



Terme
STUFE di
NERONE

qui se ipsum amat
in hunc locum venit

Le Terme Flegree

tra Medicina, Scienza, Arte e Magia



Terme Aperte
2013
...aperte per tutti

Atti del Convegno
4 Maggio 2013
Terme Stufe di Nerone



Terme
STUFE di
NERONE

qui se ipsum amat
in hunc locum venit

4 Maggio 2013

- Presentazione del convegno pag. 5
dott. **Giuseppe Di Lorenzo**

 - Le acque delle Terme Stufe di Nerone, i contenuti chimici e le loro proprietà terapeutiche ” 13
dott. **Luca Rastrelli**
ordinario di Chimica degli Alimenti e Idrologia, Facoltà di Farmacia e Medicina – Università degli Studi di Salerno;

 - Salute e Ben-Essere in ambito termale ” 22
dott.ssa **Maria Costantino**
pres. Ass. no profit F.I.R.S. Thermae, docente a c. Università degli Studi di Salerno,
dott.ssa **Amelia Filippelli**
ordinario di Farmacologia, Facoltà di Medicina e Chirurgia – Università degli Studi di Salerno;

 - Riabilitazione motoria in acqua termominerale (crenochinesiterapia) ” 24
dott. **Silvio Ausiello**

 - Recupero muscolare dell'atleta a riposo in ambito termale ” 31
dott.ssa **Paola Brancaccio**
-

Presentazione del Convegno “Le Terme flegree tra Medicina, Scienza, Arte e Magia”

Dott. Giuseppe Di Lorenzo



Desidero *in primis* ringraziare la famiglia Colutta che mi ha conferito l'impegnativo, ma a me molto gradito, compito di aprire i lavori di questo convegno che si prefigge due obiettivi. Il primo è quello di far conoscere sia le caratteristiche fisico-chimiche e curative delle nostre acque sia di presentare le metodiche terapeutiche che possono essere praticate presso le nostre Terme. Le acque delle Terme Stufe di Nerone, in base alla classificazione di Marotta e Sica, sono acque ipertermali (che sgorgano, cioè, a una temperatura intorno ai 77° C) salso-bromo-iodiche-solfato-alcalino-terrose con presenza di litio. Sono dotate soprattutto di proprietà antinfiammatorie ma anche di proprietà antisettiche a livello della cute e delle mucose. Per quanto riguarda le metodiche terapeutiche che possono essere praticate presso le Terme Stufe di Nerone in primis ricordo la **crenochinesiterapia**, fiore all'occhiello delle Terme. Si tratta dell'evoluzione del vecchio termalismo statico quando si ci immergeva in vasche contenenti acqua termale e si rimaneva immobili; oggi si ritiene più efficace coniugare gli effetti antinfiammatori dell'acqua termale con il movimento e con l'azione antigravitaria dell'acqua che determina il galleggiamento del corpo immerso. La crenochinesiterapia, cioè la riabilitazione motoria in piscina termale, consente, attraverso il nuoto o l'esecuzione di esercizi di mobilitazione attiva o passiva, di svolgere un corretto lavoro muscolare, anche in con-

dizioni di ridotto tono-trofismo e di difficoltà di carico, e di iniziare, quindi, precocemente la riabilitazione e la rieducazione funzionale di singoli muscoli o gruppi muscolari o dell'intero organismo.

Altre terapie che possono essere praticate sono l'**antroterapia**, cioè la permanenza in grotta caldo umida, indicata soprattutto per il trattamento delle artropatie degenerative, dei reumatismi infiammatori cronici e delle artropatie dismetaboliche; l'**aerosol** indicato per il trattamento dei processi flogistici cronico-recidivanti delle vie aeree; le **docce termali** che, sfruttando l'azione meccanica d'impatto dell'acqua sulla superficie corporea associata agli effetti antinfiammatori, trovano indicazione per il trattamento degli inestetismi della cute (cheloidi, esiti di ustione, ecc.) e di patologie dermatologiche, quali dermatite seborroica, psoriasi e acne polimorfa giovanile; le **irrigazioni vaginali** per il trattamento delle flogosi croniche della vagina, del collo dell'utero, dell'endometrio e per la prevenzione di fenomeni cicatriziali e aderenziali che possono causare sterilità di tipo funzionale o meccanico. Ricordo che le Terme Stufe di Nerone nascono lì dove insistevano i *Balneum Silvanae* che la leggenda vuole che siano stati realizzati da Rea Silvia, protettrice della fertilità, una volta divenuta dea. Infine ricordo il **percorso Kneipp** cioè il camminare, stando immersi fino alle ginocchia, in due vasche conte-

nenti rispettivamente acqua fredda a 18° e acqua calda a 38°. Il massaggio plantare che deriva dal deambulare sui sassi presenti sul fondo delle vasche, associato all'alternanza delle temperature che induce vasocostrizione e vasodilatazione, comporta un'efficace ginnastica vascolare che migliora la circolazione del sangue alle estremità riducendo lo stato di edema e di pesantezza tipiche dell'insufficienza venosa. Il secondo obiettivo che si prefigge questo convegno è quello di sancire un atto di pacificazione fra i medici della Scuola Medica Salernitana e quindi in senso lato tra tutti i medici e le Terme Stufe di Nerone e quindi tutta la medicina termale. Prima di parlare del conflitto di cui oggi celebriamo la pace mi sembra interessante presentarvi un brevissimo *excursus* storico sullo sviluppo del termalismo nell'area flegrea al fine di convincere i colleghi medici, anche i più scettici, che le acque termali dell'area flegrea sono dotate di potere terapeutico; potere riconosciuto fin dall'antichità. L'architetto Marco Vitruvio Pollione, intorno al I secolo a.C., descriveva i Campi flegrei come terre ardenti ricche di sorgenti dotate di qualità terapeutiche e medicamentose. Plinio il Vecchio nel "Naturalis Historia" affermava che in nessun luogo della terra vi fosse maggior copia e varietà di acque quanto nel golfo baiano; di queste indicava la diversa componente minerale e gli usi terapeutici. Sappiamo che presso i Romani era in auge l'impiego delle terme sia come luogo di igiene sia come luogo di piacere, di conversazione e di incontro. Si andava alle terme oltre che per la pulizia e il benessere del proprio corpo anche per svagarsi, praticare attività ginnica, discutere, incontrarsi, trattare affari, assistere a esibizioni musicali, ascoltare conferenze, praticare cioè l'*otium* (inteso dai Romani come attività intellettuale e non come una perdita di tempo). Il primo documento storico da cui si evince che nell'area flegrea le sorgenti termali erano impiegate non solo per motivi igienici o di piacere o di

socializzazione ma anche per scopi terapeutici è l'opera di Tito Livio "Ab urbe condita libri" in cui si legge che il console Gneo Cornelio Scipione Ispallo nel 178 a.C. si recò alle *Aquae cumanae* per curare con le acque termali una forma di artrite. Secondo le prescrizioni mediche del tempo a Baia si praticavano bagni di sudore, in ambienti ricavati nella roccia (i *laconica*) e riscaldati da vapori naturali, per espellere gli umori della malattia; successivamente ci si immergeva nelle acque termominerali. L'origine naturale del calore differenziava le terme flegree dalle terme presenti a Roma in cui il calore proveniva dalla combustione del legno, soprattutto delle conifere. Nell'area flegrea i vapori captati dal sottosuolo venivano convogliati attraverso canalizzazioni sotterranee e irradiati negli ambienti attraverso intercapedini poste al di sotto dei pavimenti (*hypocausta*) e alle pareti (*concameratio*). Questo sistema di diffusione del calore, già conosciuto dai Greci, fu applicato in ambito termale dal ricco imprenditore Sergio Orata o Aurata al quale si deve anche la realizzazione nel lago di Lucrino di impianti di acquacoltura per l'allevamento di ostriche.

Le sorgenti termali nell'area flegrea, già conosciute e apprezzate in età repubblicana, dettero origine in età imperiale alla costruzione di imponenti complessi termali, che assunsero il nome di terme (dall'aggettivo greco *τερμος*, caldo) in sostituzione del termine *balnea* (bagni pubblici) in contrapposizione a *balneum* (bagno privato). Le Terme di Baia furono la meta preferita da Augusto e successivamente da altri Imperatori: Caligola, Claudio, Nerone (che nella villa di Baia fece ammazzare la madre Agrippina), Domiziano, Adriano, Antonino Pio, Commodo, Alessandro Severo. Orazio nelle "Epistulae" parlando di Baia documentava che le terme più maestose erano sul declino della collina tra i mirteti dove gli ambienti scavati nella roccia tufacea raggiungevano alte temperature. Nell'"Ars amatoria" di

Ovidio si legge che da Baia si tornava sani per le cure termali e malati per le ferite d'amore. Tra le principali terme presenti nell'area flegrea in epoca romana ricordo: le Terme di Agnano, il cui nome è collegato alla famiglia Annia o Anniana, il *Balneum Sulphatarae*, le Terme di Pozzuoli, le Terme di Nettuno, nelle vicinanze dell'anfiteatro di Pozzuoli, il Tempio di Apollo sul lago d'Averno, la Grotta della Sibilla, presso la galleria che collegava le sponde del lago d'Averno al lago di Lucrino, il Tempio di Mercurio, di Diana e di Venere, sul golfo di Baia. Ricordo che furono gli eruditi viaggiatori del XVIII e XIX secolo che usarono per questi reperti il termine di Tempio sia per la loro monumentalità sia per la presenza di coperture sferiche di ampie dimensioni. La copertura del tempio di Apollo nel lago d'Averno era inferiore per dimensione solo a quella del Pantheon a Roma. Terme erano presenti anche a Cuma, quali le Terme centrali, le Terme del Foro e le Terme presso la Grotta di Cocceio. Con la caduta dell'Impero Romano d'Occidente (476 d.C.), sebbene le città più famose dell'area flegrea (Pozzuoli, Baia, Miseno, Cuma) subirono un lento e graduale declino, le acque termali flegree continuarono a essere utilizzate a scopo terapeutico. Cassiodoro ci tramanda che il re dei Goti Atalarico, succeduto a Tedorico, si recò a Baia per curarsi con le acque termali. Il papa Gregorio Magno nelle sue memorie ricorda che i medici avevano consigliato a Germano, vescovo di Capua, di andare a curarsi nel *sudatorium* di Agnano, che assunse il nome di *Sudatorium* di San Germano. Il medico ebreo Beanimo di Tudela, giunto in Italia dalla Spagna nel 1164, descrisse le acque termali puteolane enumerando nel suo libro "I viaggi di Beanimo di Tudela" le virtù terapeutiche e sostenendo che sia i Goti sia i Longobardi le avevano utilizzate per guarire molte malattie. Da queste testimonianze e da altre si evince come fossa mutata nel tempo la concezione delle terme nell'area flegrea

che erano viste non più come luogo di incontro o di ozio ma solo come luogo di terapia. Occorre considerare che ci troviamo in epoca medievale cristiana in cui la tendenza ascetica e la rinuncia ai beni terreni portavano a uno svilimento del piacere. Si doveva andare alle terme soltanto per curare eventuali malattie ma non per provare benessere.

Un ulteriore impulso al termalismo flegreo venne dagli Svevi, e soprattutto da Federico II che, tra ottobre e novembre del 1227, si recò a Baia per rimettersi da una malattia contratta a Brindisi mentre partiva per una crociata in Terra Santa. La scomunica, comminatagli da papa Gregorio IX per non essere partito per la crociata, gli fu notificata dal messo papale mentre era in uno stabilimento termale. Durante il Regno di Federico II di Svevia il poeta di corte Pietro Ansolino o Ansolini da Eboli scrisse tra il 1212 e il 1220 il "De Balneis Puteolanis" (detto anche "De Balneis Terrae Laboris") dedicandolo all'Imperatore. Si trattava di un carme, scritto in latino, composto da 35 epigrammi più il prologo e una conclusione, nel quale il poeta riferiva la presenza tra Napoli e Baia di 35 terme e per ciascuna di esse descriveva le virtù terapeutiche delle acque impiegate. Nella sua opera il poeta dimostrava di possedere competenze mediche anche se gli studiosi non ritengono che si sia formato presso la Scuola Medica Salernitana. Il poema originale vergato dallo stesso Pietro è andato perduto mentre ci sono pervenute numerose copie tradotte in volgare, di cui alcune illustrate. Di queste la più antica è il codice 1474 della Biblioteca Angelica di Roma, datato tra il 1260 e il 1270 (probabilmente all'epoca di Manfredi, figlio di Federico II). L'autore del codice è sconosciuto. Le preziose miniature, che illustrano ciascun *balneum*, ci dimostrano che a frequentare le terme si trattava spesso di povera gente che a piedi o a dorso di un asino si recava in stabilimenti spesso fatiscenti per godere dei benefici terapeutici delle acque. Tra le Terme indicate nel "De

Balneis Puteolanis” ricordo il *Sudatorium* di San Germano, il *Balneum Astruni*, (la cui acqua per il potere decongestionante giovava nei processi infiammatori cronici a carico degli occhi, delle vie aeree e dell’apparato genitale femminile), i *Balneum de Fatis* indicati successivamente con il toponimo di Bagno della Rogna perché efficaci per la cura di questa patologia, il *Balneum Plage* (efficace per il trattamento della febbre quartana), il *Balneum Petrae* (il cui nome derivava dalle proprietà terapeutica dell’acqua di frantumare la pietra cioè i calcoli renali), il *Balneum Calaturae* (le cui acque tra l’altro promuovevano l’appetito), il *Balneum Silvanae*, cioè le attuali Terme Stufe di Nerone, le cui acque erano indicate per la cura della sterilità femminile e delle malattie dell’apparato genitale femminile. Pietro da Eboli, inoltre, forniva indicazioni su come praticare la balneoterapia. Scriveva che bisognava praticare sempre la stessa terme; che il trattamento termale doveva durare generalmente tre settimane e aver luogo principalmente in primavera o in autunno, al riparo degli eccessi del clima; che nei primi giorni ci si doveva immergere per pochi minuti per poi prolungare nei giorni successivi il tempo di immersione man mano che si ci abituava al calore delle acque; che ci si doveva immergere soltanto dopo aver digerito; che non bisognava mangiare né bere durante l’immersione; che bisognava uscire dall’acqua quando cominciava a sudare la fronte. Consigliava, inoltre, di associare ai bagni una serie di prescrizioni dietetiche e igieniche basate per la maggior parte, sui principi tradizionali codificati dal “Regimen Sanitatis” della Scuola Medica Salernitana.

