



## **EMBASAMENTO CIENTÍFICO DA TECNOLOGIA**

Artigos e documentos de estudos científicos relacionados à tecnologia.

## Artigo #5 - Campo eletromagnético pulsado de baixa frequência – uma terapia alternativa viável para artrite

**Título:** Low frequency pulsed electromagnetic field--a viable alternative therapy for arthritis

**Autores:** Ganesan, K.; Gengadharan, A. C.; Balachandran, C.; Manohar, B.M.; Puvanakrishanan

**Periódico:** Indian Journal of Experimental Biology, 2009, Vol. 47, p. 939–948.

**Link:** <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20329696/>

Faz uma longa discussão histórica sobre o uso do magnetismo desde os tempos antigos. Não trata diretamente de casos clínicos, mas cita outros trabalhos que o fazem. Cita que Fini et al. obtiveram bons resultados na prevenção de problemas osteoarticulares em porcos.

Em várias afecções têm sido usadas as PEMF com sucesso. No campo experimental demonstra efeito anabolizante, em particular sobre condrócitos, diminui a produção de citocinas pró-inflamatórias, que aceleram a união óssea em fraturas, bem como inibem a ação inflamatória que causa dor nas osteoartrites.

## Artigo #6 - Alvo celular de campos magnéticos fracos: condução iônica ao longo dos filamentos de actina de microvilosidades

**Título:** Cellular target of weak magnetic fields: ionic conduction along actin filaments of microvilli

**Autores:** Gartzke, J.; Lange, K.

**Periódico:** American Journal of Physiology – Cell Physiology, 2002, Vol. 283, p. C1333–C1346.

**Link:** <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12372794/>

A base do funcionamento da PEMF está na característica do campo elétrico natural da membrana celular. Existe um potencial de “transmembrana” que não é estático, ao contrário, está oscilando e a PEMF vai alterá-lo aumentando a permeabilidade celular e a concentração de cálcio intracelular, através do sistema F-actina que ativa os canais de cálcio.

O cálcio é um elemento essencial para o bom funcionamento da célula e a PEMF favorece a passagem dele pela membrana.

## Artigo #8 - Efeito da pulsação na terapia de luz de baixo nível

**Título:** Effect of Pulsing in Low-Level Light Therapy

**Autores:** Hashmi, J. T.; Huang, Y.-Y.; Sharma, S. K.; Kurup, D. B.; Taboada, L.; Carroll, J. D.; Hamblin, M. R.

**Periódico:** Lasers in Surgery and Medicine, 2010, Vol. 42 (6), p. 450–466.

**Link:** <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/lsm.20950>

Informa que a Low-Level Laser Therapy é utilizada desde 1967 e que existe uma discussão se é melhor utilizar luz contínua ou pulsada. Conclui que não existe comprovação de qual tipo seria melhor.

Discute os diferentes tipos de luz e parâmetros de aplicação de pulsos.

Considera que a aplicação de pulsos não aumenta muito a penetração, mas diminui o uso de energia. Segundo Bjordal et al. citado neste trabalho.

Faz uma grande revisão e cita inúmeros trabalhos que comparam luz contínua e pulsada.

A página 9 demonstra a efetividade de inúmeros estudos para revitalização musculocutânea, regeneração e cicatrização (tratamento de feridas). Esclarece-se que não faz estudos, mas faz revisão de estudos.

## Artigo #9 - Resposta de dose bifásica na terapia de luz de baixo nível – uma atualização

**Título:** Biphasic dose response in low level light therapy - an update

**Autores:** Huang, Y.-Y.; Sharma, S. K.; Carroll, J.; Hamblin, M. R.

**Periódico:** Dose-Response, 2011, Vol. 9, p. 602–618.

**Link:** <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22461763/>

Discute que efetividade da penetração da luz e o comprimento de onda específico da penetração, sendo que nos tecidos a janela de penetração máxima está entre os comprimentos de onda de 650 a 1200 nm.

