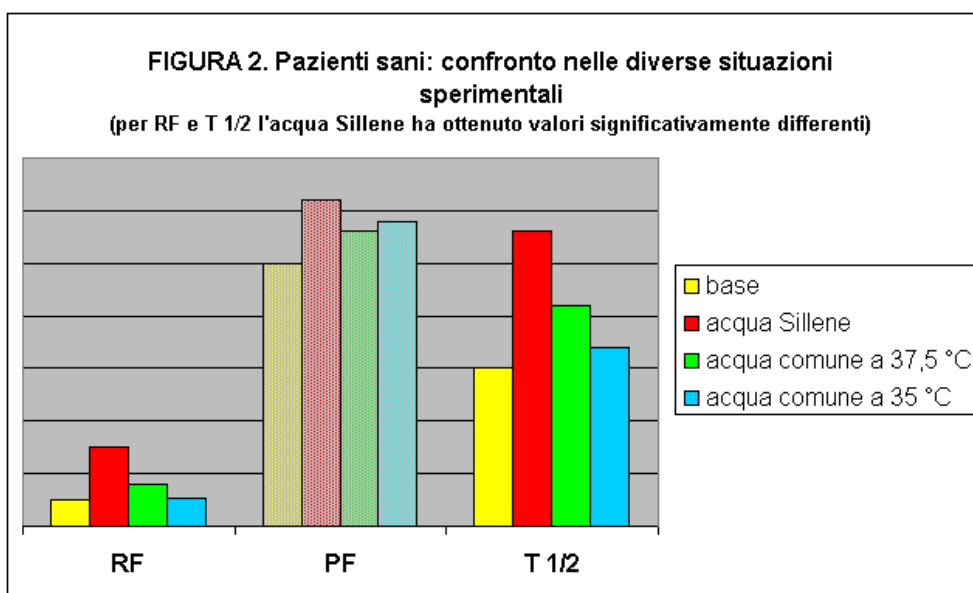
### A) Prove

- *di base a secco*
- acqua SILLENE allo stato naturale ( $T=37.5^{\circ}\text{C}$ , acido carbonico = 170 cc per litro)
- acqua comune portata alla temperatura di  $37.5^{\circ}\text{C}$
- acqua comune portata alla temperatura di  $35^{\circ}\text{C}$

### Gruppo sani

E' costituito da un campione di 16 soggetti sani di ambo i sessi con età media di  $59\pm 31$  anni.

Nella **figura 2** sono messi a confronto i valori medi dei singoli parametri nelle quattro situazioni sperimentali (base, acqua Sillene, acqua a  $37,5^{\circ}\text{C}$  e acqua comune a  $35^{\circ}\text{C}$ ).



Il dato di maggior rilievo è il costante aumento di flusso a riposo (RF) verificatosi in tutti i soggetti durante l'immersione nel bagno con acqua Sillene naturale rispetto a quanto ottenuto durante la prova di base. Tale aumento, il cui valore medio è pari a 8,83 ml/min/100 g è statisticamente significativo ( $P < 0,0005$ ) e sembra essere direttamente connesso alle caratteristiche specifiche del bagno carbonico.

Infatti, nelle prove di raffronto con acqua comune, alla temperatura di 37,5°C, priva di acido carbonico libero, l'aumento del RF è assai modesto e statisticamente non significativo. Del tutto irrilevante, è la variazione del RF nell'acqua comune a 35°C. Ciò porterebbe ad escludere l'intervento del fattore temperatura nell'aumento del flusso a riposo nei soggetti immersi in bagno carbonico con acqua Sillene.

Resta da verificare quali siano i fattori emodinamicamente attivi dell'acqua Sillene: è assai probabile che, fra questi, prevalga l'acido carbonico libero per una sua azione diretta attraverso la cute o per inalazione.

I valori medi del tempo di dimezzamento dell'iperemia post-ischemica ( $T_{1/2}$ ) risultano costantemente allungati nelle prove in acqua Sillene rispetto all'allungamento del  $T_{1/2}$  nei confronti del bagno in acqua comune a 35°C. La [figura 1](#) mostra una variazione statisticamente significativa che sembra legata all'azione specifica del bagno carbogassoso e non dipendente dalla temperatura dato che con l'immersione in acqua comune, sia a 37,5°C che a 35°C i valori appaiono pressochè immutati. I valori ottenuti per il tempo totale (TT) mostrano variazioni simili a quelle subite dal  $T_{1/2}$  nelle diverse situazioni sperimentali e analoghe sono le considerazioni da fare in proposito.

### **Pazienti arteriopatici**

Il campione esaminato è costituito da 38 soggetti di ambo i sessi di età media di  $61 \pm 20$  anni, selezionato in base alla presenza di una insufficienza arteriosa degli arti inferiori al II stadio, documentata con esami clinici e strumentali.