Durante la dominazione angioina le terme flegree ricevettero un ulteriore impulso. Il villaggio di Tripergole, ubicato nei pressi del lago d’Averno, vide lo sviluppo di numerose strutture sanitarie e ricettive, gestite da Ordini religiosi napoletani e puteolani, per soddisfare la richiesta di malati che da tutte le città del

Regno si recavano a Baia per sottoporsi alle cure termali. Esistevano, inoltre, una farmacia e tre osterie, che certamente svolgevano anche la funzione di locanda, destinate, probabilmente, ai frequentatori benestanti. Re Carlo II d’Angiò, detto “lo zoppo”, per venire incontro alle esigenze dei forestieri e degli infermi meno abbienti, che si recavano a Tripergole, decretò, l’ampliamento di un ospedale con la prevalente funzione di xenodochio (ospizio per stranieri). Il nuovo complesso ospedaliero, gestito dai Frati Ospitalieri dell’Ospedale Maggiore di Santo Spirito in Saxia di Roma, divenne tanto noto che in esso si celebrava, con grande partecipazione di popolo, la festa della Pentecoste e, in tale occasione, si svolgeva anche la tradizionale sagra delle ciliegie, con suoni, canti e danze. Re Roberto d’Angiò, detto il Saggio, nel 1332 obbligò gli uomini dei casali di Posillipo, Fuorigrotta e Pozzuoli di ripavimentare la strada, che da Piedigrotta conduceva a Tripergole, per favorire il turismo termale. Durante il regno di Roberto d’Angiò risale la prima opera su Napoli in vernacolo intitolata “Cronaca di Partenope”. Nell’opera, di autore sconosciuto, si conferma l’interesse sempre crescente verso le acque termali flegree. In questo saggio numerosi capitoli furono dedicati alla figura di Virgilio Mago. Tra le altre testimonianze sul termalismo flegreo mi sembra opportuno riportare quella di Francesco Petrarca che, trovandosi a Napoli nel 1343 in missione diplomatica, riferiva in una lettera al cardinale Colonna di aver visitato i Campi flegrei dove affluivano legioni di infermi provenienti dalle vicine città. Con l’avvento degli Aragonesi e soprattutto di Alfonso detto il Magnanimo e di suo figlio Ferrante, le terme flegree e il villaggio di Tripergole si svilupparono ulteriormente. Il termalismo flegreo visse un periodo buio dopo l’eruzione di Monte Nuovo, avvenuta fra il 29 settembre e il 6 ottobre del 1538, che causò profonde modifiche nel sottosuolo che cambiarono il corso delle acque sotterra-

nee e provocarono la scomparsa di alcune sorgenti nonché la distruzione di numerosi stabilimenti termali. Il villaggio di Tripergole, con tutti i suoi edifici civili, religiosi e militari fu totalmente distrutto e le antiche sorgenti termali di epoca romana, che lì si trovavano, furono sepolte. Anche il lago di Lucrino subì un drastico ridimensionamento, riducendosi a un decimo di quello che era stata la sua estensione in epoca romana. L'intervento del viceré don Pedro de Toledo, mirante alla ripresa delle attività delle terme superstiti, non sortì gli effetti sperati, in quanto occorreva molto denaro. Don Pedro de Toledo proprio al fine di far ritornare gli abitanti del luogo, fuggiti in seguito all'eruzione, fece edificare nella città di Pozzuoli il suo palazzo dove trascorreva molti mesi e vi riceveva le deputationi straniere che venivano a Napoli.

Trascorsero circa 100 anni in cui l'uso delle terme flegree fu ridimensionato a vantaggio dell'isola di Ischia che fino ad allora, pur avendo numerose sorgenti termali, non aveva raggiunto la notorietà dei Campi flegrei. Verso l'isola furono indirizzati gli investimenti delle Confraternite e degli Enti assistenziali napoletani e puteolani. A partire dal XVI secolo anche il termalismo flegreo fu sostenuto da alcuni Ordini religiosi. Tra questi i Gerolomini di Napoli che nel 1625 realizzarono nella città di Pozzuoli un proprio ospizio per i poveri bisognosi di cure termali. Negli anni successivi i Gerolomini acquisirono presso le Terme Subveni Homini (le attuali Terme Puteolane) un suolo nel quale erano state rinvenute delle sorgenti, e realizzarono uno stabilimento termale per gli assistiti laici. I religiosi ammalati erano indirizzati verso i bagni di Tritoli. Tra il 1666 e il 1671, durante il governo del viceré Pedro Antonio de Aragon, ci fu un recupero delle terme flegree come luoghi di cura. Il viceré, infatti, affidò a una commissione medica di stabilire se fosse effettivamente utile ripristinare le sorgenti termali. Avutane risposta favorevole affi-

dò al medico irpino Sebastiano Bartolo, professore primario di anatomia e filosofia al Ginnasio di Napoli, il compito di ricercare e restaurare le antiche sorgenti termali. Il medico nei suoi libri, "Breve Ragguaglio de' bagni di Pozzuolo" scritto nel 1667 e "Thermologia Aragonia" pubblicato dopo la sua morte, indicava in più di 40 le sorgenti individuate. Per la sua ricerca si avvale del "Trattato dei bagni di Pozzuolo" pubblicato nel 1526 come appendice alla seconda edizione della "Cronaca di Partenope". Sebastiano Bartolo individuò tre aree geografiche, ciascuna corrispondente a un tratto del percorso che da Napoli conduceva a Miseno. Nel 1668, per ordine del viceré, furono collocati lungo questo percorso tre epitaffi in latino (ciascuno contenuto in una edicola) allo scopo di informare i viaggiatori diretti a Pozzuoli delle virtù terapeutiche delle sorgenti esistenti lungo il tragitto. La prima edicola fu posta nel Parco archeologico alle spalle della chiesa di Santa Maria a Piedigrotta dove si ipotizzava esservi la tomba di Virgilio. Nella parte superiore dell'epitaffio era inciso l'elenco dei primi dodici bagni compresi tra Agnano e la litoranea Bagnoli-Pozzuoli; nella parte inferiore dell'epitaffio vi è il famoso distico dettato da Virgilio morente: Mantua me genuit, Calabri rapuere, tenet nunc Parthenope; cecini pasqua, rura, duces (Mantova mi generò, la Calabria mi rapì, mi tiene ora Partenope; cantai i pascoli, i campi, i condottieri). Tra le Terme indicate meritano menzione: il Bagno secco o Sudatorio di San Germano (le cui acque erano adatte per la cura delle patologie della pelle), il Bagno degli Astroni, il Bagno di Fuori Grotta (ubicato nei pressi della spiaggia di Coroglio, fuori dalla grotta di Seiano o Crypta Sillana che attraversava la collina di Posillipo), il Bagno della Pietra, il Bagno di Subveni Homini (il cui sito è da ricercare nelle attuali Terme Puteolane), il Bagno di Santa Anastasia o dell'Arena (sito in prossimità del mare, le cui acque molto calde, affioravano scavando nella

sabbia) e il Bagno della Solfatarata o Bagno del Foro di Vulcano (la cui acqua così come i vapori solforosi distendeva i nervi, riduceva la lacrimazione e il vomito ed era efficace per la cefalea e per la cute infetta dalla scabbia).

Il secondo epitaffio fu posto nel borgo di Pozzuoli al largo “Malva”, non lontano dal palazzo del viceré don Pedro de Toledo. L’epitaffio fu rimosso da lì ai primi dell’Ottocento e conservato nel cortile del Palazzo Pollio da dove nel 1880 fu rimosso e sistemato sotto Porta Napoli a Pozzuoli dove lo si può tuttora leggere. L’epitaffio indica 20 bagni siti fra Pozzuoli e Baia. Meritano menzione: il Bagno del Cantarello, vicino al Tempio di Serapide, il Bagno di Fontana (le cui acque favorivano il sonno e promuovevano la diuresi e la lattazione), il Bagno di Cicerone o Bagno del Prato (posto alle falde di Monte Nuovo in un’area contigua alla villa appartenuta a Cicerone), il Bagno di Tripergole (da tre pergole, tre stanze utilizzate rispettivamente per spogliarsi, conservare i vestiti e fare il bagno), il Bagno della Scrofa (le cui acque venivano impiegate per il trattamento della scrofolosa o scrofolosi), il Bagno del Succellario e il Bagno del Ferro (posti ai lati del Tempio di Apollo sul lago d’Averno), il Bagno della Sibilla o Bagno della Grotta Palombara collegato con la pseudogrotta della Sibilla (il toponimo palombara derivava dal fatto che nel passato vi nidificavano colombi selvatici), il Bagno di Silviana o *Balneum Silvianae* cioè le attuali Terme Stufe di Nerone, localizzato a poca distanza dalla chiesa di S. Filippo Neri eretta nel 1631 (le sue acque erano indicate per la sterilità femminile e per la cura di patologie ginecologiche), il Bagno di Tritoli, il Sudatorio di Tritoli e il Bagno del Petrolio a livello del mare nei pressi della punta dell’Epitaffio. Il terzo epitaffio fu posto all’estrema propaggine della collina di Tritoli, l’odierna punta dell’Epitaffio, quasi allo sbocco dell’antica grotta di Baia. L’epitaffio presentava due iscrizioni: quella supe-

riore, che celebrava l’opera del viceré, oggi si trova presso Porta Napoli a Pozzuoli mentre l’iscrizione inferiore, che riportava gli ultimi 8 bagni tra Baia e Miseno, è andata perduta. Tra i bagni indicati meritano menzione: il Bagno del Sole e della Luna (che sorgeva sulla spiaggia ai piedi del monte di Tritoli, detto anche bagno dell’Imperatore Massimiano forse perché da questi restaurato o frequentato), il Bagno della Fonte del Vescovo, identificabile con cosiddetto Tempio di Mercurio, il Bagno delle Fate (conosciuto anche come Bagno della Rogna perché le sue acque erano efficaci per la cura della rogna sarcoptica o scabbia), il Bagno di Bracula, ubicato dopo il cosiddetto Tempio di Venere, e il Bagno del Finocchio, alle falde del Promontorio di Miseno. Il termalismo flegreo visse l’ultima epoca d’oro tra la seconda metà dell’Ottocento e i primi decenni del Novecento quando lo sviluppo di sorgenti termali antiche e la scoperta di nuove consentì la nascita di nuovi stabilimenti, molto eleganti e confortevoli realizzati nel nuovo stile Liberty. Tra le terme allora in funzione si ricordano: ad Agnano le Terme di Agnano, a Bagnoli le Terme Masullo, le Terme Tricarico, le Terme Cotroneo, le Terme Rocco e le Terme Manganella (sorte lì dove insisteva il Bagno di Giuncara descritto da Simone Bartolo). Tra le stazioni Dazio e La Pietra della Ferrovia Cumana sorsero le Terme La Pietra, lo Stabilimento termo-minerale del Balneolo, le Terme Minerali Di Leo, le Antiche Terme Calatura, le Terme Vito. A Pozzuoli si ricordano le Terme Terracciano, le Terme Puteolane, le Terme La Salute e le Terme Pisano Verdino.

A sostenere lo sviluppo del termalismo flegreo concorsero anche la costruzione di nuove strade nonché la nascita di nuovi sistemi di trasporto. Intorno al 1880 veniva inaugurata la prima linea omnibus, si trattava di carrozze su rotaie trainate da cavalli che collegava Napoli (Fuorigrotta) con Pozzuoli passando davanti a tutte le terme poste lungo il percorso. La linea fu

poi estesa fino a Torregaveta e successivamente sostituita dal tram. Contemporaneamente veniva realizzata la Ferrovia Cumana da Napoli a Torregaveta che, pur essendo in funzione fin dal 1889, fu inaugurata ufficialmente solo il 1° giugno del 1892. Le ultime ricerche sul termalismo flegreo risalgono al 1928 con il “XIX Congresso Nazionale di Idrologia, Climatologia e Terapia Fisica e Dietetica” tenutosi dal 10 al 15 giugno 1928 tra Agnano, Bagnoli, Pozzuoli e Casamicciola. L’evento, che vide la partecipazione di illustri esponenti del mondo scientifico e culturale, ebbe larga risonanza ma non dette un ulteriore impulso allo sviluppo termale flegreo mentre ne trassero vantaggio i comuni ischitani governanti da amministratori che si erano resi conto che associare il termalismo al turismo avrebbe rappresentato un notevole sostegno allo sviluppo economico dell’isola. Fino alla seconda guerra mondiale erano ancora attivi nell’area flegrea tra Coroglio e Pozzuoli numerosi stabilimenti termali sebbene già fosse iniziato il processo di industrializzazione di questa area con l’insediamento all’inizio del ‘900 di industrie quali ILVA, Eternit, Cementir, Montecatini. Dopo la seconda guerra mondiale si registrò una notevole riduzione degli stabilimenti termali dovuta sia all’insediamento di nuove industrie (quali Olivetti, Pirelli, Selenia) sia alle modifiche ambientali, legate al bradisismo, e sociali che l’area subì passando da una originaria destinazione residenziale a quella di periferia con lo sviluppo di quartieri operai. Attualmente sopravvivono le Terme di Agnano, le Terme Puteolane e le Terme Stufe di Nerone. E ora veniamo al *casus belli* di cui oggi celebriamo la pacificazione. Si tratta di un episodio in cui si intreccia la storia con la leggenda. A Napoli, nel periodo medioevale, durante le dominazioni normanna, sveva e angioina, fiorì una importante scuola ermetica che si occupò di alchimia. In questo contesto nacque e si sviluppò la teoria di Virgilio il

Mago. Da allora il Poeta latino fu visto non solo come autore di prestigiose opere letterarie ma, soprattutto dal popolo, anche come Mago e Salvatore di Napoli. Virgilio era considerato dal popolo come il *deus ex machina* che salvava la città da varie iatture.