Realiza na página 604 uma excelente explanação sobre:

**1)** O papel da mitocôndria e a importância da citocromo c oxidase como o fotorreceptor primário para ondas vermelhas e infravermelhas nas células animais.

Advoga que LLLT em mitocôndria isoladas aumenta o potencial próton eletroquímico, aumenta a síntese de AT (Passarella et al. 1984), aumenta o RNA e a síntese de proteína (Creco et al. 1989) e aumenta o consumo de oxigênio, aumenta o potencial da membrana mitocondrial, e aumento da síntese de NADH e ATP. NADH, nicotinamida adenina dinucleótido hidreto (high- energy hydrogen), também designada como coenzima 1, existe naturalmente em todas as células vivas. O NADH aumenta a energia total, reforça o sistema imunitário, protege as células de lesões e melhora a memória. O "H" significa hidrogênio de alta-energia e indica que

esta substância biológica é a mais ativa forma possível. Muitas vezes referida como coenzima-1, o NADH é a mais importante coenzima do nosso organismo, facilitadora de inúmeras reações biológicas. O NADH é necessário para o desenvolvimento celular e produção de energia.

É essencial para produzir energia a partir dos alimentos e é um dos principais transportadores de elétrons no processo de produção de energia nas células, sendo também um importante antioxidante.

**2)** Antes se define o ROS que é as espécies reativas de oxigênio, que são compostos químicos resultantes da ativação ou redução do oxigênio (dioxigênio, O<sub>2</sub>) ou derivados dos produtos da redução. As principais espécies reativas de oxigênio são: o união radical superóxido (O<sub>2</sub>•-), o peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), o dioxigênio singleto (1O<sub>2</sub>) e o radical hidroxila (HO•). O peroxinitrito (ONOO-) é considerado por uns autores uma espécie reativa de oxigênio e por outros uma espécie reativa de azoto.

Os organismos expostos ao oxigênio (como os humanos) produzem espécies reativas de oxigênio no seu metabolismo normal. Em determinadas situações patológicas, a produção destas espécies aumenta. Em ambas as situações ocorre o chamado stress oxidativo: as espécies reativas de oxigênio são normalmente (mas nem sempre) poderosos agentes oxidantes que danificam todos os tipos de estrutura celular, desde lipídios membranares até ao DNA.

Feita as conceituações acima o autor discute os perigos e vantagens do ROS (espécies reativas de oxigênio). A LLLT induz o potencial super redutor das células na direção de maior oxidação (Karu 1999) e aumenta a geração de ROS e a atividade redutora (Lubart et al. 2005).

**3)** A oxidação nítrica é melhorada com a LLLT. O óxido nítrico é importante para: vasodilatador, neurotransmissor no cérebro e no sistema nervoso periférico. Também está envolvido na destruição de bactérias pelos macrófagos.

Faz revisão de estudos sobre a quantidade adequada de luz a ser aplicada, sendo que conclui que a dosimetria ainda é um assunto a ser discutido.

## Artigo #15 - Efeitos de campos eletromagnéticos pulsados em condrócitos humanos: estudo in vitro

**Título:** Effects of pulsed electromagnetic fields on human chondrocytes: an in vitro study

**Autores:** Pezzetti, F.; De Mattei, M.; Caruso, A.; Cadossi, R.; Zucchini, P.; Carinci, F.; Traina, G. C.; Sollazzo, V.

**Periódico:** Calcified Tissue International, 1999, Vol. 65, p. 396–401.

**Link:** <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10541767/>

Em biologia, condrócitos são células presentes no tecido cartilaginoso, sendo que participam do crescimento intersticial da cartilagem, onde divisões mitóticas das células e secreção de mais matriz entre as células filhas permitem a expansão da cartilagem. O trabalho mostra que o PEMF, aplicado sobre cultura in vitro de condrócitos articulares e nasais, induz a proliferação destes.

