

La SCENAR-terapia nel trattamento delle patologie muscolo-scheletriche

Ganzit G.P., Albano M., Cavaletto L., Astegiano P., Gribaudo C.G.

Istituto di Medicina dello Sport FMSI di Torino

La terapia fisica è in costante evoluzione in funzione del progresso della tecnica e dell'esperienza clinica tenuto conto dell'ampia incidenza delle patologie dell'apparato locomotore e della relativa inadeguatezza delle terapie disponibili in diversi casi. L'ampia scelta terapeutica farmacologica e fisica disponibile sottolinea la difficoltà di trovare una terapia ideale nel trattamento dell'infiammazione e del dolore. D'altra parte in generale ed in medicina dello sport in particolare vi è l'esigenza di trovare non solo una terapia efficace ma anche una terapia che risolva il problema nel più breve tempo possibile. La proposta quindi di nuove apparecchiature per il trattamento del dolore non può che essere vista con interesse anche quando i presupposti scientifici possano non essere del tutto chiari.

La storia dell'elettroterapia è ampia e comprende strumentazione con nomi e caratteristiche più diverse, dalle correnti continue a quelle alternate a quelle pulsate con forme d'onda rettangolari, sinusoidali, triangolari monofasiche o bifasiche, con frequenze variabili da 3 a migliaia di Herzt, con durata del singolo impulso da microsecondi a decimi di secondo (Low e Reed, 2000; Gatto e al, 2000). Tutte si basano sugli stessi presupposti scientifici. L'impulso elettrico stimola i tessuti eccitabili cioè nervi e muscoli con effetti diretti ed indiretti. I nervi non sono tutti uguali. Gli assoni motori e quelli sensoriali del tatto e della propriocettività sono di grande diametro, a conduzione rapida e mielinizzati, I più numerosi in un tipico nervo periferico sono però di piccolo diametro, a conduzione lenta e senza guaina mielinica. In predominanza sono fibre C nocicettive, le rimanenti sono fibre autonome. In funzione del loro diametro e della loro posizione possono essere diversamente sensibili allo stimolo elettrico esterno.

Nell'area di applicazione si verifica in genere una vasodilatazione cutanea dovuta a riflesso assonico e rilascio di sostanze istamino-simili. Sono state ipotizzati anche effetti sui tessuti non eccitabili con aumento del metabolismo cellulare, riduzione della permeabilità capillare, effetti sulle proteine plasmatiche con cariche elettriche negative ma le evidenze scientifiche di supporto non sono chiare (Low e Reed, 2000).

Gli effetti fisiologici degli impulsi elettrici indotti sulle fibre nervose sono relativi al tipo di fibre stimulate. La stimolazione elettrica delle fibre A beta che provengono dai recettori tattili provoca per via riflessa, attraverso le connessioni a livello spinale nelle lamine della sostanza gelatinosa del Rolando con i neuroni delle fibre A delta e C , riduzione della trasmissione del segnale del dolore definita inibizione presinaptica o segmentale (Dickenson, 2002). Inoltre nella lamina II della sostanza gelatinosa vi sono degli interneuroni che producono encefaline che inibiscono i neuroni delle fibre C contenuti in questa zona. Le fibre A delta sono connesse con questi interneuroni e quindi la stimolazione delle fibre A delta con impulsi elettrici può determinare riduzione della trasmissione del segnale lungo le fibre del sistema C del dolore . La TENS ad alta frequenza in caso di infiammazione articolare attiva i recettori oppioidi con riduzione della liberazione a livello spinale di glutamato ed aspartato (Sluka e al., 2005), neuromediatori eccitatori. Altri invece hanno evidenziato un effetto analgesico correlato con attività oppioide solo con stimoli a bassa frequenza (Resende e al, 2004). Le fibre A delta inoltre innescano a livello del mesencefalo un sistema discendente di soppressione del dolore