Nella “Cronaca di Partenope” o “Croniche de la inclita citta de Napule con li bagni de Pozzuolo e Ischia”, scritto durante il governo di Roberto d’Angiò (1309-1343), sono riportati i prodigi operati da Virgilio. Tra questi si ricorda la liberazione della città dall’invasione delle mosche mediante la costruzione di una mosca d’oro a cui il Poeta donò la vita con parole magiche trasferendole il potere di far morire ogni mosca che incontrava oppure la bonifica delle paludi che rendevano malsana l’aria trasformandole in giardini rigogliosi o ancora l’uccisione di un terribile serpente che terrorizzava gli abitanti del quartiere Pendino o, infine, quando realizzò in una sola notte l’attuale grotta di Fuorigrotta per facilitare i collegamenti fra Napoli e Pozzuoli. Tra le leggende si annovera anche il posizionamento nelle fondamenta del castello fatto costruire dai normanni sull’isola di Megaride di una gabbietta contenente un uovo, da cui il nome di Castel dell’Ovo; il Poeta avvisò che la rottura dell’uovo avrebbe comportato la distruzione della città. Nella “Cronica di Partenope” il nome di Publio Virgilio Marone è associato anche a quello dei bagni di Pozzuoli. Il Poeta, volendo offrire agli abitanti di Napoli una soluzione alle malattie di cui essi soffrivano, si sarebbe preoccupato di edificare ai piedi della collina di Tritoli degli stabilimenti termali, dotando ognuno di un epitaffio che descriveva l’efficacia delle acque in relazione alla malattia da curare senza l’aiuto dei medici che, in cambio dei consigli, chiedevano denaro. Le guarigioni ottenute grazie all’impiego delle acque divennero una minaccia per la Scuola Medica Salernitana, che rappresentava la medicina ufficiale alla quale

Federico II di Svevia nel 1231, nella sua “Costituzione di Melfi”, aveva conferito autorità stabilendo che l’attività di medico poteva essere svolta solo da Dottori in possesso di diploma rilasciato dalla Scuola Medica Salernitana. I successi ottenuti ricorrendo alle acque termali scatenò l’invidia dei medici della “Scuola Salernitana” che portò, come riferisce la “Cronica di Partenope”, alcuni di essi, nel XIV secolo, ad approdare sul litorale flegreo e distruggere gli epitaiffi. Virgilio Mago punì la loro azione: sulla via del ritorno una tempesta travolse la loro imbarcazione facendola affondare nei pressi di Capri. Tutti i medici annegarono tranne uno che poté raccontare quanto avvenuto. La narrazione fu riportata in uno scritto redatto il 4 febbraio 1409 dal notaio de Sarno, su volere del Re di Napoli Ladislao I di Durazzo, detto il Magnifico; lo scritto fu ritrovato ai primi del ‘900 nella Biblioteca dei Girolamini a Napoli. Questo episodio, probabilmente frutto di fantasia, anche se una lapide di età angioina rinvenuta pochi decenni fa a Pozzuoli, testimonia che uno scontro realmente avvenne, sta a indicare la diffidenza già esistente nel Medioevo e perpetuata fino ai giorni nostri della medicina ufficiale, e soprattutto da parte dei medici campani, verso la medicina termale. Probabilmente in quest’opera di ostacolo allo sviluppo del termalismo fle-

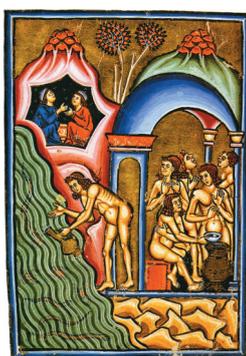
greo ha concorso anche la miopia di qualche amministratore che non ha considerato che lo sviluppo, intorno al lago di Lucrino, di un grande centro balneare-termale-turistico-culturale avrebbe rappresentato un importante volano per l’economia di tutta l’area flegrea come è stato per tanti altri comuni in cui insistevano sorgenti termali. Fra tutti ricordo Sirmione. Il compito dei colleghi che fra qualche minuto andremo ad ascoltare sarà proprio quello di sfrondare di qualsiasi aspetto magico le acque termali in modo da conferirle una dignità medico-scientifica che consenta ai medici di poter considerare la medicina termale un arricchimento del proprio bagaglio terapeutico cui far ricorso per la cura dei propri pazienti. I meno giovani ricorderanno che una volta il 4 di maggio era il giorno in cui a Napoli si traslocava oggi 4 maggio 2013 celebriamo il trasloco della crenoterapia da una casa angusta, buia e infestata da fantasmi di false dicerie in un appartamento panoramico, luminoso con un orizzonte terapeutico i cui limiti, allo stato attuale, non è possibile delimitare.

Prima di concludere questo mio intervento mi piace ricordarvi il motto sul quale si impernia la filosofia delle Terme Stufe di Nerone: “*Qui se ipsum amat in hunc locum venit*”.

Caratterizzazione del chimismo delle acque ipertermali salsobromoiodiche solfato alcalino terrose delle Terme Stufe di Nerone. Risultati di una indagine decennale.

Luca Rastrelli Università degli Studi di Salerno, LICA (Laboratorio di Idrologia e Chimica degli Alimenti)

Luigi RUSSO Dipartimento di Farmacia Via Ponte don Melillo, 84084, Fisciano (SA), Italy - rastrelli@unisa.it



Riassunto

Nell'ambito di uno studio volto alla caratterizzazione chimico-fisica delle acque di natura vulcanica che nascono nel sistema Flegreo, sono esposti i risultati delle analisi effettuate sul chimismo dell'acqua ipertermale salso bromoiodica solfato alcalino terrosa delle Terme Stufe di Nerone nel decennio 2002-2012. Le analisi di numerosi campioni prelevati dalle sorgenti ricadenti nell'area di concessione mineraria dell'Azienda Termale "Stufe di Nerone" hanno riguardato la determinazione dei 23 parametri chimico-fisici caratterizzanti previsti dal D.M. 542/92 allo scopo di valutare la qualità delle acque e considerare eventuali variazioni del chimismo nel periodo considerato. E' stata rivolta inoltre attenzione alle analisi delle *sostanze indesiderabili o contaminati* di natura inorganica ed organica in linea con i decreti ministeriali succedutisi dal 1999 al 2003 e che hanno stabilito di volta in volta nuovi parametri e nuove metodi analitici per effettuare le valutazioni. Le acque delle Terme Stufe di Nerone presentano caratteristiche chimico-fisiche peculiari, sono classificabili come *salsobromoiodiche solfato alcalino terrose con presenza di stronzio e fluoro*, e mostrano nel decennio un ampio margine di sicurezza d'uso con valori di contaminazione sempre al di sotto dei limiti di rilevabilità dei metodi, evidente segno della purezza e dell'integrità sia delle aree di ricarica della falda

che delle aree prossimali all'utilizzazione delle risorse acquifere.

PAROLE CHIAVE: Analisi chimiche, acqua ipertermale salsobromoiodica solfato alcalino terrosa, Terme, Stufe di Nerone, decennio 2002/2012.

Introduzione

Il contenuto di sali nelle acque naturali dipende essenzialmente, sia sotto l'aspetto qualitativo che quantitativo, dalla composizione chimica e dalle proprietà chimico-fisiche delle formazioni rocciose con le quali l'acqua viene a contatto, nonché dalla durata del contatto stesso. La sorgente delle Terme Stufe di Nerone sono localizzate, all'interno del Parco Regionale dei Campi Flegrei, una vasta area di natura vulcanica situata a nord-ovest di Napoli, nella città di Bacoli in provincia di Napoli. Nell'ambito di uno studio teso alla valorizzazione del patrimonio idrico e termale della Regione Campania ed in linea con lavori precedentemente pubblicati (1, 2), si riportano i dati di un monitoraggio decennale sulla qualità e sicurezza d'uso dell'acqua ipertermale salsobromoiodica solfato alcalino terrosa delle Terme Stufe di Nerone. Le analisi sono state effettuate presso Il LICA (Laboratorio di Idrologia e Chimica degli Alimenti) dell'Università di Salerno, struttura certificata UNI EN ISO 9001-2000 (Italcert N° 297/08-D) e autorizzata dal Ministero della Salute (Mi-

nisteriale del 27.05.99 n°IX 406/A.G.L. 102/1005h) e dalla regione Campania (Prot. N° 764 del 29.02.2000) a svolgere analisi previste dall'attuale DM 29/12/2003 riguardanti le acque minerali e termali. Nella maggior parte dei casi, i metodi di analisi utilizzati derivano da metodi di riferimento (ISTISAN, IRSA-CNR, UNI e altri). I controlli analitici hanno seguito le disposizioni di cui al decreto ministeriale 12/11/1992, n. 542 (3) e successive modifiche, che stabilisce nell'articolo 5 e nell'articolo 6 che vengano effettuati analisi riguardanti tutti i parametri chimico, chimico-fisici, biologici e microbiologici su campioni di acqua minerale al fine di stabilirne purezza e potabilità nonché per valutare eventuali variazioni dei suddetti. Si è fatto inoltre riferimento agli articoli 1 e 2 e all'allegato II del Decreto del Ministero della Salute datato 29 dicembre 2003, pubblicato in Gazzetta ufficiale n. 302 del 31 dicembre 2003 (4), che fissa i valori massimi ammissibili per i parametri chimici delle acque minerali naturali, la natura ed i limiti massimi ammessi per i contaminanti inorganici ed organici e supera in tal senso i regolamenti 542/1992 e 31/05/2001 (5).

Risultati e discussione

Parametri caratterizzanti

Per quanto attiene gli elementi caratterizzanti di un'acqua minerale, l'articolo 5 del D.M. 542/92 (6, 7) indica i parametri che devono risultare dalle analisi chimiche e fisico-chimiche, oltre alla temperatura dell'aria al momento del prelievo. Nella Tabella 1 si riportano i dati di uno studio decennale (2002/2012) sulla qualità dell'acqua ipertermale delle Terme Stufe di Nerone nel decennio 2002-2012, valutata dall'analisi dei parametri caratterizzanti

indicati nel decreto. Le analisi hanno riguardato la determinazione dei parametri chimico-fisici (temperatura pH, conducibilità elettrica) e quella di una gran serie di anioni e cationi (Tabella 1a-b). Nella maggior parte dei casi, i metodi di analisi utilizzati derivano da metodi di riferimento (ISTISAN, IRSA-CNR, UNI e altri) in altri casi sono stati utilizzati metodi interni al laboratorio. Nel decennio considerato è stata rilevata una variazione dei parametri che non ha superato il 5%, mentre il chimismo ha mostrato che l'acqua delle Terme Stufe di Nerone appartiene alle acque bromiodiche solfate alcalino terrose (8, 9) con contenuti interessanti e peculiari di stronzio (1.35 mg/L) e fluoro (2.21 mg/L). Le acque delle Terme Stufe di Nerone infatti, sgorgando ad una temperatura di circa 74°C, presentano valori di residuo fisso pari a circa 17621 mg/L (acqua ipertermale) e le specie principali caratterizzanti sodio (6573.45 mg/L), cloruri (10315.23 mg/L), iodio (2.47 mg/L), bromo (1.65 mg/L), solfati (413.23 mg/L), calcio (238.53 mg/L), magnesio (57.98 mg/L), potassio (256.71 mg/L) e bicarbonati (387.25 mg/L). Le peculiarità di queste acque risalgono a circa Duemila anni fa, i patrizi venivano a Baia, che costituiva il luogo di villeggiatura più ricco ed elegante dell'Impero romano. Le acque utilizzate sin da quei tempi per le loro azioni antiinfiammatorie e antisettica trovano ancora oggi un largo impiego per la cura e il benessere sia in piscina che attraverso la anatroterapia praticata presso le Stufe di Nerone. La stufa favorisce un'abbondante sudorazione permettendo il ricambio idrico, e contemporaneamente esercita una attivazione vascolare che previene l'arteriosclerosi migliorando il funzionamento dell'apparato circolatorio.

Tabella 1a – Dati relativi ai parametri caratterizzanti indicati nell’articolo 5 del D.M. 12/11/1992 n° 542, dell’acqua ipertermale salsobromoiodica solfato alcalino terrosa delle terme Stufe di Nerone - Pozzo 1 (analisi effettuate presso il LICA di Salerno nel decennio 2002-2012)¹

PARAMETRO	UNITÀ DI MISURA	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
conducibilità elettrica 20°C	S/cm	26230	29600	26547	29396	29300	21800	21338	27022	25349	27118	25123
Attività ioni idrogeno	pH	7,10	7,01	7,20	7,00	7,40	7,1	7,00	7,00	7,1	7,00	7,00
Temperatura	°C	75,20	74,30	75,30	74,50	74,50	74,00	72,60	74,00	75	77,00	77,00
Ossidabilità	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Residuo fisso a 180°C	mg/l	18523	18450	18561	18960	18450	17164	15382	18118	17983	18015	17621
CO ₂ libera alla sorgente	mg/l	28,8	29,6	29,3	29,2	29,2	26,1	30,12	31,1	30,53	30,22	29,41
Silice	mg/l	139	141	139	148	148,1	139,12	140,15	132,38	132,08	132,05	131,25
Bicarbonato	mg/l	297,2	293,4	294	293	488	430,43	390,1	382	393,1	381,23	387,25
Cloruri	mg/l	11736,1	11043,4	11242,3	11045,6	12207,3	9346,8	10288,36	10135,88	10203,48	10148,88	10315,23
Solfati	mg/l	464,7	462,6	462,5	460	452,2	421,93	450,68	449,16	452,07	449,16	413,23
Nitrati	mg/l	78,5	76,2	75,6	78,7	78	37,44	37,47	37	35,14	36,04	36,3
Nitriti	mg/l				2,1	2	0,88	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Sodio	mg/l	7276	7200	7254	7190	7525,3	6443,1	6339,24	6351,68	6405,89	6392,63	6573,45
Potassio	mg/l	219	215	219	215	291,6	244,34	270,58	260,37	265,66	266,91	256,71
Calcio	mg/l	274,8	273,4	274,3	272,1	282,3	255,77	265,33	273,15	263,13	275,74	238,53
Magnesio	mg/l	65,2	66,4	65,3	66	45,2	58,73	52,61	50,02	55,01	52	57,98
Ferro disciolto	mg/l	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,05	0,04	0,04	0,04	0,05
Ione ammonio	mg/l	0,67	0,66	0,7	0,65	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fosforo totale	mg/l	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,38	0,35	0,33	0,30	0,39
Stronzio	mg/l	0,009	0,009	0,009	0,009	1,5	1,43	1,39	1,30	1,30	1,35	1,35
Litio	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
grado solfidrimetrico	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bromo	mg/l	1,92	1,90	1,91	1,60	1,70	1,60	1,55	1,57	1,59	1,53	1,65
Iodio	mg/l	2,91	2,90	2,63	2,60	2,80	2,62	2,60	2,59	2,50	2,57	2,47
Fluoruri	mg/L	3,42	3,20	3,11	3,10	3,30	2,20	2,25	2,11	2,18	2,00	2,21