In termini di autonomia di marcia, l'entità della claudicatio è assai varia; nessun soggetto presenta disturbi trofici in atto o dolori a riposo.

Tutti i soggetti sono stati sottoposti all'indagine pletismografica, con la procedura descritta, in condizioni di base e durante l'immersione in bagno carbogassoso naturale Sillene.

E' stato fatto sempre sospendere l'eventuale trattamento farmacologico praticato.

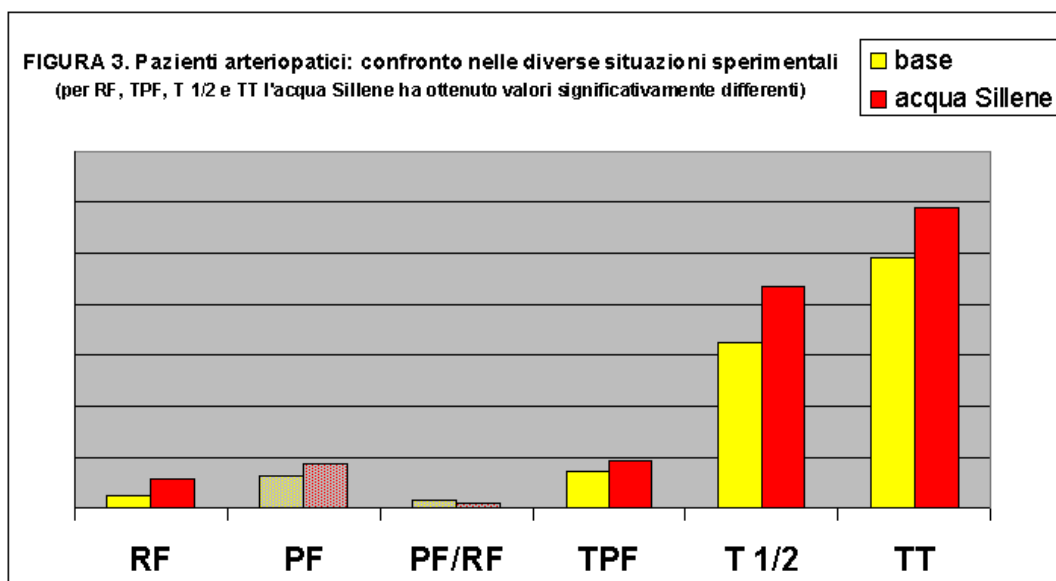
Gli elementi che caratterizzano il profilo del soggetto arteriopatico nei confronti dei soggetti sani sono i seguenti:

- un RF costantemente più elevato, da attribuire alla presenza di fenomeni spontanei di compenso emodinamico alla condizione morbosa. La pletismografia a strain-gauge mette in evidenza la presenza di flusso arterioso nell'arto a riposo in quantità uguale o superiore a quella del soggetto sano, dovuto al compenso spontaneo che porta alla utilizzazione continua di parte delle riserve disponibili.
- un PF nettamente inferiore a indicare la ridotta capacità di risposta del circolo distrettuale in fase post-ischemica.
- un rapporto PF/RF chiaramente diminuito (inferiore a 3) come indice immediato della situazione patologica.
- un TPF costantemente allungato perché più tempo è necessario, in fase post-ischemica, al raggiungimento del massimo flusso a causa della rigidità delle arterie e della loro ridotta pervietà.
- per gli stessi motivi si allungano il T1/2 e il TT.

Durante l'immersione in acqua Sillene si osserva che anche il soggetto arteriopatico risponde alle sollecitazioni del bagno carbogassoso nella stessa direzione e con entità corrispondente a quella dei soggetti normali.

Dall'analisi dell'istogramma in **figura 3** si ricava che anche per gli arteriopatici:

- l'incremento dell'RF ( da 5,06 a 11 ml/min/100 g con  $P < 0,01$ ) è statisticamente significativo;
- l'incremento del PF appare più evidente in termini assoluti ma senza significatività statistica;
- i valori del rapporto PF/RF è ridotto perché maggiore è stato l'incremento dell'RF;
- il TPF è chiaramente maggiore e, pure allungato, il T1/2.



---

### CONCLUSIONI

---

Sulla base dei risultati ottenuti in questa fase preliminare dello studio, condotto su un campione di soggetti sani ed uno di soggetti arteriopatici ( II stadio ), si possono formulare le seguenti considerazioni:

- il bagno con acqua Sillene, ricca di acido carbonico libero, determina evidenti modificazioni dell'equilibrio emodinamico degli arti inferiori, statisticamente superiore a quello dell'acqua di fonte utilizzata come placebo
- il costante aumento del flusso arterioso complessivo dell'arto riscontrato in corso di balneoterapia carbogassosa sia a riposo sia dopo ischemia provocata, indica una azione biologica utilizzabile nel trattamento dei pazienti affetti da arteriopatia obliterante non grave
- gli effetti osservati non dipenderebbero dai fattori aspecifici del bagno (temperatura e pressione idrostatica), ma da fattori specifici fra i quali prevarrebbe, l'acido carbonico libero e, forse, altre caratteristiche chimiche e chimico-fisiche dell'acqua Sillene.