(De Domenico 1982; Ainsworth e al, 2006). La stimolazione ad alta frequenza può produrre inoltre un blocco fisiologico in entrambi i tipi di fibre periferiche del dolore, con riduzione della percezione del dolore (Walsh 1993). Per lo più si ritiene però che le correnti ad alta frequenza e bassa intensità stimolino in particolare le fibre A beta e che le correnti a bassa frequenza ed alta intensità determinino inibizione del dolore tipico delle fibre C (Low e Reed). D'altra parte alcuni ritengono che l'effetto della TENS sia un effetto solo placebo indotto dalla sensazione di stimolo cutaneo sul SNC (Oosterhof e al, 2006). Effetti sul SNC sono stati sempre recentemente evidenziati da Tinazzi e al (2006) che hanno dimostrato una rimodulazione della corteccia motoria dopo trattamento con TENS in soggetti affetti da crampo dello scrivano. Le risposte cliniche sembrano caratterizzate da una importante variabilità individuale. Mentre alcuni studi evidenziano effetti analgesici in caso di dolore acuto (Thorsteinsson, 1983; Lang e al., 2007), nell'artrosi del ginocchio (Law e Cheing, 2004), nelle lombalgie (Gadsby, 2006) ed in altre patologie croniche (Kalke e al, 2004) altri negano effetti terapeutici sul dolore lombare cronico (Khadijkar e al, 2005) o effetti non superiori al placebo (Deyo e al, 1990; Hermann e al, 1994) anche nel dolore cronico generico (Brena e al., 1986; Oosterhof e al, 2006). Carroll e al (2000) rivedendo la letteratura sull'uso della TENS nel trattamento delle patologie croniche rileva la necessità di ulteriori studi. In particolare non vi sono ancora dati su alcuni aspetti ritenuti importante per l'efficacia terapeutica delle onde elettriche transcutanee: tipo di applicazione, sede del trattamento, durata dello stesso, frequenze ed intensità ottimali degli stimoli (Milne e al, 2001).

Anche per venire incontro a queste esigenze, è stata proposta di recente una apparecchiatura che ha avuto il suo sviluppo negli ultimi 20 anni in Russia e che utilizza l'elettroterapia in una modalità particolare chiamata SCENAR terapia. Il nome SCENAR deriva dall'acronimo di Self-Controlled Energo-Neuro-Adaptive Regulation. Si tratta di un'onda bifasica, asimmetrica bilanciata a treni di impulsi variabili come numero e frequenza applicabili in un punto preciso ovvero variando in continuità il punto di applicazione su un'area prestabilita (painting). Scopo del presente lavoro è quello di valutare l'effetto a breve termine della SCENAR terapia in patologie dolorose dell'apparato muscolo-scheletrico.

METODI E STRUMENTI

Abbiamo preso in considerazione 253 soggetti di età variabile dai 18 agli 88 anni di ambo i sessi (151 maschi e 102 femmine), praticanti e non praticanti attività sportiva nella maggior parte dei casi a livello non agonistico (118 praticanti, 135 sedentari) portatori di patologie dolorose dell'apparato muscolo-scheletrico che si sono presentate alla nostra osservazione sia come primo approccio sia dopo aver effettuato altri trattamenti. Abbiamo preso in considerazione sia patologie acute che patologie croniche interessanti vari segmenti corporei (vedi graf. 1). Le patologie cervicali sono risultate per lo più esiti di distrazioni traumatiche (70%), le patologie lombari sono state per il 37% lombalgie e per il 60% lombosciatalgie, le patologie della spalla sono risultate per lo più tendinopatie della cuffia dei rotatori con metaplasia calcifica nel 30%. Nel caso del gomito le patologie prese in considerazione sono state tutte epicondiliti. Nella regione dell'avambraccio e della mano abbiamo trattato tendiniti per il 60% e rizoartrosi per il 40% dei casi. Nell'area del ginocchio si è trattato in particolare di condropatie per il 38%, artrosi per il 27% e distorsioni nel 19%. Per quanto riguarda la caviglia abbiamo preso in considerazione distorsioni (45% dei casi) e tendiniti (55%) e per il piede fasciti plantari (40% dei casi) e metatarsalgie (60%).