Tabella 1b – Dati relativi ai parametri caratterizzanti indicati nell’articolo 5 del D.M. 12/11/1992 n° 542, dell’acqua ipertermale salsobromoiodica solfato alcalino terrosa delle terme Stufe di Nerone - Pozzo 2 (analisi effettuate presso il LICA di Salerno nel decennio 2002-2012)¹

PARAMETRO	UNITÀ DI MISURA	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
conducibilità elettrica 20°C	S/cm	32359	31900	32347	31810	46300	24700	24689	29785	27583	28688	28845
Attività ioni idrogeno	pH	7,12	7,11	7,20	7,1	7,2	7	7,1	6,9	6,98	7,00	6,9
Temperatura	°C	74,4	75,4	74,30	74,5	74,5	71,8	75,5	72	72	78,00	78
Ossidabilità	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Residuo fisso a 180°C	mg/l	22451	22321	22621	22410	33410	20335	17388	20877	20371	20030	20414
CO ₂ libera alla sorgente	mg/l	31,2	30,2	31,3	30,3	30,32	28,82	31,52	32,67	30,42	32,1	31,24
Silice	mg/l	127	129	128	129	129,9	130	127,91	127,93	129,85	129,33	126,33
Bicarbonato	mg/l	489	470	496	490	450	475,74	381,01	388,69	390,27	388,74	384,65
Cloruri	mg/l	14361,3	14271,3	14432,3	14230	19780,1	10800,1	10878,45	10967,35	10765,13	10856,1	10812,53
Solfati	mg/l	783,5	784,3	782,5	791,2	1750,3	578,21	530,28	538,71	534,92	535,36	533,11
Nitrati	mg/l	69,8	68,8	75,6	70	70	21,34	22,74	20,22	22,83	20,35	20,76
Nitriti	mg/l	2,1	2,01	2,10	2,1	1,8	2,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Sodio	mg/l	6252	6200	6254	6223	11700,8	6880,32	6985,11	7117,74	7002,37	7120,06	7427,41
Potassio	mg/l	217	215	219	215	769,8	260,76	263,54	260,39	265,48	260,79	228,93
Calcio	mg/l	359,2	352,6	374,3	361,4	447,9	352,35	341,26	336,55	330,14	332,55	364,35
Magnesio	mg/l	198,2	199,3	195,3	204	200,2	140,12	129,35	121,84	119,82	120	126,42
Ferro disciolto	mg/l	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,380	0,040	0,035	0,038	0,033	0,034
Ione ammonio	mg/l	0,27	0,28	0,2	0,26	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fosforo totale	mg/l	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,41	0,33	0,36	0,34	0,35	0,35
Stronzio	mg/l	0,009	0,009	0,009	0,009	1,55	1,47	1,4	1,41	1,38	1,41	1,21
Litio	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	4,1	4,28	1,52	1,58	1,62	1,65	1,68
grado solfidrimetrico	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bromo	mg/l	1,8	1,9	1,91	2	2,1	2	2	1,98	1,96	2	1,89
Iodio	mg/l	3,1	3	2,63	3,2	3,2	3,1	2,97	3,01	3	3	3,1
Fluoruri	mg/L	2,7	2,9	3,11	3,1	3,2	2,1	2,18	1,97	2,02	2,08	2,72

Contaminanti

I parametri di analisi per la valutazione della composizione e dei requisiti di qualità delle acque minerali e per la verifica dello stato di qualità delle acque minerali naturali nell'ottica della tutela della salute pubblica, sono indicati negli articoli 5 e 6 del D.M. 12 novembre 1992, n. 542, modificato dal decreto ministeriale 31 maggio 2001. Il D.M. 31/05/2001 apporta modifiche ai limiti delle *sostanze indesiderabili o contaminati* indicate nell'articolo 6 del citato decreto 542/92. Sono stati diminuiti, infatti, i valori limite per alcuni elementi (arsenico, bario, boro, cadmio, piombo, nitriti) mentre, per i microinquinanti organici, indicati dal punto 2) al punto 7), si dispone un tenore massimo ammissibile pari al limite di rilevabilità del metodo facendo riferimento ai metodi riportati negli *“Standard methods for the examination of water and wastewater”*, 20a Edizione 2000 (14).

In generale è bene affermare che tutte le leggi e decreti relativi ai controlli, indicano metodi di riferimento che possono essere sostituiti da altri quando sia dimostrata la loro affidabilità.

Il successivo Decreto 29/12/2003 ha ulteriormente modificato i Decreti precedenti ponendo dei limiti ben precisi sia per quanto riguarda i metalli che per i contaminanti organici a condizioni che si raggiungano determinati limiti di rilevabilità utilizzando metodi riconosciuti a livello nazionale o internazionale, in questo modo recependo la recente Direttiva 2003/40/CE del 16 maggio 2003, dove non si stabiliscono metodi ufficiali di analisi per i vari parametri nelle acque minerali, ma viene espressa chiaramente la possibilità di usare differenti metodi, purché vengano garantite prestazioni analitiche sufficienti e conformi a quanto riportato negli allegati del D.M. Il testo specifica semplicemente che i metodi *“... devono essere quelli che si avvalgono delle più moderne tecniche analitiche e che sono indicati da organismi internazionali*

o comunitari o nazionali”.

Inoltre si aggiunge che *“...i livelli minimi di rendimento riportati saranno riesaminati alla luce di nuove metodologie analitiche e di regola ogni tre anni...”* Sostanzialmente ogni laboratorio cui sia demandato il controllo sanitario delle acque minerali può scegliere il metodo analitico più idoneo, fatto salvo che abbia i requisiti minimi in termini di sensibilità, accuratezza e precisione.

Nella Tabella 2 si riportano i risultati delle analisi dei contaminanti inorganici dell'acqua ipertermale salsobromoiodica solfato alcalino terrosa delle Terme Stufe di Nerone nel decennio 2002/2012. Le analisi hanno riguardato la determinazione di metalli (Sb, As, Ba, B, Cd, Cr, Pb, Mn, Hg, Ni, Se) e anioni inorganici (NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} , F^- , CN^-), nella maggior parte dei casi, i metodi di analisi utilizzati derivano da metodi di riferimento (ISTISAN, IRSA-CNR, UNI e altri). Tra i metalli che possono essere presenti nelle acque sono di rilevanza tossicologica quelli comunemente noti come metalli pesanti (Cd, Cr, Pb, Hg, Ni) per i quali la contaminazione naturale è piuttosto rara. La loro origine è infatti quasi sempre antropica: scarichi industriali, attività agricole, ecc. I metalli pesanti, data la loro tossicità, hanno una soglia di concentrazione ammessa molto bassa, dell'ordine dei $\mu\text{g/L}$. Gli effetti tossici dei metalli pesanti sono molteplici e notevoli, a causa della loro persistenza nell'ambiente: gli ioni positivi Cd^{2+} , Hg^{2+} e Pb^{2+} , ad esempio, riescono a sostituire ioni essenziali in reazioni fisiologicamente importanti come il trasporto dell'ossigeno o reazioni enzimatiche. Gli anioni inorganici nitriti (NO_2^-) e nitrati (NO_3^-) possono essere prodotti in natura dallo ione ammonio oppure da fenomeni conseguenti all'impiego dei fertilizzanti azotati in agricoltura. Lo ione nitrato è infatti presente come componente di sali molto solubili impiegati come fertilizzanti e può passare velocemente nelle acque sotterranee per dilava-

mento del suolo agricolo. Questi anioni sono precursori di sostanze cancerogene. Altri anioni comunemente presenti in acque contaminate sono i fosfati (PO_4^{3-}) che hanno un'origine quasi sempre antropica, essendo contenuti nei detersivi o nei fertilizzanti. Fra le sostanze che possono contaminare le acque si trovano numerosi composti organici. Si tratta di sostanze che contengono carbonio e che sono presenti in natura ma che sono anche prodotte dall'attività umana (chimica della plastica, del legno, della carta, del petrolio e derivati, dei solventi e delle vernici). Spesso si tratta di sostanze non degradabili o che impiegano tempi lunghissimi per decomporsi. Per questi composti è stato dunque stabilito un livello soglia di sicurezza al di sotto del quale si presume che non si verifichi l'evento patologico. E' fondamentale che questi composti organici al momento delle analisi non vengano rilevati. In Tabella 3 sono riportati i dati relativi ai contaminanti organici indicati nell'articolo 6 del D.M. 12/11/1992 n° 542, nelle acque ipertermali salsobromiodiche solfato alcalino terrose emunte dai pozzi 1 e 2 delle Terme Stufe di Nerone per la verifica analitica nel decennio 2002-2012, in Tabella 4, in linea con le variazioni indicate nell'allegato II del D.M. 29/12/2003, sono riportati i dati relativi ai contaminanti organici delle medesime acque. Le Acque delle Terme Stufe di Nerone hanno mostrato un ampio margine di sicurezza d'uso con valori di contaminazione sempre al di sotto dei limiti di rilevabilità dei metodi, evidente segno della purezza e dell'integrità del

sottosuolo dei Campi Flegrei, ricadenti nel Parco Regionale dei Campi Flegrei.

Conclusioni

La qualità delle acque è sempre stata oggetto di sistematico controllo da parte dei Servizi d'Igiene Pubblica delle Aziende Sanitarie Locali e da Laboratori Universitari Riconosciuti (controlli ufficiali). In questo studio, effettuato nel decennio 2002/2012, abbiamo analizzato il contenuto dei 23 parametri chimico-fisici caratterizzanti previsti dal D.M. 542/92 delle acque delle Terme Stufe di Nerone, in considerazione delle importanti implicazioni clinico-terapeutiche legate all'utilizzo di queste acque sotto forma di antroterapia e balneoterapia, per tutte le forme di artrosi, reumatismi, malattie delle vie respiratorie, stomatiti, vaginiti, acne giovanile. Le acque ipertermali salsobromiodiche solfato alcalino Terrose delle Terme Stufe di Nerone hanno mostrato avere caratteristiche chimico-fisiche costanti e peculiari per gli elevati contenuti di sodio, cloruri, iodio, bromo, solfati, calcio, magnesio, potassio, bicarbonati. L'analisi dei contaminanti organici ed inorganici in linea con le disposizioni legislative ha mostrato un ampio margine di sicurezza d'uso con valori di contaminazione nel decennio considerato sempre al di sotto dei limiti di rilevabilità dei metodi, evidente segno della purezza e dell'integrità sia delle aree di ricarica della falda che delle aree prossimali all'utilizzazione delle risorse acquifere ricadenti nel Parco Regionale dei Campi Flegrei.

Tabella 2 – Dati relativi ai contaminanti inorganici indicati nell' articolo 5 del D.M. 12/11/1992 n° 542, in acque ipertermali delle terme Stufe di Nerone – Pozzo 1 e Pozzo 2 (analisi effettuate presso il LICA di Salerno nel decennio 2002-2012)¹.

PARAMETRO	UNITÀ DI MISURA	RISULTATI 2002-2012	METODO ²	LIMITE DI RILEVABILITÀ	LIMITE MASSIMO AMMISSIBILE (DM 2003)
Antimonio	mg/l	<0.001	3060 APAT IRSA-CNR	0.001 mg/L	0.0050 mg/L
Arsenico	mg/l	<0.0001	3080 APAT IRSA-CNR	0.0001 mg/L	0.010 mg/L calcolato come As totale
Bario	mg/l	<0.1	3090 APAT IRSA-CNR	0.1 mg/L	1.0 mg/L
Boro	mg/L	<0.08	3110 APAT IRSA-CNR	0.080 mg/L	5.0 mg/L
Cadmio	mg/l	<0.002	3120 APAT IRSA-CNR	0.002 mg/L	0.003 mg/L
Cromo totale	mg/l	<0.002	3150 APAT IRSA-CNR	0.002 mg/L	0.050 mg/L
Rame	mg/l	<0.01	3250 APAT IRSA-CNR	0.01 mg/L	1.0 mg/L
Cianuro	mg/l	<0.001	4070 APAT IRSA-CNR	0.001 mg/L	0.010 mg/L
Piombo	mg/l	<0.0002	3230 APAT IRSA-CNR	0.0002mg/L	0.010 mg/L
Manganese	mg/l	< 0.01	3190 APAT IRSA-CNR	0.01 mg/L	0.50 mg/L
Mercurio	mg/l	<0.0001	3200 APAT IRSA-CNR	0.0001 mg/L	0.0010 mg/L
Nichel	mg/l	<0.0004	3220 APAT IRSA-CNR	0.0004 mg/L	0.020 mg/L
Selenio	mg/l	<0.0002	3260 APAT IRSA-CNR	0.0002mg/L	0.010 mg/L

¹Media di due analisi annuali. ²Le caratteristiche di prestazione della metodica analitica sono quelle riportate nell' Allegato I del D.M. del Ministero della Salute del 29-12-2003.

Tabella 3 – Dati relativi ai contaminanti organici indicati nell' articolo 6 del D.M. 12/11/1992 n° 542, in acque ipertermali delle Terme Stufe di Nerone – Pozzo 1 e Pozzo 2 (analisi effettuate presso il LICA di Salerno nel decennio 2002-2012)¹.