## Artigo #19 - Efeitos de campos eletromagnéticos pulsados na recuperação de pacientes após cirurgia artroscópica: estudo prospectivo randomizado duplo-cego

**Título:** Effects of pulsed electromagnetic fields on patient's recovery after arthroscopic surgery: prospective randomized and double-blind study

**Autores:** Zorzi, C.; Dall'Oca, C.; Cadossi, R.; Setti, S.

**Periódico:** Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy, 2007, Vol. 15, p. 830-834.

**Link:** <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17333120/>

Mostra estudos clínicos em 34 pacientes submetidos à artroscopia, sendo que somente 31 foram até o final do tratamento. A conclusão é que o PEMF é um excelente tratamento para o controle de inflamação em pacientes que fizeram artroscopia.

## Artigo #20 - Terapia a laser de baixa intensidade (LLLT) na pele: estimulando, curando, restaurando

**Título:** Low-level laser (light) therapy (LLLT) in skin: stimulating, healing, restoring

**Autores:** Avci, P.; Gupta, A.; Sadasivam, M.; Vecchio, D.; Pam, Z.; Pam, N.; Hamblin, M. R.

**Periódico:** Seminars in Cutaneous Medicine and Surgery, 2013.

**Link:** <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24049929/>

Esse trabalho discorre sobre a LLLT e os benefícios proporcionados das aplicações na pele, tanto na regeneração musculocutânea como em processos de cicatrização. Além disso, cita o resultado de pesquisas clínicas desenvolvidas por outros autores. Em um dos estudos, feitos por Weiss et al, 300 pacientes foram submetidos a terapia por LED e 600 pacientes foram submetidos ao LED combinado com outra terapia. Entre os pacientes que receberam só o LED, 90 % relataram melhoria na qualidade da pele.

Nas suas conclusões o trabalho cita que o LLLT parece ter uma ampla gama de aplicações em dermatologia, especialmente nas estimulações de cura, redução da inflamação, redução da morte celular, nos processos de rejuvenescimento.

## Artigo #22 - Resultados de campo eletromagnético pulsado de longo prazo (PEMF) em pseudartrose congênita

**Título:** Long-term pulsed electromagnetic field (PEMF) results in congenital pseudarthrosis

**Autores:** Bassett, C. A. L.; Schin-Ascani, M.

**Periódico:** Calcified Tissue International, 1991, Vol. 49, p. 216–220.

**Link:** <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1933587/>

Esse trabalho apresenta estudos clínicos na área de regeneração óssea e osteoarticular, em 91 pacientes. As tabelas abaixo exemplificam o resumo dos estudos:

**Table 1.** Results of PEMF treatment in 91 patients

Roentgenographic type	No.	% Total	Management	Healed/Failed <sup>a</sup>		% Success	Group success (%)
I	19	21	Coils alone	7	1	88	69
			Coils + 1 op	4	3	57	
			Coils + multi-op	2	2	50	
II	41	45	Coils alone	16	4	80	73
			Coils + 1 op	11	2	85	
			Coils + multi-op	3	5	38	
III	31	34	Coils alone	1	12	7	19
			Coils + 1 op	2	6	25	
			Coils + multi-op	3	7	30	
Total	91			49	42		54

<sup>a</sup> Healed includes only those cases with bony union, unrestricted function, and no requirement for any form of exoskeleton

**Table 2.** Age and type of all patients

Type	Healed		Failed	
Average	Age at fracture (yr)	Age at Rx (yr)	Age at fracture (yr)	Age at Rx (yr)
I	5	7.6	5	6.7
II	4.9	7.7	2.9	4.8
III	1.3	2.4	1.2	3.9

**Table 4.** Failed case characteristics (Averages)

Age at fracture	1.8 years	(2 mo–11.5 yr)
Disability time before PEMFs	2 years	(1 mo–14 yr)
Number ops before PEMFs	1.4	(0–8)
Age at start of PEMFs	4 years	(6 mo–14.9 yr)
Length of PEMF Rx	1.5 years	(3 mo–4.1 yr)
Age at most recent analysis	N.A.	N.A.
Length of follow-up	N.A.	N.A.