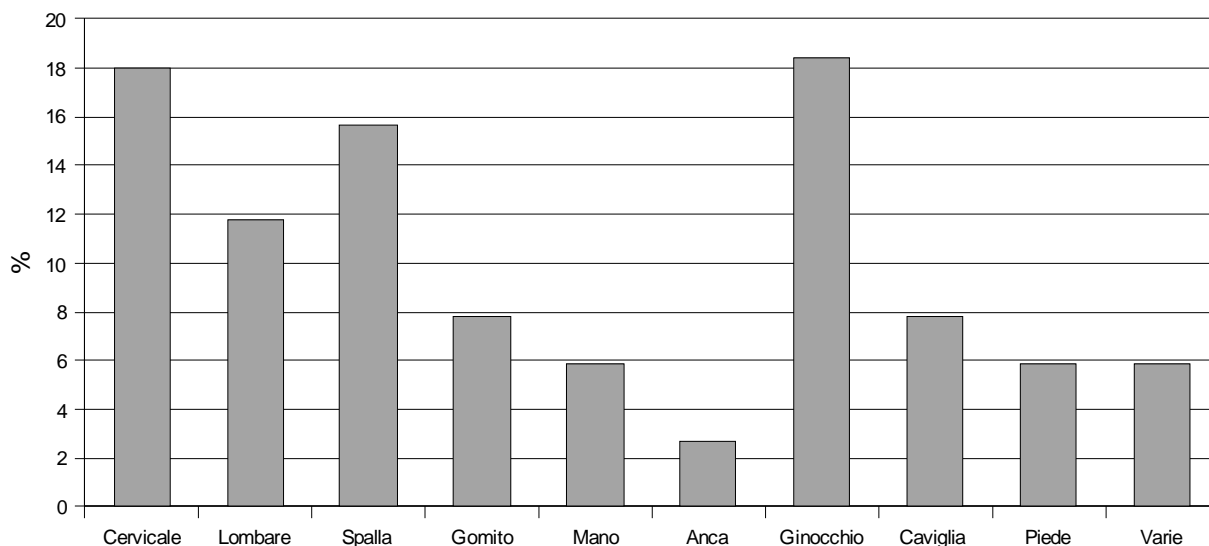


Fig 1:distribuzione percentuale delle aree interessate dalla patologia

Per la terapia abbiamo utilizzato uno strumento SCENAR (importato e distribuito da Fast Theraphies).

I punti di trattamento vengono stabiliti rilevando i valori di reazione iniziale (IR) in metodica DIAGN 1. Questi valori dipendono dall'impedenza cutanea. Dopo aver cercato il punto in cui IR è maggiore si valuta la reazione dei tessuti allo stimolo elettrico lasciando posizionata la testina dello strumento sino a comparsa dei simboli di dose e zero, che indicano il completamento della preparazione e la disponibilità al trattamento. Il tempo necessario al completamento di questa fase è variabile da 1 a diversi minuti. Se questa fase non può essere completata per comparsa del segnale zero prima di dose è necessario trattare l'area con un segnale in modalità FM (frequency modulation)= Sw1 che comporta la variazione continua della frequenza dal minimo al massimo e del damping, per 1 minuto.

Si passa al trattamento vero e proprio applicando le onde elettriche per 2 minuti con i seguenti parametri:

DAMPH (damping) = Sk2

AM (amplitude modulation)= 3:1

F (frequency)= 60 Hz

INTENS (pack intensity)= 1

Z (Zeit) = 10

Se il punto doloroso non corrisponde al punto trattato si procede con lo stesso protocollo a trattamento di quest'area.

Quindi in modalità default (DAMPH -, AM -, F= 60 Hz, INTENS = 1, Z = 10) si procede ad un painting dell'area dolente e del suo dermatomero per altri 2 min o sino a che l'elettrodo non evidenzia più aderenza sulla cute.

I trattamenti sono stati eseguiti a giorni alterni per un numero variabile da un minimo di 3 ad un massimo di 10 sino a raggiungimento di un risultato soddisfacente per il soggetto ed il medico. In taluni casi è stato però interrotto dal soggetto prima del 10° trattamento per risultati insoddisfacenti.

Durante il trattamento non sono state eseguite altre terapie mentre nel 25% dei casi la terapia è stata effettuata dopo fallimento di altre terapia precedenti (FANS per os o mesoterapia, infiltrazioni con cortisonici, US, LASER terapia, TECAR terapia, onde d'urto).

Non sono stati presi in considerazione nell'elaborazione statistica i casi che hanno abbandonato il trattamento dopo 1-2 sedute in genere per aumento della sintomatologia dolorosa (5 casi pari al 1,9 %).

Il dolore è stato rilevato con scala analogica visiva (VAS) con valori variabili da 0 a 10, dove 0 corrisponde all'assenza di dolore e 10 il dolore più intenso che il soggetto ritiene possibile in funzione della patologia. I valori sono stati riportati all'unità più vicina sulla scala.

L'analisi statistica dei dati è stata eseguita con metodi non parametrici a causa della distribuzione asimmetrica dei dati, in particolare è stato utilizzato il test chi quadro (Glantz, 1988).

RISULTATI

Il numero di trattamenti hanno presentato una mediana di 5 con una variabilità compresa tra il 15°percentile di 3 ed il 85°percentile di 6. Inizialmente il valore mediano della VAS è risultato di 8 e quello finale di 1 (vedi tab 1).

	n. trattamenti	VAS inizio	VAS fine
mediana	5	8	1
15°percentile	3	5	0
85°percentile	6	9	4

Tab. 1: Risultati complessivi ottenuti con il trattamento di SCENAR terapia

In particolare se esaminiamo i soggetti con VAS finale di 0 e quindi da considerare totalmente guariti osserviamo come siano risultati in numero di 73 pari al 28,6% con un numero medio di trattamenti di 5 ed un valore di VAS iniziale di 6.

	n. trattamenti	VAS inizio
mediana	5	6
15°percentile	3	3
85°percentile	6	9

Tab. 2: Numero di trattamenti e VAS iniziale dei soggetti guariti

Alcuni di questi (11 soggetti) avevano già eseguito senza risultati soddisfacenti altre terapie (ionoforesi, tecarterapia, infiltrazioni di cortisone, mesoterapia, ozonoterapia, onde d'urto).