PARAMETRO	UNITÀ DI MISURA	2002-2012 ²	LIMITE DI RILEVABILITÀ (LR)	VALORI LIMITI DM 542
Fenoli	g/l	< 0.5	0.5-5.0	<i>Assenti al limite di rilevabilità del metodo</i>
Agenti tensioattivi (MBAS anionici)	g/l	< 0.025	0.025	<i>Assenti al limite di rilevabilità del metodo</i>
Oli minerali - disciolti o emulsionati	g/l	< 0.5	0.5-10	<i>Assenti al limite di rilevabilità del metodo</i>
Idrocarburi policiclici aromatici	g/l	<0.0001	0.0001-0.02	<i>Assenti al limite di rilevabilità del metodo</i>
Pesticidi e bifenili policlorurati	g/l	<0.001	0.001-0.05	<i>Assenti al limite di rilevabilità del metodo</i>
Composti organo alogenati	g/l	< 0.05	0.05-0.20	<i>Assenti al limite di rilevabilità del metodo</i>

¹Media di due analisi annuali. ²I Risultati sono riportati in unica colonna essendo i dati sempre al di sotto dei limiti di rilevabilità dei metodi.

Tabella 4 – Dati relativi ai contaminanti organici indicati nell'allegato II del D.M. 29/12/2003, in acque ipertermali delle terme Stufe di Nerone – Pozzo 1 e Pozzo 2 (analisi effettuate presso il LICA di Salerno nel decennio 2002-2012)¹.

N.	PARAMETRO	UNITÀ DI MISURA	RISULTATI 2002-2012 ²	METODO ³	LIMITE DI RILEVABILITÀ DM 2003	LMRR ⁴
1	Agenti tensioattivi	g/l	< 5	5170 APAT IRSA-CNR Tensioattivi anionici 5180 APAT IRSA-CNR Tensioattivi non anionici	5	50 (come LAS)
2	Oli minerali-idrocarburi disciolti o emulsionati	g/l	< 0.05	ISO 9377-2 (2000)	0.05	10
3	Benzene	g/l	< 0.1	5140 APAT IRSA-CNR	0.1	0.5
	Idrocarburi policiclici aromatici	g/l	< 0.002	5080 APAT IRSA-CNR	0.002	
	Benzo (a) pirene	g/l	< 0.002	5080 APAT IRSA-CNR	0.002	0.003
	Benzo (b) fluorantene	g/l	< 0.002	5080 APAT IRSA-CNR	0.002	0.006
4	Benzo (k) fluorantene	g/l	< 0.002	5080 APAT IRSA-CNR	0.002	0.006
	Benzo (ghi) perilene	g/l	< 0.002	5080 APAT IRSA-CNR	0.002	0.006
	Dibenzo (a, h) antracene	g/l	< 0.002	5080 APAT IRSA-CNR	0.002	0.006
	Indeno (1, 2, 3 – cd) pirene	g/l	< 0.002	5080 APAT IRSA-CNR	0.002	0.006
	Altri	g/l	< 0.002	5080 APAT IRSA-CNR	0.002	0.006
5	Antiparassitari* (singolo composto) (insetticidi, erbicidi, fungicidi, nematocidi, acaricidi, algicidi, rodenticidi, prodotti connessi e i pertinenti metaboliti, prodotti di degradazione e di reazione)	g/l	< 0.005	5060 APAT IRSA-CNR	0.005	0.05
	.aldrin dieldrin .eptacloro .eptacloro epossido (singoli composti)	g/l	< 0.001	5090 APAT IRSA-CNR	0.001	0.01
	Policlorobifenili (per singolo congenere)	g/l	< 0.001	5110 APAT IRSA-CNR	0.001	0.05
7	Composti organoalogenati che non rientrano nelle voci 5 e 6 (singolo composto):cloroformio clorodibromometano diclorobromometano bromoformio	g/l	< 0.05	5150 APAT IRSA-CNR	0.05	0.5
	Tricloroetilene Tetracloroetilene 1-2 dicloroetano Altri	g/l	< 0.05	5150 APAT IRSA-CNR	0.05	0.1

¹ Media di due analisi annuali. ² I Risultati sono riportati in unica colonna essendo i dati sempre al di sotto dei limiti di rilevabilità dei metodi. ³ Le caratteristiche di prestazione della metodica analitica sono quelle riportate nell'Allegato I del D.M. del Ministero della Salute del 29-12-2003. ⁴ Limiti minimi di rendimento richiesti ai metodi analitici.

Bibliografia

- 1) Rastrelli L., Nappi P., Pianese L. Caratterizzazione del chimismo delle acque dell'isola di Ischia e suo patrimonio termale: risultati di una indagine decennale. *Medicina Clinica e Termale*, 48: 279-284, 2002.
- 2) Rastrelli L., Vacca G., Nappi P. Il bacino idrotermale della Valle del Sele. *Medicina Clinica e Termale*, 48: 293-296, 2002.
- 3) Decreto Ministero della Sanità 12 novembre 1992, n. 542 – *Regolamento recante i criteri di valutazione delle caratteristiche delle acque minerali naturali* (G.U. n° 8 del 12/01/1993).
- 4) Decreto Ministero della Sanità 29 dicembre 2003 - *Attuazione della direttiva n. 2003/40/CE della Commissione nella parte relativa ai criteri di valutazione delle caratteristiche delle acque minerali naturali di cui al decreto ministeriale 12 novembre 1992, n. 542, e successive modificazioni, nonché alle condizioni di utilizzazione dei trattamenti delle acque minerali naturali e delle acque di sorgente* - (G.U. n. 302 del 31/12/2003).
- 5) Decreto Ministero della Sanità 31 maggio 2001 - *Modificazioni al decreto 12 novembre 1992, concernente il regolamento recante i criteri di valutazione delle caratteristiche delle acque minerali naturali* - (G.U. n. 147 del 27/06/2001).
- 6) Decreto Lgs. 25 gennaio 1992, n. 105 – *Attuazione della direttiva 80/777/CEE relativa alla utilizzazione e alla commercializzazione delle acque minerali naturali* (G.U. n° 39 del 17/02/1992).
- 7) Decreto Ministero della Sanità 13 gennaio 1993 – *Metodi di analisi per la valutazione delle caratteristiche microbiologiche e di composizione delle acque minerali naturali e modalità per i relativi prelievi dei campioni* (G.U. n° 14 del 19/01/1993).
- 8) Marotta e Sica. Classificazione italiana delle acque minerali. *Annali di Chimica applicata*. Vol. 19 fasc. 12, 1929; Vol. 23 fasc. 6, 1933.
- 9) Nappi G. *Medicina Clinica e Termale*. Edizioni Selecta Medica. Gennaio 2001.
- 10) Guillemant J., Le HT, Accarie C., Tezenas du Montcel S., Delabroise A.M., Arnaud M.J., Guillemant S. Mineral water as a source of dietary calcium: acute effects on parathyroid function and bone resorption in young men. *American Journal of Clinical Nutrition*. 71:999-1002, 2000.
- 11) Abrams S., Grusak M.A., Stuff J., O'Brien K.O. Calcium and magnesium balance in 9-14-y-old children. *American Journal of Clinical Nutrition* 66: 1172-77, 1997.
- 12) Hearty R.F., Maico D.G., Mc Guigan E.J.: Role of calcium in antral gastrin release. *Gastroenterology*, 80: 491, 1981
- 13) Messina B., Tirri G., Fraioli A. Grassi M. De Bernardi di Valserra M. *Medicina Termale e Termalismo*. In *Caleidoscopio*, v. 132, Genova 1999.
- 14) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (20th Edition) Edited by Lenore S. Clesceri, Arnold E. Greenberg and Andrew D. Eaton Published by the American Public Health Association. 1998, Alexandria VA.
- 15) Zanasi A., Brazzorotto C. *Guida alle acque minerali italiane in bottiglia* - Copyright GM Servizi s.a.s. IV Edizione, 2000, Ferrara.
- 16) Prince GW. Smoke on the water. *Beverage World* 50-54, 1996.
- 17) Annuari del Bere. *Annuario 2005-2006*. Beverfood 2000 Edizioni, Milano Italy.

Salute e ben-essere in ambito termale

Maria Costantino Docente a contratto CdL in Medicina e Chirurgia – Università degli Studi di Salerno
Presidente Associazione no profit F.I.R.S.Thermae in Anagrafe Nazionale di Ricerche del MIUR

Amelia Filippelli 2Ordinario di Farmacologia - Facoltà di Medicina e Chirurgia dell'Università degli Studi di Salerno, Coordinatore del Dottorato di Ricerca in Medicina Traslazionale e Clinica afferente alla Scuola Dottorale in Scienze Farmaceutiche e Biomediche dell'Università degli Studi di Salerno



Da alcuni anni è in atto un radicale cambiamento nel termalismo scientifico che ha collocato la terapia termale nella sua giusta dimensione di presidio medico grazie al supporto di studi finalizzati ad una sempre più approfondita conoscenza dei meccanismi d'azione e di conseguenza da un suo più appropriato utilizzo terapeutico con rivalutazione anche dell'ambiente circostante.

In tale ottica i Campi Flegrei, pur necessitando di una rivalutazione, con numerose sorgenti di acque termo-minerali ed un clima mite ben si inseriscono, poiché qui Ambiente e Terapia Termale possono fondersi in un sinergismo che favorisce il potenziamento degli effetti realizzando la possibilità forse unica, di una struttura che consenta un intervento terapeutico realmente completo.

Studi pubblicati su qualificate riviste scientifiche hanno evidenziato l'efficacia e il positivo impatto dei mezzi curativi termali sulla qualità di vita di soggetti sofferenti di osteoartrosi, patologia a grosso impatto sociale.

In particolare ricerche condotte (COSTANTINO M et al., Med Clin Term, 2004; COSTANTINO M, Igiene Moderna 2006) proprio nella zona dei campi flegrei hanno mostrato che in soggetti sofferenti di osteoartrosi a fine ciclo curativo antroterapico naturale con acqua mi-

nerale salso-bromo-iodica solfato alcalino-terrosa delle Terme Stufe di Nerone in Bacoli (NA) si osserva una significativa ($p < 0,05$) riduzione della sintomatologia dolorosa soggettiva spontanea, e delle limitazioni funzionali della colonna vertebrale con miglioramento dell'indice di flessione globale del rachide; nonché un significativo ($p < 0,05$) miglioramento sia della sfera fisica sia di quella sociale e mentale dei soggetti esaminati con diminuzione della difficoltà nell'effettuare le attività fisiche quotidiane come ad es. salire e scendere dall'automobile, fare delle commissioni, fare la spesa, chinarsi a prendere un oggetto caduto a terra, vestirsi e lavarsi, camminare etc, disturbi questi prevalentemente caratterizzanti l'Osteoartrosi.

Lo stesso tipo di acqua minerale trova indicazione in varie affezioni dell'apparato genitale femminile come processi infiammatori cronici a carico della vagina, del collo dell'utero, dell'endometrio e delle salpingi. Infatti nella pratica ginecologica assistiamo sempre più a flogosi genitali recidivanti ribelli a terapia farmacologica che in molti casi sono causa di sterilità. In tale ambito la metodica applicativa termale più usata è l'irrigazione vaginale. Tale metodica consente di far pervenire l'acqua minerale, a diversa pressione e temperatura, a diretto contatto

delle superfici mucose; in tal modo si sfruttano le azioni antiinfiammatorie, detergenti, antisettiche e decongestionanti possedute dalle acque minerali.

Per effettuare tale metodica si utilizzano cannule vaginali sterili monouso terminanti con una oliva perforata, collegata tramite un tubo di gomma all'irrigatore. Mediante poi dispositivi è possibile controllare e regolare via via la temperatura e la pressione dell'acqua minerale. Per ogni applicazione sono impiegati circa 2-5 litri di acqua in una durata complessiva di circa 15-20 minuti. L'irrigazione vaginale consentendo di sfruttare l'azione eutrofica, antiinfiammatoria, antimicrobica ed antiseccativa esercitata sulle mucose dalle acque salsobromoiodiche risulta efficace in affezioni quali vulvo-vaginiti, cerviciti, annessiti, sterilità secondaria legata a flogosi croniche ad evoluzione "torpida" con alterazioni vascolari locali e del pH. Gli studi effettuati hanno evidenziato un miglioramento della sintomatologia soggettiva considerata (prurito, secchezza vaginale, dispareunia etc) con potenziamento terapeutico quando alla terapia farmacologica si associa quella termale.

I dati clinici vengono confermati dalla analisi del secreto colturale vaginale con sua negativizzazione in molti casi .

I benefici effetti terapeutici osservati sono da imputare alle caratteristiche chimiche, fisiche e chimico-fisiche dell'ac-

qua minerale utilizzata, in questo caso salsobromoiodica. Una prima azione è attribuibile all'ipertonìa di tali acque che, agendo con meccanismo osmotico, generano una corrente di fluidi dagli strati profondi della mucosa verso l'esterno in grado di veicolare ed allontanare elementi corpuscolari (microrganismi, inquinanti etc) e prodotti di flogosi, esplicando così azione antiedemigena e risolvente, essendo le mucose membrane semipermeabili. All'ipertonìa dell'acqua ed alla capacità di potenziare, anche di centinaia di volte, l'azione di alcuni enzimi litici lisosomiali da parte degli alogeni in essa presenti (quali cloro, iodio e bromo) è dovuta l'azione antisettica dell'acqua minerale salsobromoiodica. Ricordiamo inoltre il potere antisettico diretto di alcune di queste sostanze, sfruttabili a livello mucoso e cutaneo. E' stata inoltre dimostrata per tale tipo di acqua minerale, come per quelle sulfuree, un aumento di attività degli elementi del Sistema Reticolo Endoteliale (SRE) e del potere fagocitario dei leucociti, un aumento della produzione di immunoglobuline secretorie e circolanti.

In conclusione si può affermare che la terapia termale con acqua minerale salsobromoiodica si pone come un valido supporto curativo in numerose patologie a notevole impatto sociale con conseguente miglioramento della qualità di vita degli individui.

Crenokinesiterapia

Paola Brancaccio, Silvio Ausiello, Federica Provenzano,
Concetta Esposito, Luca Rastrelli



Studio osservazionale sull'efficacia dell'idrokinesiterapia in acqua termale.

Con il termine idrokinesiterapia si indica una disciplina medica che si propone di utilizzare come percorso terapeutico il movimento (kinesis) in acqua (idro); conosciuta fin dai tempi dei Romani, è tutt'ora utilizzata e ritenuta molto efficace e vantaggiosa per il recupero articolare e funzionale, in presenza di patologie sia croniche sia acute.