N.A. = not applicable

## Artigo #24 - Fototerapia com LED melhora recuperação muscular após exercício danificante

**Título:** Light-emitting diode phototherapy improves muscle recovery after a damaging exercise

**Autores:** Borges, L. S.; Cerqueira, M. S.; Santos Rocha, J. A.; Conrado, L. A. L.; Machado, M.; Pereira, R.; Neto, O. P.

**Periódico:** Lasers in Medical Science, 2013, Vol. 29, p. 1139–1144.

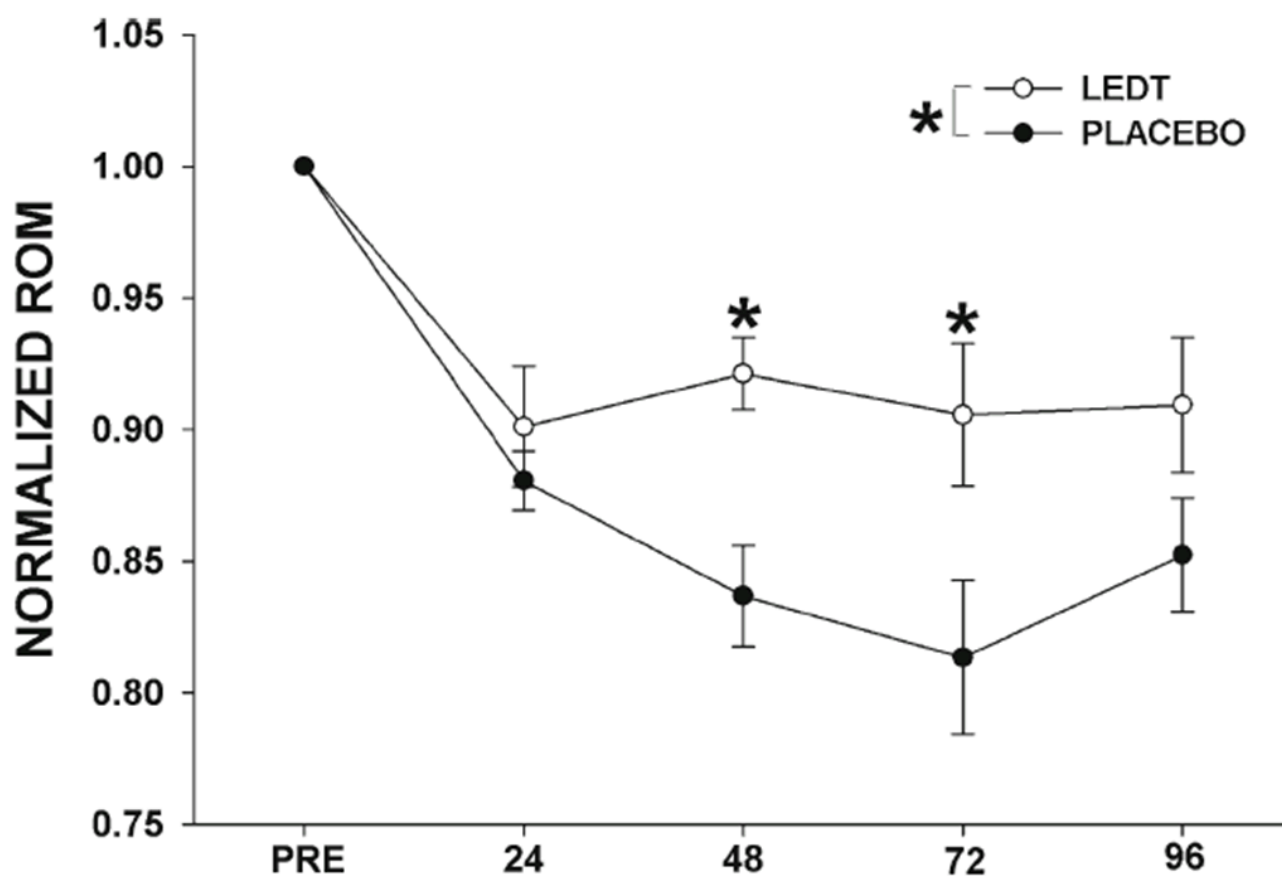
**Link:** <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24258312/>