Se suddividiamo i risultati in funzione dell'area corporea trattata (vedi fig. 2) possiamo osservare come i risultati più evidenti riguardano le patologie cervicali, (48%) per lo più da esiti di distrazione traumatica e quelli meno numerosi la regione lombare sede di lombalgie e lombosciatalgie (14%). Le differenze risultato statisticamente significative a $P < 0,01$ fra patologie cervicali e lombari e a $P < 0,05$ fra cervicali e le altre patologie, al test chi quadro. Non vi sono differenze significative fra le altre patologie in termini di percentuale di guarigione.

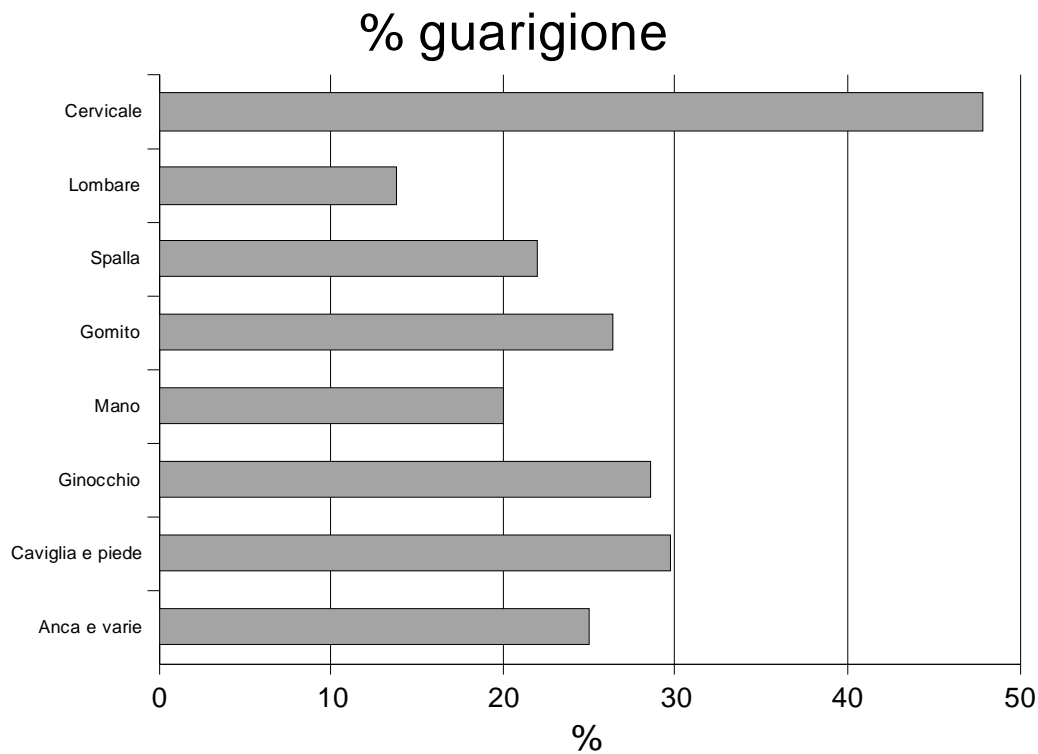


Fig 2. Distribuzione percentuale dei casi guariti con SCENAR terapia in funzione dell'area corporea interessata dalla patologia.

I casi in cui non si è verificato nessun miglioramento con il trattamento di scenar terapia sono risultati 5 pari a 2% circa con una media di 4 trattamenti e quindi in situazione in cui i soggetti non hanno voluto continuare la terapia, presumibilmente delusi dai primi risultati. Si è trattato di 3 casi di gonartrosi, un caso di epicondilite ed un caso di tendinopatia della cuffia dei rotatori. Coloro che hanno eseguito 10 trattamenti hanno presentato un miglioramento della scala del dolore in media di 6 punti, con un solo soggetto che ha presentato un miglioramento minimo di 1 punto in un caso di tendinite di De Quervain.