Infatti l'acqua favorisce l'esecuzione di esercizi di mobilizzazione attiva e passiva, grazie alle sue proprietà fisico-biologiche: la caratteristica principale è il manifestarsi dell'azione antigravitaria che determina l'effetto di galleggiamento del corpo immerso, grazie al quale il peso del corpo viene notevolmente alleggerito consentendo di affrontare gli esercizi di riabilitazione con uno sforzo ridotto.

Partendo da tale presupposto, per crenokinesiterapia si può intendere l'integrazione del mezzo riabilitativo fisico con quello termale, in modo da consentire, grazie a un sinergismo d'azione studiato già negli anni Cinquanta, effetti terapeutici superiori rispetto a quelli ottenuti con le singole metodiche. Oggi, gli studi sull'efficacia delle terapie termali si moltiplicano e, oltre a confermare la validità dei trattamenti tradizionali, indicano nuove opportunità anche in quest'ambito.

Fisioterapia in ambiente termale

In quest'ottica si inserisce il principio generale della fisioterapia in ambiente termale, che mira a sfruttare mezzi non presenti al di fuori delle terme e i relativi fenomeni biologici indotti dalla crenoterapia. Gli effetti crenoterapici sono dovuti infatti alla presenza, nelle acque termali, di particolari costituenti, detti mineralizzatori, che sono in grado di provocare spiccate azioni farmacologiche capaci di indirizzare in modo netto l'attività terapeutica dell'acqua stessa. Durante la terapia termale l'organismo va incontro a una serie di modifiche biochimiche, enzimatiche e ormonali estremamente complesse sia aspecifiche (caldo, pressione idrostatica) sia specifiche (chimismo dell'acqua, intensità dello stimolo). I fenomeni più evidenti sono:

- l'equiparazione termale, che consiste in un livellamento dei valori di temperatura superficiali che, prima dell'utilizzo del mezzo termale, differiscono tra tronco e arti anche di 12- 15 °C. Il brusco livellamento ha conseguenze cardiovascolari notevoli, talora così intense da indurre in alcuni soggetti risposte abnormi quali prurito, eritemi o eruzioni orticarioidi;
- l'inversione termica indica che durante l'equiparazione termica, proprio le aree più fredde sono quelle a subire il massi-

Fin dall'antichità

L'uso dell'acqua a fine terapeutico costituisce uno dei più antichi procedimenti curativi di cui l'umanità dispone. La Grecia può essere considerata la patria delle pratiche acquatiche: Ippocrate (460-377 a.C.), considerato il padre della medicina moderna, consigliava l'utilizzo di bagni in acqua fredda associati all'esercizio fisico, per la cura delle contratture muscolari e dei dolori articolari aventi carattere infiammatorio (come la gotta) e raccomandava l'utilizzo dei bagni in acqua di mare per combattere le eruzioni cutanee.

Anche nella cultura romana l'acqua era vista come dono dalle virtù prodigiose. In molti scritti illustri si evince come le pratiche acquatiche, spesso imparate dai medici greci, siano diventate importanti presso i Romani che diedero loro un forte sviluppo attraverso la diffusione in tutte le loro città delle terme.

Nel 1800 Kneipp e Pressnitz diedero vita ai primi centri di ginnastica associata all'idroterapia, mentre Forestier e Leroy applicarono l'idrokinesiterapia al trattamento degli artroreumopatici e poliomiolitici. Infine nel XX secolo lo sviluppo della kinesiterapia evidenzia interesse per le proprietà fisiche dell'acqua nel trattamento delle affezioni dell'apparato locomotore e in particolare, in quest'epoca, dei postumi della poliomielite. Tuttavia soltanto negli ultimi anni l'idrokinesiterapia ha assunto una sua precisa identità ed è stata oggetto di studi scientifici e di valutazione critica al fine di definire precise indicazioni cliniche e protocolli da seguire nelle singole patologie.

Nel 1920 la "Vasca di Hubbard" diede origine agli attuali esercizi in acqua, che furono considerati una vera e propria ginnastica in piscina nel 1924 da Loeman e Roen. Ormai i benefici delle pratiche idrokinesiterapiche sono documentati in letteratura⁴, specialmente per il loro semplice utilizzo nelle fasi iniziali dei protocolli riabilitativi.

mo rialzo termico, con coinvolgimento del distretto circolatorio locale ed apparente rovesciamento dei valori termici corporei. La temperatura rappresenta infatti un parametro importante dal momento che esercita molteplici effetti sul corpo e quindi sulle prestazioni in ambiente acquatico e deve essere mantenuta a un grado di indifferenza. Essa è di circa 26 °C nell'aria e di 31 °C nell'acqua, nella quale gli scambi termici sono più rapidi. La temperatura centrale co-

mincia ad abbassarsi quando la temperatura dell'acqua scende al di sotto dei 26 °C, mentre si innalza quando sale al di sopra dei 35 °C. Tenendo conto di tutti questi elementi la temperatura ideale per ottenere una condizione possibilmente vicina alla neutralità termica e, per di più, sostenibile per la durata di una seduta terapeutica (circa 45 minuti) dovrebbe oscillare tra i 26 e i 35 °C. La compromissione funzionale che caratterizza un dato paziente e i traguardi che

Tabella 1 Soggetti coinvolti nello studio: suddivisione per distretti

<i>Anca – Spalla</i>			
<i>Pazienti</i>	<i>Età</i>	<i>Sesso</i>	<i>Patologia</i>
C.G.	23	M	Sindrome retto-adduttoria destra
S.F.	48	F	Tendinopatia rotulea destra e tendinosinovite sottoscapolare e del capo lungo del bicipite
F.C.	47	F	Borsite sottotrocanterica
<i>Gamba – Caviglia</i>			
C.C.	23	M	Tendinopatia tibiale bilaterale cronica
V.G.P.	36	M	Tendinopatia achillea destra
M.L.	22	M	Trauma distorsivo caviglia sinistra e lesione periastragalica
P.M.	18	M	Tendinopatia del tratto (bandelletta) ileotibiale bilaterale e tendinite tibiale anteriore bilaterale
<i>Ginocchio</i>			
S.S.	19	F	Artroprotesi ginocchio destro da intervento per leiomiomasarcoma
T.C.	35	F	Condromalacia femoro-rotulea destra
P.C.	67	F	Gonartrosi da trauma contusivo con versamento organico

l'intervento si prefigge, determineranno la scelta della temperatura dell'acqua, preferendo temperature più basse per un esercizio fisico di elevata intensità, mentre temperature più elevate sono riservate a esercizi di mobilità e flessibilità e per il rilassamento muscolare.

Crisi termale

Nel momento in cui il ciclo di terapia viene eseguito in ambito termale, bisogna però considerare alcuni aspetti che attengono alla balneoterapia in tale ambito: è opportuno infatti inserire un giorno di sospensione a metà ciclo, per la comparsa della crisi termale.

Questa comprende disturbi che sopravvengono al quinto-sesto giorno di cura con sintomi generali (astenia, malessere, lievi rialzi febbrili, stipsi o diarrea, talora ipotensione) e aggravamento della sintomatologia a carico degli organi e degli apparati sofferenti. Talvolta possono anche comparire modificazioni biochimiche

ed ematologiche transitorie, caratterizzate prevalentemente da alterazioni della VES, leucopenia, aumento dell'uricemia. Tali fenomeni sono comunque a esaurimento rapido e spontaneo, e non pregiudicano il prosieguo del trattamento.

A ogni seduta deve poi seguire la cosiddetta reazione termica per circa 15-30 minuti, in cui il soggetto si riacclimata progressivamente alla temperatura ambientale.

Obiettivo

Alla luce di queste acquisizioni è stato formulato un protocollo di studio con l'obiettivo di valutare l'effetto della crenokinesiterapia sul recupero funzionale delle patologie in cui è indicato il trattamento idrokinesiterapico.

Materiali

I pazienti coinvolti nello studio sono stati dieci, di cui cinque maschi e cinque femmine, affetti da varie patologie di tipo osteoarticolare e muscolo-tendinee. I pazienti sono stati raggruppati in base al piano terapeutico specifico per ogni patologia (tabella 1).

Metodi

Tutti i pazienti sono stati valutati prima dell'inizio della terapia e al termine del ciclo di trattamento sia dal medico sia dal fisioterapista. La visita medica è stata rivolta alla definizione della patologia da trattare e alla qualificazione del suo livello di interferenza sulla qualità di vita del paziente in termini di dolore percepito e limitazione funzionale mediante la scala analogico-visiva (VAS, tabella 2).

Sulla base di un piano terapeutico specifico e stabilito in osservanza dei protocolli terapeutici previsti per la patologia, ogni paziente ha eseguito un ciclo di dieci sedute della durata di un'ora di crenokinesiterapia.

Attività in acqua – Ogni seduta è ini-

Stufe di Nerone



Il protocollo di ricerca si è svolto presso le Terme “Stufe di Nerone”, le cui acque sono chimicamente classificate salso-bromo-iodiche, contenenti fluoro e stronzio e sgorgano alla temperatura di circa 74 °C.

Per le proprietà terapeutiche di cui godono, oltre ad avere un carattere tonificante e antiflogistico, danno particolare beneficio a tutte le forme di artrosi, reumatismi, malattie delle vie respiratorie, stomatiti, vaginiti, acne giovanile e, in particolare, combattono la sterilità femminile.

Tabella Classificazione e analisi delle Acque Terme “Stufe di Nerone”

ione	Risultato mg/L
Silice	127,70
Bicarbonati	373,80
Cloruri	10932,16
Solfuri	526,10
Sodio	6997,45
Potassio	257,11
Calcio	338,23
Magnesio	128,57
Ferro disciolto	0,03
Fosforo totale	0,30
Stronzio	1,39
Litio	1,68
Bromo	1,95
Iodio	3,00
Fluoro	3,20

ziata con una fase di riscaldamento, caratterizzata da:

- *maternage*, esercizio di ambientamento in acqua volto a ricercare il massimo rilassamento psicofisico del paziente in ambiente acquatico e a stabilire un contatto fiduciario con il terapeuta che lo guiderà durante le sedute;
- due vasche di battute di gambe a stile libero in appoggio su tavoletta galleggiante;
- due vasche di battute di gambe a dorso in appoggio su tavoletta galleggiante.

Il piano terapeutico è continuato poi con una fase di attivazione comune a tutte le patologie comprendente i seguenti esercizi:

- tre serie di dieci estensioni delle gambe (leg extension) da 90° a 0° partendo dalla posizione di “seduto” con galleggiante posto sotto la coscia;
- tre serie di dieci flessioni delle gambe (leg curl) dalla posizione di “in piedi”;
- tre serie da 1 minuto di estensione (leg extension) delle gambe con galleggiante posto sotto il piede;
- tre serie da 1 minuto di piegamento delle gambe (leg press) dalla posizione di “in piedi” con galleggiante;
- tre serie da 1 minuto di abduzione e adduzione dell’anca a ginocchio esteso;
- camminata subacquea (camminare contro la resistenza dell’acqua in avanti, indietro e in laterale);
- due vasche con movimento ciclico delle gambe (gambe bicicletta) e tavoletta galleggiante al petto;
- nuotate dosate individualmente sulle caratteristiche del soggetto.

Sono stati utilizzati una grande varietà di attrezzi per l’esercizio fisico in acqua atti a fornire un supporto di galleggiamento per il corpo o per un’estremità, a sollecitare o favorire l’equilibrio e a generare resistenza al movimento.

Mediante l’introduzione o la rimozione di un attrezzo, l’operatore è riuscito ad aumentare o ridurre l’intensità dell’esercizio fisico per un potenziamento più efficace. Gli ausili e le attrezzature sono stati molteplici e utilizzati da soli o in sinergia, in modo semplice e originale (galleggianti per collo, caviglie e polsi, cinture e giubbotti; barre natatorie; guanti, palette per le mani e manopole hydro-tone; tavole; pinne e stivaletti; cyclette subacquea; step). L’ampia possibilità di scelta ha permesso svariate soluzioni nel loro impiego. Gli attrezzi sono stati adattati alle differenti situazioni: da vincolo assoluto a stimolo propriocettivo, da resistenza a facilitazio-

Tabella 2 Scala analogico-visiva

<i>Percezione del dolore</i>	<i>Limitazione funzionale</i>
0 = assenza di dolore	0 = assente
1 = dolore lieve alla sollecitazione passiva	1 = lieve
2 = dolore moderato alla sollecitazione passiva	2 = moderata
3 = dolore grave alla sollecitazione le passiva	3 = grave

ne, da stabilizzazione dell'assetto acquatico a suo destabilizzatore, da mezzo ludico a pratica efficace per specifici esercizi. In piscina sono stati svolti esercizi statici di tipo isometrico, per i quali il paziente ha trovato il suo equilibrio contrastando i movimenti dell'acqua, ma soprattutto dinamici di tipo isotonic svolti con contrazioni eccentriche o concentriche.

Risultati

Tutti i pazienti arruolati nello studio hanno portato a termine il ciclo di trattamento così come previsto e alcuni di essi, dati i notevoli benefici apprezzati hanno richiesto un secondo ciclo per consolidare il risultato raggiunto. I risultati sono comunque stati valutati per tutti i pazienti al termine del primo ciclo.