Sulla base di queste considerazioni si può pertanto concludere che la balneoterapia carbogassosa con acqua Sillene di Chianciano rappresenti un utile ausilio terapeutico in un settore della patologia vascolare arteriosa che interessa un vasto numero di pazienti.

Se si considera inoltre che questa patologia, a carattere prevalentemente cronico e tendenzialmente progressiva, non conosce attualmente mezzi di cura risolutivi, maggiore appare l'importanza di una pratica terapeutica come quella dell'acqua Sillene che, sicuramente priva di rischi, prospetta la possibilità di contenere o arrestare l'aggravamento di manifestazioni morbose tanto invalidanti.

---

### BIBLIOGRAFIA

---

- 1) ALLISON R.D., BARNES N.R., HAYWARD R.H.: Diagnostic aids in the management of the vascular patient. *Angiology* 24, 95, 1973.
- 2) BARCROFT H.: The mechanism of vasodilatation in the limbs during and after arrest of the circulation. *Angiology* 23,595,1975.
- 3) BRUINS H.: The use and interpretation of the results of the pletismograph "Periflow" from a vascular surgeon's point of view. *Relazione al First Workshop on Periferical Haemodinamics*. June 15, 1978 Beerse Antwerp (in corso di pubblicazione).
- 4) BURTON A.C.: *Physiology and Biophysics of the circulation*. ED. Year Book Medical Publishers Incorporated. Chicago 1972.

- 5) CARTER S.A., STRANDNESS D.E.: Measurement of Distal Arterial Blood Pressure: a simple and valuable guide to the diagnosis and therapy of arterial occlusive disease. Scand. J. Clin. Lab. Invest. 31, 357, 1973.
- 6) DAHN I., HALBOOK T.: Simultaneous Blood Flow Measurement by Water and Strain-Gauge Plethysmography. Scan. J. Clin. Lab. Invest. 25, 419, 1960.
- 7) DI RENZI L., LEGGIO F., CASSONE R.: Effetti del bagno carbogassoso sull'apparato cardiocircolatorio. Nota 1: Comportamento della frequenza cardiaca, della pressione arteriosa e dell'indice oscillometrico in soggetti normali. La Settimana Medica, 55, 11, 1967.
- 8) DI RENZI L., LUCISANO V., LEGGIO F., CASSONE R.: Effetti del bagno carbogassoso sull'apparato cardiocircolatorio. Nota II : Sulla velocità di propagazione dell'onda reografica negli arti inferiori in soggetti normali. Boll. Soc. Ital. Card. 14, 139, 1969.
- 9) DI RENZI L., LEGGIO F., CASSONE R., LUCISANO V.: Effetti del bagno carbogassoso in soggetti normali. Nota III : Comportamento dell'Indice di Tonicità Arteriosa in soggetti normali. La Settimana Medica, 57, 53, 1969.
- 10) ENGLUND N., HALLBOOK T., LING G.L.: The Validity of Strain-Gauge Plethysmography. Scand. J. Clin. Lab. Invest. 29, 155, 1972.
- 11) FORCONI S., GUERRINI M., VITTORIA A.: La pletismografia strain-gauge nella valutazione della circolazione arteriosa degli arti. Nota I : Studio dei flussi ematici a riposo in soggetti normali ed in arteriopatici.
- 12) FORCONI S., GUERRINI M., VITTORIA A.: La pletismografia strain-gauge nella valutazione della circolazione arteriosa degli arti. Nota II : Studio della iperemia reattiva post-ischemica in soggetti normali ed in arteriopatici. Boll. Soc. Ital. Card., 20, 267, 1975.
- 13) HOLLING H.E., BOLAND H.C., RUSS E.: Investigation of Arterial Obstruction Using a Mercury-in rubber Strain-Gauge. Am. Heart J. , 62, 194, 1961.
- 14) LEGGIO F.: Modificazioni del reogramma periferico e del reogramma epatico indotte dal bagno carbogassoso in soggetti normali. Il Fegato, 337, 371, 1970.
- 15) MARTINETTI R.: "Acque Carboniche" in Messini M. "Trattato di Idroclimatologia Medica" Ed. Cappelli Bologna, 1951.
- 16) MC NEILL T.A.: Venous oxygen saturation and blood flow during reactive hyperemia in the human forearm. J. Physiol. 134, 195, 1956.
- 17) MYERS K.: The investigation of Peripheral Arterial Disease by Strain-Gauge Plethysmography. Angiology, 15, 293, 1964.
- 18) PATEL D.J., BURTON A.C.: Reactive Hyperemia in the Human finger. Circulation Res. 4: 710, 1956.