Se consideriamo oltre ai guariti coloro che hanno presentato al controllo finale solo più un vago dolore entro il punteggio 1 della scala analogica e quindi un miglioramento sostanziale evidenziamo percentuali di effetti benefici della terapia interessanti. Il gruppo con VAS finale di 0-1 è risultato composta da 165 soggetti pari al 61% circa del campione esaminato, con variazioni fra le diverse aree interessate dalla patologia che privilegia le cervicalgie rispetto alle altre (v. fig 3), ma in tutti i casi abbiamo percentuali superiori al 50% tranne le patologie del ginocchio, che peraltro non si discostano molto da questo valore.

VAS finale 0-1

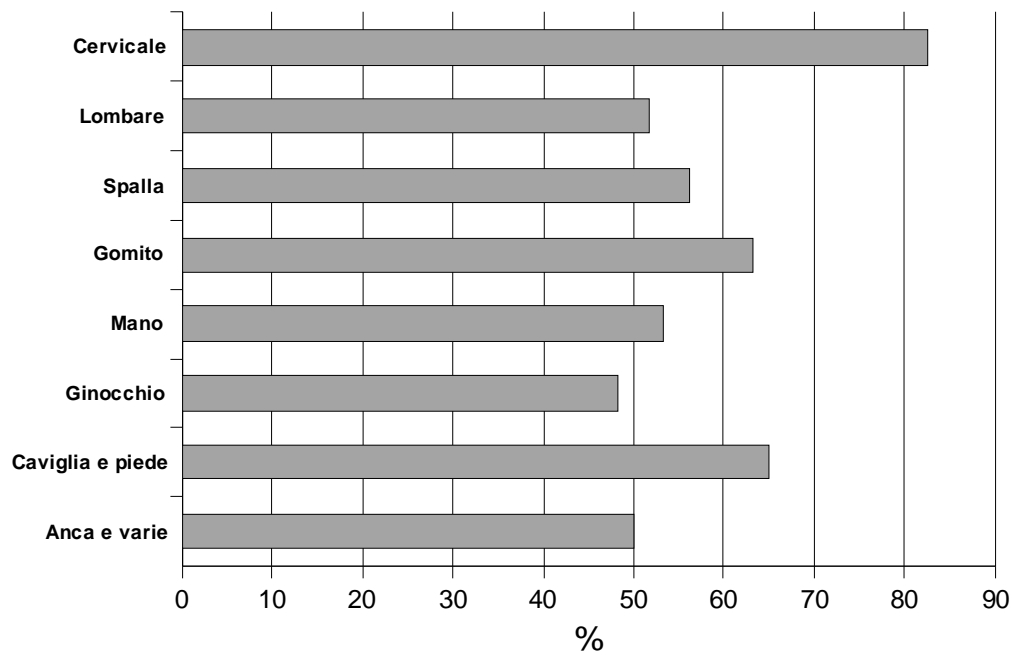


Fig. 3: Distribuzione percentuale dei casi trattati con SCENAR terapia in funzione dell'area corporea interessata dalla patologia che presentavano VAS finale entro 1.

Se prendiamo in considerazione il sesso, possiamo osservare in generale risultati migliori nei maschi rispetto alle femmine se consideriamo il VAS alla valutazione finale, valutati con il test chi quadro, a $P < 0,01$.

VAS finale	maschi		femmine	
	n.	%	n.	%
0	56	37,1	17	16,7
1	48	31,8	32	31,4
≥ 2	47	31,1	53	51,9

Tab. 3: Valori del VAS finale dopo trattamento di SCENAR terapia nei maschi e nelle femmine ($P < 0,01$)

Non si evidenziano invece differenze statisticamente significative fra maschi e femmine se si considera la differenza fra i valori iniziali e finali di VAS, vedi tab. 4, anche se non hanno beneficiato dell'azione antalgica solo il 5% dei maschi contro il 10% delle femmine.

Differenza VAS iniziale-finale	maschi		femmine	
	n.	%	n.	%
0-1	8	5,3	10	9,8
2-3	25	16,5	13	12,8
4-5	38	25,2	30	29,4
6-7	43	28,5	29	28,4
8-10	37	24,5	20	19,6

Tab. 4: Valori della differenza VAS iniziale VAS finale dopo trattamento di SCENAR terapia nei maschi e nelle femmine

Il confronto tra sportivi e non praticanti evidenzia differenze significative nei valori finali di VAS con risultati migliori nei sedentari, guariti il 33% contro il 18% degli sportivi (vedi tab 5) mentre confrontando la variazione di dolore come differenza fra VAS iniziale e finale non si sono riscontrate differenze statisticamente significative (vedi tab. 6).