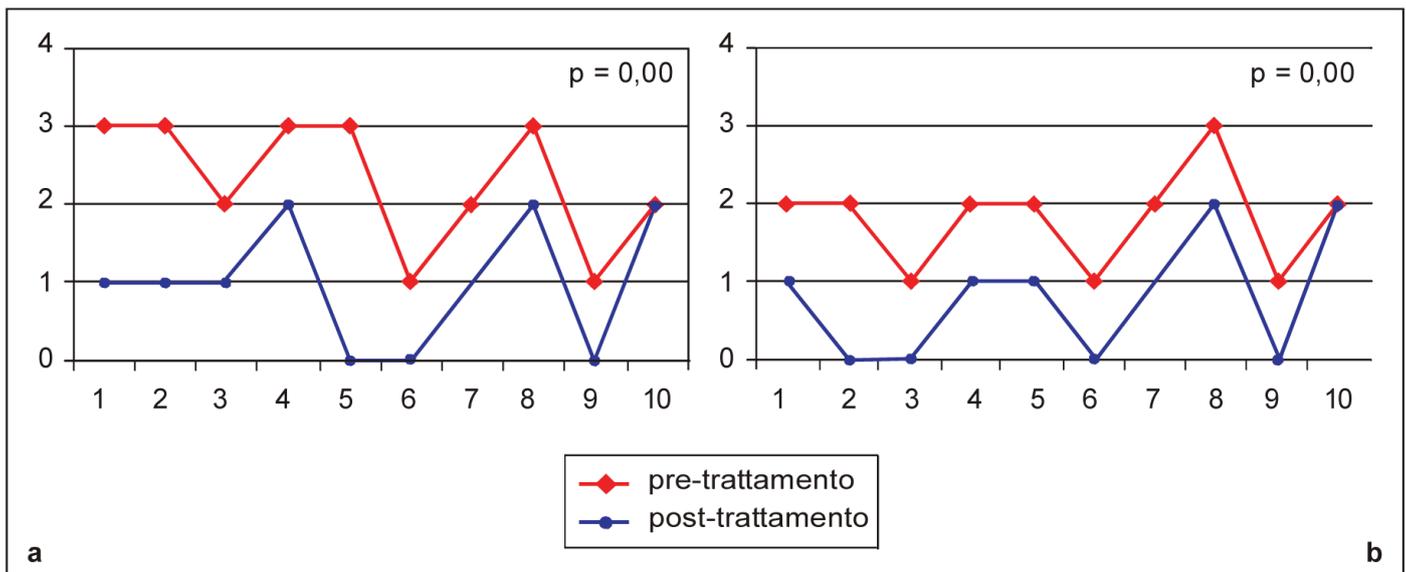
Tutti i pazienti sottoposti alla terapia, a eccezione di uno, hanno riportato notevoli benefici (figure 1 e 2): in particolare la limitazione funzionale valutata dal medico secondo la VAS, ha messo in evidenza livelli di deficit motorio che sono variati da una media di 2,5 a una media di 1,1 con una significatività statistica di $p=0,00$.

Analogamente la percezione del dolore è passata da valori medi di 2,3 a 1 con una riduzione significativa e $p=0,00$.

Discussione

Se l'attività fisica è entrata a pieno titolo nelle linee guida del Ministero della Salute, vi è oramai ampia documentazione scientifica che attesta come l'esercizio fisico associato a un corretto stile di vita e alle terapie termali contribuisce al mantenimento dello stato di benessere dell'individuo. Nel nostro lavoro, la sapiente

modulazione di tale attività eseguita da personale appositamente qualificato in ambiente termale ha, infatti, prodotto in gran parte dei casi la risoluzione della sintomatologia dolorosa e un miglioramento della patologia di base. L'effetto terapeutico è stato prodotto dalla sommatoria degli effetti dell'idrocinesiterapia, del calore dell'acqua e sicuramente anche dalle sue specifiche proprietà chimiche: un recente lavoro di Evcik e collaboratori, ha infatti dimostrato che la balneoterapia in ambiente termale ha un'efficacia terapeutica riconducibile non solo all'incremento termico dell'acqua ma anche al suo chimismo. In dettaglio la maggior parte dei pazienti trattati presentava patologie del comparto muscolo-tendineo periarticolare, con localizzazione prevalente a carico degli arti superiori e inferiori. In tutte queste patologie il dolore valutato sia dal medico sia dal fisioterapista, secondo la medesima scala analogico-visiva, si è mostrato notevolmente ridotto dopo il ciclo di trattamento con una significatività statistica di $p=0,00$. Tale risultato è sicuramente da ascrivere al miglioramento della stiffness tendinea che risulta ridotta anche in seguito alla semplice balneoterapia in acqua termale⁸. La maggiore estensibilità muscolotendinea interrompe il circuito contrattura-dolore-contrattura che sostiene in questi casi la gran parte del dolore articolare. A sostegno di questa ipotesi c'è anche il risultato di un netto miglioramento anche in termini di mobilità articolare: infatti al controllo sia clinico sia fisioterapico effettuato al termine del trattamento si è potuta apprezzare una diminuzione significativa della limitazione funzionale (valutazione clinica: $p=0,00$; valutazione fisioterapica: $p=0,01$) in quasi tutti i pazienti. Le premesse fisiopatologiche dell'efficacia indotta dallo stimolo termico sono da ricercare nell'aumento di produzione di β -glicuronidasi e N-acetil- β -glucosamminidasi, enzimi lisosomiali che agiscono sui legami β dell'acido glicuronico e dell'acido ialuronico, componenti



della sostanza amorfa o fondamentale del connettivo.

Il connettivo è un gel formato da acqua, elettroliti, proteine e mucopolisaccaridi; questi ultimi sono costituiti da acido ialuronico sia libero sia combinato con lipidi o proteine. L'acido ialuronico, insieme al dermatan-solfato, cheratan-solfato, eparan-solfato e l'eparina e fa parte della matrice amorfa e costituiscono il gruppo dei glucosamminoglicani.

Tutti gli scambi tra apparato micro circolatorio e tessuti sono regolati dai glucosamminoglicani; nelle fasi iniziali del processo flogistico si ha una depolimerizzazione dei glucosamminoglicani in grado di modificare l'aumento di permeabilità vascolare e l'innescarsi del processo di edema distrettuale. La terapia termale è in grado di stimolare alcuni enzimi lisosomiali attivi sui glucosamminoglicani o sull'acido ialuronico.

L'attivazione di tali enzimi, con susseguente rimaneggiamento della componente fondamentale del connettivo e il blocco del meccanismo di nocicezione, rappresenta l'efficacia terapeutica della crenoterapia nelle affezioni di interesse reumoartropatico.

In effetti un miglioramento della sintomatologia dolorosa e un più rapido recupe-

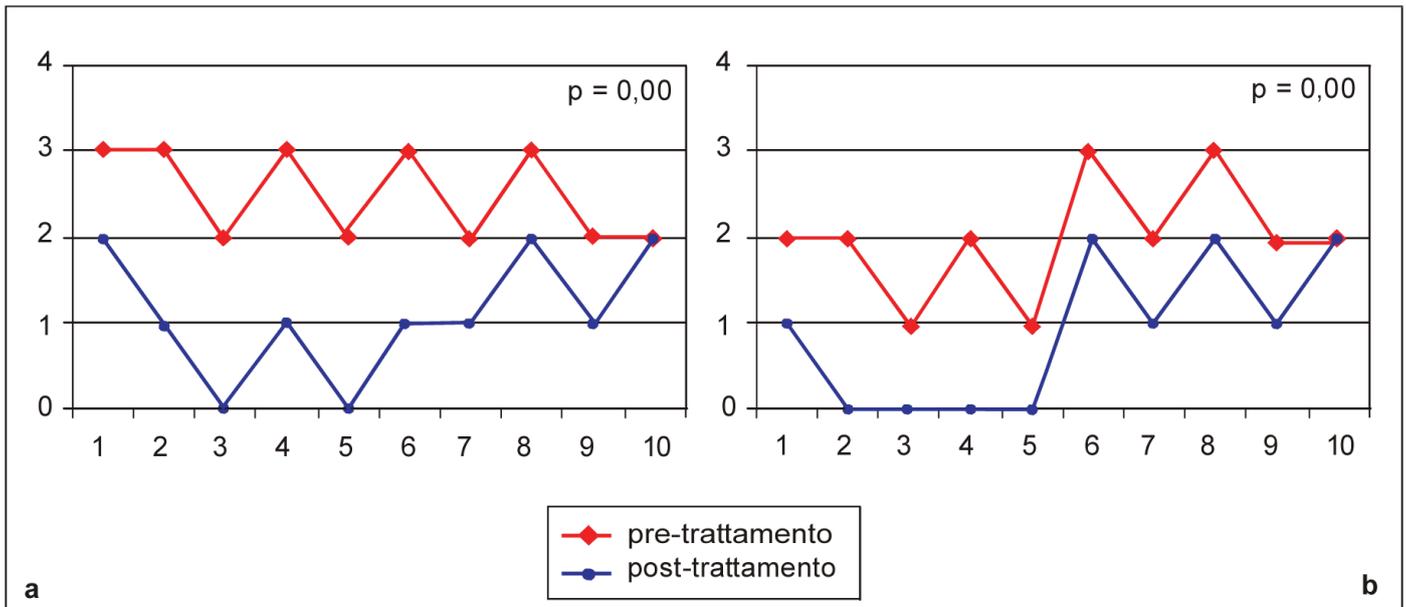
ro nelle patologie del sistema locomotore sono stati documentati in letteratura, anche se recentemente sono state documentate delle variazioni stagionali negli effetti della terapia stessa.

Inoltre, un'ulteriore motivazione del miglioramento sintomatologico è probabilmente da ascrivere anche alla trasformazione positiva della sensibilità propriocettiva, che come documentato anche in letteratura, induce un migliore controllo del range di movimento articolare.

Il piano terapeutico prevedeva inoltre esercizi specifici per i vari distretti corporei interessati dalle diagnosi:

- per la sindrome rettoadduttoria sono stati prescritti esercizi propriocettivi dell'anca a gamba tesa e piegata;
- per la tendinopatia tibiale è stato eseguito un lavoro propriocettivo con tavoletta a ginocchio flesso;
- per la tendinopatia achillea sono stati effettuati esercizi di mobilizzazione del piede, con flessione ed estensione e pronosupinazione, e lavoro propriocettivo utilizzando la tavoletta posizionata sotto il piede stesso.

Ulteriore personalizzazione del percorso terapeutico è stata operata per i pazienti portatori di artroprotesi del ginocchio e condromalacia, in cui sono stati riscontrati



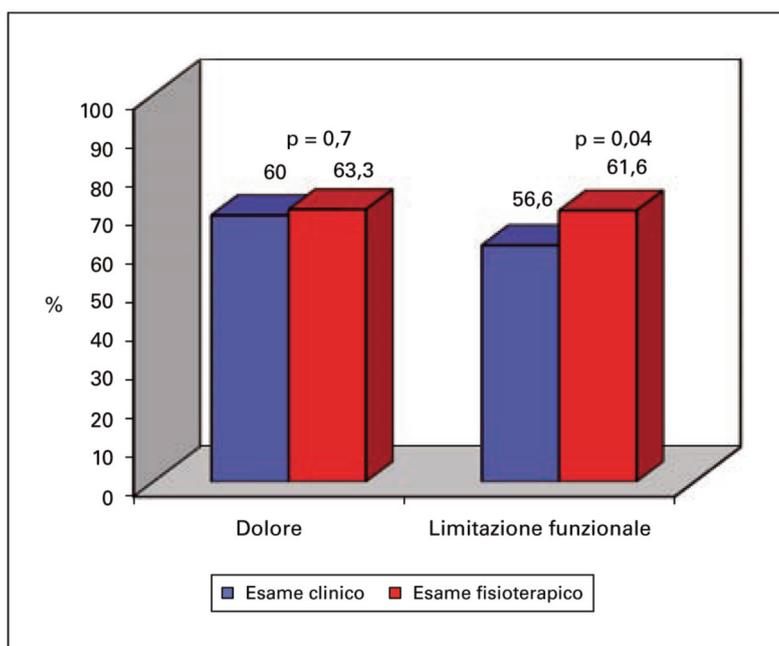
immediatamente notevoli benefici al termine del trattamento crenokinesiterapico. In questi casi il trattamento è stato comunque ripetuto per più cicli per evitare di perdere il risultato che, come si evince da studi presenti in letteratura, è in realtà eccellente in una fase precoce dopo il termine del trattamento.

Quasi tutti i pazienti hanno quindi ottenuto un miglioramento di circa il 60% sia della sintomatologia algica sia della li-

mitazione funzionale (figura 3). L'unico soggetto che non ha beneficiato della terapia era una paziente affetta da fibromialgia e la motivazione è probabilmente da ascrivere alla brevità del ciclo terapeutico: è infatti riportato in letteratura che in pazienti con fibromialgia, l'idrocinesiterapia riesce a produrre effetti benefici nei trattamenti a lungo termine.

Conclusioni

Il dolore è non solo il sintomo di una patologia, ma quando persistente e invalidante, diventa una patologia esso stesso: per tale motivo si è concordi nel condividere un approccio multidisciplinare nel suo trattamento¹⁵. Ciò nonostante dati i risultati ottenuti, crediamo che l'idrocinesiterapia praticata in acqua termale possa costituire da sola il percorso terapeutico elettivo specialmente per le patologie osteoarticolari post-traumatiche e da sovraccarico, consentendo in molti casi l'evitamento di terapie farmacologiche. Ulteriori studi necessitano, invece, per approfondire l'influenza giocata dal chimismo specifico dell'acqua termale nella risoluzione del sintomo.



Changes in muscular pennation angle after crenotherapy

Paola Brancaccio MD Seconda Università di Napoli, Servizio di Medicina dello Sport, Napoli, Italy (PB) - To whom correspondence should be addressed. Phone: 0039 815665908. Fax: 0039 815665864, E-mail: pa-branca@libero.it

Florence Somma PharmD Dipartimento di Scienze Farmaceutiche, Università di Salerno, Via Ponte Don Melillo, 84084 Fisciano, Salerno, Italy; (FS, FP, LR)

Federica Provenzano PharmD Dipartimento di Scienze Farmaceutiche, Università di Salerno, Via Ponte Don Melillo, 84084 Fisciano, Salerno, Italy; (FS, FP, LR)

Luca Rastrelli PharmD Dipartimento di Scienze Farmaceutiche, Università di Salerno, Via Ponte Don Melillo, 84084 Fisciano, Salerno, Italy; (FS, FP, LR)



Summary

Muscular architecture represent the organization of the fibers in the muscle and it is one of the most important factors of muscular functions

In fact many studies documented a relation between muscular architecture and contraction, founding an increase of the pennation angle in muscles. Aim of the study was to evaluate the change of muscular pennation angle after therapy with warm thermal water

We have studied 45 amateur athletes playing different sports Group A: 30 runners and Group B: 15 swimmers. All the athletes underwent muscular ultrasound and clinical examination before and after 10 session of thermal protocol. Before the treatment the groups showed different values of pennation angle (group A= $19.1^\circ \pm 3.8^\circ$ vs group B= $16.7^\circ \pm 2.4^\circ$; $p= 0.05$) After thermal therapy we have found significant variation of pennation angle at rest in Group A which had significantly lower values than before the treatment ($17.5^\circ \pm 2.9^\circ$; $p= 0.01$), instead no differences have been detected in group B. Conclusions: we have seen that thermal therapy induced the greatest effect on runners (Group A) in fact pennation angle at rest was significantly lower after the pe-

riod of crenotherapy and this variation can be due to a smaller muscular contraction

Key-words

Pennation Angle, Crenotherapy, Muscular Architecture

Background

Muscular architecture represent the organization of the fibers in the muscle and it is the most important factors of muscular functions (1, 2):

In fact a direct relation between muscular architecture and muscle volume has been stated, suggesting that muscular hypertrophy induce higher pennation angle (3). However a clear relation between pennation angle and muscular strenght has not definitely been stated. In 1993 Kawakami et coll. studing muscular hypertrophy and pennation angle in sedentary and body builders, have found relation between the grade of hypertrophy and pennation angle (4).