VAS finale	sportivi		sedentari	
	n.	%	n.	%
0	35	40	38	38,1
1	37	26,6	43	31,9
>=2	46	33,3	54	40

Tab.5: Valori del VAS finale dopo trattamento di SCENAR terapia in soggetti sportivi e sedentari (P<0,05)

Differenza VAS iniziale-finale	sportivi		sedentari	
	n.	%	n.	%
0-1	9	8,3	9	6,7
2-3	17	10	21	15,5
4-5	33	25,8	35	25,9
6-7	31	23,3	41	30,4
8-10	28	31,6	29	21,5

Tab.6: Valori della differenza VAS iniziale-finale dopo trattamento di SCENAR terapia in soggetti sportivi e sedentari

VAS finale	Trattati con altra terapia		Primo trattamento	
	n.	%	n.	%
0	8	18,6	65	31,1
1	19	44,2	61	29,2
>=2	17	37,2	83	39,7

Tab.7: Valori del VAS finale dopo trattamento di SCENAR terapia in soggetti già sottoposti a terapia e in primo trattamento (P<0,05)

Differenza VAS iniziale-finale	Trattati con altra terapia		Primo trattamento	
	n.	%	n.	%
0-1	3	6,8	15	7,2
2-3	9	20,5	29	13,9
4-5	8	18,2	60	28,7
6-7	11	25	61	29,2
8-10	13	29,5	44	21,0

Tab.8: Valori della differenza VAS iniziale-finale dopo trattamento di SCENAR terapia in soggetti sportivi e sedentari

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Le patologie che abbiamo preso in considerazione hanno cause patogenetiche diverse con componenti infiammatorie e degenerative, ma hanno in comune la sintomatologia dolorosa, che si accompagna ad una più o meno evidente impotenza funzionale. Come osservato da Decosterd e Woolf (2006) le cause che originano il dolore sono diverse ma la riorganizzazione delle vie del dolore che produce il dolore persistente cronico è simile. I meccanismi del dolore possono essere indipendenti dai fattori eziologici della patologia. Se gli stimoli ed i recettori periferici nocicettivi sono diversi e specifici, la risposta consiste in ogni caso in attivazione di canali ionici che attraverso proteine chinasi specifiche generano un potenziale d'azione che viene trasmesso centralmente attraverso il corno posteriore del midollo spinale. Gli stimoli ripetuti o la continua produzione di molecole dell'infiammazione (prostaglandine E2, bradichinine, 5HT, fattori di crescita) determinano un fenomeno di sensitizzazione periferica con riduzione del livello di soglia ed aumento dei potenziali d'azione trasmessi al midollo. Anche a livello del corno posteriore questo aumento di attività elettrica provoca attraverso aumento di amino acidi e neuropeptidi neurotrasmettitori incremento dell'attività sinaptica per azione sui canali ionici attraverso reazioni di fosforilazione sotto il controllo di proteina chinasi. Questa attività che si traduce in un aumento della percezione del dolore ed allargamento dell'area dolente viene detta sensitizzazione centrale. Altri fenomeni comprendono la riduzione dell'efficacia dell'inibizione discendente per fenomeni di downregulation e la alterazione della regolazione genetica delle gemmazioni delle fibre a bassa soglia della lamina II di Rexed. Tutto questo determina ipersensibilità al dolore per cui il dolore può diventare un'anomalia a se da trattare specificamente anche in presenza di fenomeni infiammatori o neuropatici. I risultati che abbiamo ottenuto con la SCENAR terapia sono in accordo con questo approccio alla valutazione e comprensione del dolore. Infatti i risultati valutati sia come punteggio VAS finale che come differenza VAS iniziale-VAS finale, sono indipendenti dalla patologia e dalla regione del corpo interessata. Unica eccezione sono risultate le cervicalgie per quanto riguarda specificamente le distrazioni post-traumatiche, poiché le cervico-brachialgie da protrusione erniaria si sono comportate come le altre patologie esaminate. L'entità dei risultati ottenuti è anche indipendente dalla cronicità della patologia e dal fatto di aver subito in precedenza altri trattamenti sia fisici che farmacologici senza risultati soddisfacenti. Questi stessi dati sembrano escludere la possibilità di una modificazione positiva casuale, tenuto conto che le patologie esaminate sono quasi tutte a risoluzione spontanea nel tempo. **Dobbiamo però considerare l'effetto analgesico immediato dopo la seduta, che si mantiene nel tempo in modo variabile da diversi minuti a diverse ore sino alla seduta successiva e la rapidità dei risultati in media 5 sedute pari a circa 10 giorni.** Possiamo rilevare solo una differenza significativa relativamente al sesso ai valori iniziali e finali di VAS con valori maggiori nelle donne da riferire ad una maggiore sensibilità al dolore nei soggetti di sesso femminile nel campione esaminato. Anche Simmonds e al (1992) avevano osservato nei maschi una soglia del dolore più alta ed una tolleranza maggiore rispetto alle femmine. In termini di miglioramento del sintomo dolore con il trattamento non vi sono differenze fra i sessi. Questa maggiore sensibilità al dolore potrebbe dipendere dalle patologie esaminate e dall'età dei soggetti, tenuto conto che è stato trattato un numero maggiore di maschi, in relazione alla pratica più diffusa dello sport nel sesso maschile. Quindi l'efficacia della SCENAR terapia appare analoga in maschi e femmine così come è simile nei soggetti praticanti sport rispetto ai sedentari. Si può supporre che gli sportivi sottoponendosi a sollecitazioni maggiori possano avvertire ancora sensazioni dolorose nella situazione in cui i sedentari non le avvertono più. I risultati ottenuti indicano quindi un

effetto analgesico della SCENAR terapia che risulta efficace anche in caso di sovraccarico funzionale.

I meccanismi di interruzione o attenuazione del dolore persistente innescati dalla SCENAR terapia risultano stabili nel tempo al controllo eseguito dopo un mese telefonicamente. Le patologie considerate presentano per lo più la possibilità di recidive nel tempo del processo degenerativo e flogistico che genera la sintomatologia dolorosa con una tempistica però non prevedibile.

I risultati ottenuti sembrano indicare anche nelle patologie esaminate un comportamento autonomo del dolore persistente secondo le ipotesi attuali, che può continuare a manifestarsi anche quando le situazioni patologiche si sono attenuate o sono scomparse e che ci spiegano la risoluzione dei sintomi rapida a volte anche dopo un solo trattamento. Rimangono inspiegati al momento attuale i casi limitati che non rispondono alla terapia o i rari casi di accentuazione dei sintomi in cui i soggetti non hanno voluto continuare la terapia. Peraltro in questi ultimi casi non siamo certi che un eventuale trattamento completo non possa generare benefici anche in questi soggetti, infatti in alcuni casi abbiamo rilevato accentuazione iniziale ed attenuazione del dolore solo dopo 4-5 sedute. D'altronde alcuni casi che non hanno risposto in modo soddisfacente alla terapia dopo 10 sedute non hanno risposto anche ad altre terapie fisiche e farmacologiche se non per benefici momentanei e parziali. Possiamo pensare che queste siano le situazioni in cui la componente più importante è quella infiammatoria o compressiva meccanica, come nel caso delle compressioni radicolari, ed il dolore persistente sia mantenuto da stimoli continui non controllabili dai metodi utilizzati. D'altra parte la complessità dei meccanismi del dolore messi in luce dalla ricerca ma non ancora del tutto noti, le differenze della patologia di base non sempre valutabili con le tecniche attualmente disponibili, la presenza di fattori psicologici determinano una grande variabilità nella risposta a qualunque terapia. E' stato suggerito che la scomposizione del dolore nelle componenti che riflettono i principali meccanismi noti potrebbe aiutare a capire perchè alcune terapie funzionano e altre no (Decosterd e Woolf; 2006).

La SCENAR terapia è risultata quindi nella nostra esperienza una metodica efficace per controllare e diminuire il dolore persistente sia in praticanti sport che sedentari, proponendosi come sostituto di trattamenti farmacologici, che può essere attivo anche quando questi non si sono rivelati efficaci. Questo aspetto appare particolarmente interessante nello sport dove molti atleti, con idee salutiste strettamente connesse con la pratica di attività sportiva stessa, non gradiscono il ricorso a farmaci e dove viceversa l'uso di farmaci per traumatismi o dolori ricorrenti può generare fenomeni indesiderati di farmaco-dipendenza e di danni d'organo.

Bibliografia

1. Low J, Reed A Electrotherapy Explained. Principles and Practice. Butterword Heinemann Oxford, 2000 pp. 53-140
2. Gatto R., Bargerò V., Bruni L. Elettrodiagnosi ed elettroterapia in Valobra GN Ed. Trattato di Medicina Fisica e Riabilitazione UTET Torino, 2000 Vol. 2 pp. 1245-65
3. Dickenson AH. Gate control theory of pain stands the test of time. Br J Anaesth 2002; 88: 755-7
4. Sluka KA, Vance CG, Lisi TL. High-frequency, but not low-frequency, transcutaneous electrical nerve stimulation reduces aspartate and glutamate release in the spinal cord dorsal horn. J Neurochem 2005; 95:1794-801
5. Resende MA, Sabino GG, Candido CR, Pereira LS, Francischi JN. Local transcutaneous electrical stimulation (TENS) effects in experimental inflammatory. Eur J Pharmacol 2004; 504:217-22
6. De Domenico G. Pain relief with interferential current. Austr J Physiother 1982;28:14-18