Likewise a relation between muscular architecture and contraction has been stated in muscle submitted to endurance training: in fact in this muscle has been found an increase of the pennation angle (5). Finally has been stated that strength exercise

induce effects on muscular architecture both immediately after effort (6), and after long period of training, documented with fibers hypertrophy and variation of pennation angle (7, 8). Moreover the effect of water immersion on recovery after exercise has been studied (9), but there are no studies which document effects of thermal therapy on muscle architecture. Besides there is a study which confirm the positive effect of immersion in warm water to reduce muscular stress after exercise (10).

Aim of our study was to evaluate the change of muscular pennation angle after therapy with warm thermal water

Methods

Subjects

We have studied 45 amateur athletes playing different sports 2 or 3 times/week, separated in two groups:

Group A: 30 athletes playing running (8 females e 22 males)

Group B: 15 athletes playing swimming (9 females and 6 males)

All procedures were approved by the local ethics committee, and all participants gave written informed consent to participate in the study, suspending the training during all the period (three weeks).

Protocols

All the athletes underwent muscular ultrasound and clinical examination before and after 10 session of thermal protocol performed in the “Stufe di Nerone” (tab I), with the following protocol:

5 minutes in thermal cave at 30°C

10 minutes in thermal cave at 32°C

10 minutes in a warm swimming pool at 40°C

Sauna (54°C) for 5 minutes

Warm-cold shower

5 minutes in thermal cave at 32°C

10 minutes in thermal cave at 30°C

Thermal adjustment for 15 minutes

15 minutes in a warm swimming pool at 35°C

Measures have been taken with the patient in a prone position, the knees extended and the ankle out of the table, to allow the physician to effect the maximum bending of the ankle. The probe was of 12 MHz and the transducer was placed in a sagittal plane and moved medially to the Achilles tendon to notice pennation angle of muscle soleus. The measures were taken on the left leg in two position of the ankle:

At rest in a natural position;

After passive maximal bending performed by the physician

The same operator performed all the measures, and the measuring point was marked with a marking pen and identified by metric coordinates in comparison to the apex of the heel.

Statistics

Statistical analysis was performed by SPSS statistical package for windows 16.0. Comparison between the values of pennation angle obtained in each group was performed by paired *t*-test. Comparison between the values of pennation angle obtained in the two groups was performed by Student *t*-test for different samples. Statistical significance was defined as $P < 0.05$.

To calculate the intra-observer variation the main author measured pennation angle on the soleus of a single subject, repeating the measurements 20 times for each position (natural position and hyperflexion of ankle). The coefficient of variation (CV) was calculated according with the formula: $CV = SD / \text{mean} \times 100$, where SD is the square root of the variance and the mean is the combined mean of the measurements. The CV for the pennation angle in natural position was of 4.5% and in hyperflexion was of 3.1%

Results and Discussion

24 athletes completed the protocol in Group A and 14 in Group B. In group A pennation angle was of $19.1^\circ \pm 3.8$ at rest,

in natural position and of $14.5^\circ \pm 4.2^\circ$ after maximal bending, with a mean variation of $24.2 \pm 14.3\%$. After the cycle of thermal therapy we detected a pennation angle significantly lower ($p= 0.01$) of $17.5^\circ \pm 2.9^\circ$ at rest and $14.5^\circ \pm 2.8^\circ$ in maximal bending with a mean variation of $16.28 \pm 12.18\%$, significantly lower than the one detected at rest ($p= 0.03$).

In Group B pennation angle before the treatment was of $16.7^\circ \pm 2.4^\circ$ in natural position and of $15.2^\circ \pm 2.3^\circ$ in maximal bending and after the thermal therapy was almost the same with mean values of $17.3^\circ \pm 2.4^\circ$ in natural position and $14.5^\circ \pm 2.7^\circ$ in maximal bending ($p= NS$). Comparing the two groups before the thermal therapy, we have seen significant differences of the pennation angle in natural position, whereas after the treatment the angles were almost the same. Instead the measures detected after passive stretching have not shown differences before and after thermal therapy

The study allow to appreciate the variation on muscle architecture induced by a cycle of crenotherapy. The two groups were evaluated before and after a cycle of thermal therapy, and have shown differences in values of pennation angle.

Before the treatment the groups showed different values of pennation angle (group A= $19.1^\circ \pm 3.8^\circ$ vs group B= $16.7^\circ \pm 2.4^\circ$; $p= 0.05$ – fig. 1), according with literature which documents different pennation angle in athletes playing different sport activities. In fact many studies show that fast runners have higher pennation angle than other athletes, because of the big muscular mass and the high speed of contraction. (11, 12). However these differences disappear after stretching of ankle with maximal bending, and both groups have reached smaller values of pennation angle (Group A= $14.5^\circ \pm 4.2^\circ$ vs Group B= $15.2^\circ \pm 2.3^\circ$; $p= NS$). Also this behavior has been previously described in literature: Abellaneda et al., have shown as with the increase of bending of the ankle, de-

crease pennation angle and there are only few differences among the individuals (13). Our data confirm that different sport activities can give different pennation angle at rest: instead, when the muscle has submitted to passive stretching, pennation angle become almost the same in both groups. This behaviour probably depend most by the genetic features and the age of the athlete than by the sport practised (fig. 1): in fact some studies confirm that pennation angle is related to the stiffness of muscle-tendon unit determined by genetic features and age. (14; 15).

After thermal therapy we have found significant variation of pennation angle at rest in Group A which had significantly lower values than before the treatment, instead no differences have been detected in group B (fig. 2). Likewise no differences have been detected after passive stretching in maximal bending and both groups had similar values of pennation angle after the cycle of thermal therapy..

Examining the two groups we see that thermal therapy has product the greatest effect on Group A: in fact pennation angle at rest was significantly lower after the period of crenotherapy and this variation can be due to a smaller muscular contracture at rest, since to a greater muscle contractions corresponds greater pennation angle (16, 17). Instead the Group B, probably because of the kind of sport (swimmers) which determine a smaller involvement of muscle soleus during sport activity, has not shown meaningful variation in muscular architecture.

Conclusions

The results of the study show that thermal therapy induce a lowering of pennation angle in runners, probably decreasing the state of basal contraction. Therefore, even if more studies must be run on the use of thermal therapy on sport recovery, we think that crenotherapy can be a useful way to guarantee a state of muscular relaxation in runners

References

- 1) Savelberg HH, Schamhardt HC. The influence of inhomogeneity in architecture on the modelled force-length relationship of muscles. *J Biomech* 1995; 28:187-97.
- 2) Morse CI, Thom JM, Birch KM, Narici MV. Changes in triceps surae muscle architecture with sarcopenia. *Acta Physiol Scand* 2005; 183: 291-8.
- 3) Rutherford OM, Jones DA. Measurement of fibre pennation using ultrasound in the human quadriceps in vivo. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1992; 65: 433-7.
- 4) Kawakami Y, Abe T, Fukunaga T "Muscle fiber pennation angles are greater in hypertrophied than in normal muscles" *J Appl Physiol* 1993 Jun; 74(6): 2740-4
- 5) Aagaard P, Andersen JL, Dyhre-Poulsen P et al. "A mechanism for increased contractile strength of human pennate muscle in response to strength training: changes in muscle architecture" *J Physiol* 2001 Jul 15;534 (Pt.2): 613-23
- 6) Brancaccio P., Limongelli F.M., D'Aponte A, Narici M., Maffulli N.. Changes in skeletal muscle architecture following a cycloergometer test to exhaustion in athletes. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2008 :11; 538—541
- 7) Matta T, Simao R, de Salles BF, Spinetti J, Oliveira LF. Strength training's chronic effects on muscle architectures parameters of different arm sites. *J strength Cond res* 2011; 25: 1711-7;
- 8) Duclay J, Martin A, Duclay A, Cometti G, Pousson M. Behaviour of fascicles and the myotendinous junction of human medial gastrocnemius following eccentric strength training. *Muscle Nerve* 2009; 39: 819-27.
- 9) Wilcock IM, Cronin JB, Hing WA Physiological response to water immersion: a method for sport recovery? *Sports Med.* 2006;36:747-65
- 10) Skurvydas A, Kamandulis S, Stanislovaitis A, Streckis V, Mamkus G, Drazdauskas A. Leg Immersion in Warm Water, Stretch-Shortening Exercise, and Exercise-Induced Muscle Damage *J Athl Train.* 2008; 43: 592–599.
- 11) Abe T, Kumagai K, Brechue WF. Fascicle length of leg muscles is greater in sprinters than in distance runners. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32:1125-9.
- 12) Kanehisa H, Muraoka Y, Kawakami Y, Fukunaga T Fascicle arrangements of vastus lateralis and gastrocnemius muscles in highly trained soccer players and swimmers of both genders. *Int J Sports Med.* 2003;24:90-5.

- 13) Abellaneda S, Guissard N, Duchateau J. The relative lengthening of the myotendinous structures in the medial gastrocnemius during passive stretching differs among individuals. *J Appl Physiol* 2009;106:169-77
- 14) Baudry S, Lecoivre G, Duchateau J. Age-related changes in the behavior of the muscle-tendon unit of the gastrocnemius medialis during upright stance. *J Appl Physiol*. 2011 Oct 27
- 15) O'Brien TD, Reeves ND, Baltzopoulos V, Jones DA, Maganaris CN. Muscle-tendon structure and dimensions in adults and children. *J Anat*. 2010 May;216(5):631-42. Epub 2010 Mar 19;
- 16) J Stark H, Schilling N. A novel method of studying fascicle architecture in relaxed and contracted muscles. *Biomech*. 2010, 16;43:2897-903.
- 17) Shi J, Zheng Y, Yan Z. The relationship between SEMG and change in pennation angle of brachialis. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2007;2007:4802-5

Tab I: Analysis of “Terme Stufe di Nerone” water

hyperthermal Salso-Bromo-Iodica-Solfato-Alcalina-Terrosa water

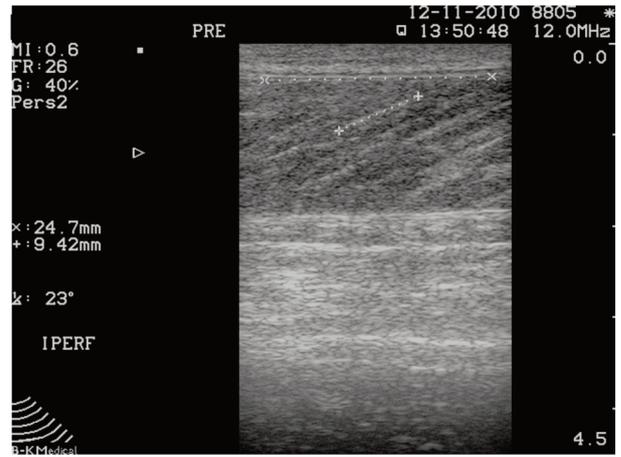
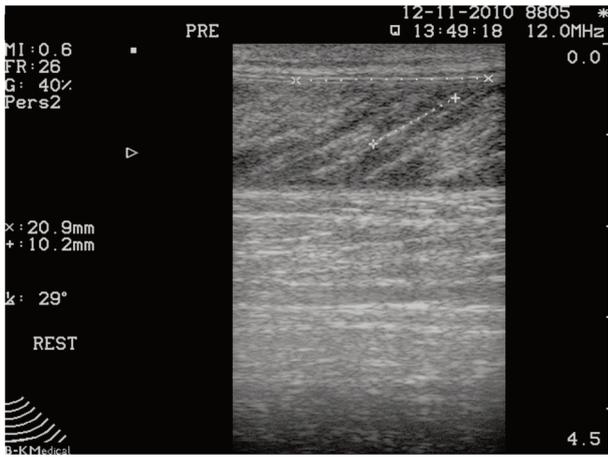
temperature to the source: 79.60°C, hardness: 95.7°F,

fixed residue at 180°: 16742 mg/L

Fig. 1: Images of pennation angle detected in athletes of both groups at rest and after maximal bending

ION	RESULTS mg/L
Silice	127,70
Bicarbonati	373,80
Cloruri	10932,16
Solfati	526,10
Sodio	6997,45
Potassio	257,11
Calcio	338,23
Magnesio	128,57
Ferro disciolto	0,03
Fosforo totale	0,30
Stronzio	1,39
Litio	1,68
Bromo	1,95
Iodio	3,00
Fluoro	3,20

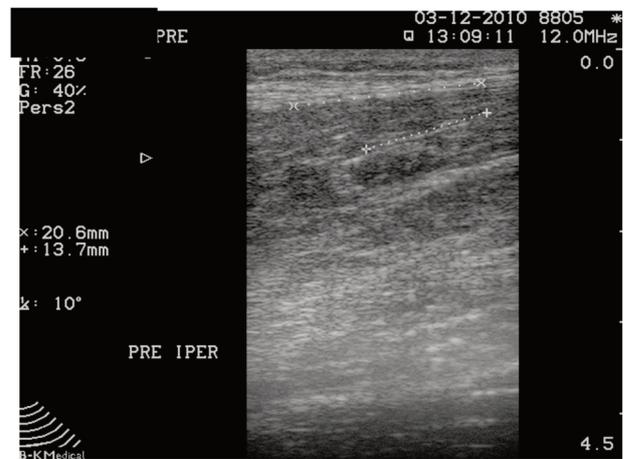
Group A: Athlete G.A.



Group B: Athlete B.S.



Rest



maximal bending

Fig 2.: pennation angle detected at rest before and after thermal therapy in both groups