7. Ainsworth L, Budelier K, Clinesmith M, Fiedler A, Landstrom R, Leeper BJ, Moeller L, Mutch S, O'Dell K, Ross J, Radhakrishnan R, Sluka KA. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) reduces chronic hyperalgesia induced by muscle inflammation. *Pain* 2006; 120:182-7
8. Walsh M, Baxter GD, Allen JM The effect of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) upon conduction latencies in the human superficial radial nerve in vivo. *J Physiol* 1993; 467:95-100
9. Oosterhof J, De Boo TM, Oostendorp RA, Wilder-Smith OH, Crul BJ. Outcome of transcutaneous electrical nerve stimulation in chronic pain: short-term results of a double-blind, randomised, placebo-controlled trial. *J Headache Pain* 2006;7:196-205.
10. Tinazzi M, Zarattini S, Valeriani M, Stanzani C, Moretto G, Smania N, Fiaschi A, Abbruzzese G. Effects of transcutaneous electrical nerve stimulation on motor cortex excitability in writer's cramp: neurophysiological and clinical correlations. *Mov Disord* 2006; 21:1908-13
10. Lang T, Barker R, Steinlechner B, Gustorff B, Puskas T, Gore O, Kober A. TENS relieves acute posttraumatic hip pain during emergency transport. *J Trauma* 2007; 62:184-8
11. Thorsteinsson G. Electrical stimulation for analgesia. In Stillwell K ed. *Therapeutic Electricity and Ultra-Violet Radiation*. Williams&Wilkins Baltimora, 1983 pp 109-23
12. Law PP, Cheing GL. Optimal stimulation frequency of transcutaneous electrical nerve stimulation on people with knee osteoarthritis. *J Rehabil Med* 2004; 36:220-5
13. Gadsby JG, Flowerdew MW Transcutaneous electrical nerve stimulation and acupuncture-like transcutaneous electrical nerve stimulation for chronic low back pain. *Cochrane Database Syst Rev* 2000;(2):CD0002100
14. Kalke AJ, Schouten JS, Lamerichs-Geelen MJ, Lipsch JS, Waltje EM, van Kleef M, Patijn J. Pain reducing effect of three types of transcutaneous electrical nerve stimulation in patients with chronic pain: a randomized crossover trial. *Pain* 2004; 108:36-42
15. Khadilkar A, Milne S, Brosseau L, Wells G, Tugwell P, Robinson V, Shea B, Saginur M. Transcutaneous electrical nerve stimulation for the treatment of chronic low back pain: a systematic review. *Spine* 2005;30:2657-66
16. Deyo RS, Walsh NE, Martin DC. A controlled trial of TENS and exercise for chronic low back pain. *N Engl J Med* 1990; 322:1627-34
17. Herman E, Williams R, Stratford P., Fargas-Babjak A, Trott M. A randomised controlled trial of transcutaneous electrical nerve stimulation to determine its benefits in a rehabilitation program for acute occupational low back pain. *Spine* 1004; 19:561-8
18. Brena SF, Chapman SL Chronic Pain: Physiology, Diagnosis, Management. In Leek JC, Gershwin ME Fowler Jr WM *Principles of Physical Medecin and Rehabilitation in the Musculoskeletal Disease*. Grune&Stratton, Orlando FL, 1986 pp199-216
19. Carroll D, Moore RA, McQuay HJ, Fairman F, Tramèr M, Leijon G. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for chronic pain. *Cochrane Database Syst Rev* 2000;(4): CD003222.
20. Milne S, Welch V, Brosseau L, Saginur M, Shea B, Tugwell P, Wells G. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for chronic low back pain. *Cochrane Database Syst Rev* 2001;(2):CD003008.
21. Glantz SA. *Statistica per discipline bio-mediche*, McGraw-Hill, Milano 1988
22. Decosterd I, Woolf CJ. Meccanismi del dolore e loro importanza nella pratica clinica e nella ricerca In Ballantyne JC Ed. *Tattamento del dolore. Il Manuale del Massachusetts General Hospital*. Lippincot Williams&Wilkins, Milano 2006, 19-27
23. Simmonds M, Weissel J, Scudds R. The effect of pain quality on the efficacy of conventional TENS. *Physiotherapy* 1992; 44:35-40