Esse trabalho foi desenvolvido para determinar a eficiência da terapia de LED na recuperação muscular. Foram criados dois grupos com 8 e 9 mulheres respectivamente. O grupo com 8 mulheres utilizou o LED e o outro grupo utilizou um equipamento placebo. Na Tabela abaixo pode-se observar dados dos grupos:

**Table 2** Mean  $\pm$  SE of anthropometric characteristics, exercise load, and baseline values of muscle soreness and elbow ROM from LEDT and PLACEBO groups

	LEDT	PLACEBO
Age (years)	22 $\pm$ 1	21 $\pm$ 2
Height (cm)	172 $\pm$ 4	175 $\pm$ 2
Weight (kg)	67 $\pm$ 4	76 $\pm$ 4
Isometric muscle strength (N)	224 $\pm$ 25	240 $\pm$ 24
exercise load (kg)	22 $\pm$ 2	24 $\pm$ 2
muscle soreness (cm)	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0
elbow ROM (deg)	134 $\pm$ 2	131 $\pm$ 4

Na figura a seguir pode-se observar a comparação dos resultados dos dois grupos:



**Fig. 2** Normalized range of motion (ROM) (mean  $\pm$  SE) from LEDT and PLACEBO groups before (PRE), and 24, 48, 72, and 96 h after an eccentric exercise bout. (\*) Significant difference between groups ( $p < 0.05$ )



## Artigo #27 - Exposição a campos eletromagnéticos pulsados de baixa frequência aumenta produção de interleucina-1 e interleucina-6 por células mononucleares humanas do sangue periférico

**Título:** Exposure to low frequency pulsed electromagnetic fields increases interleukin-1 and interleukin-6 production by human peripheral blood mononuclear cells

**Autores:** Cossarizza, A.; Angioni, S.; Petraglia, F.; Genazzani, A. R.; Monti, D.; Capri, M.; Bersani, F.; Cadossi, R.; Franceschi, C.

**Periódico:** Experimental Cell Research, 1993, Vol. 204, p. 385–387.

**Link:** <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8440336/>

Neste trabalho foi demonstrado, em um grupo de 16 doadores, que a exposição a PEMF foi capaz de aumentar significativamente a produção in vitro de duas citocinas importantes.

### Production of IL-6 in PEMF-Exposed PBMC Cultures

Hours	Stimulus	Control	Exposed	P
24	None	0.50 ± 0.22	0.58 ± 0.32	NS
24	PHA 1 µl/ml	3.24 ± 0.75	3.97 ± 0.68	<0.03
48	None	0.49 ± 0.25	0.94 ± 0.37	<0.04
48	PHA 1 µl/ml	3.88 ± 0.54	4.49 ± 0.52	<0.018

*Note.* The production of IL-6 in the supernatants of phytohemagglutinin (PHA)-stimulated PBMC cultures was measured by ELISA. Data are expressed in ng/ml (arithmetic mean ± SEM) and refer to six young healthy donors. Statistical analysis was performed by two-tail paired Student's *t* test.

## Artigo #28 - Terapia por LED antes de partidas previne aumento de creatina-quinase com resposta de dose leve em jogadores de voleibol

**Título:** Light-emitting diode therapy (LEDT) before matches prevents increase in creatine kinase with a light dose response in volleyball players

**Autores:** Ferraresi, C.; Dos Santos, R. V.; Marques, G.; Zangrande, M.; Leonaldo, R.; Hamblin, M. R.; Bagnato, V. S.; Parizotto, N. A.

**Periódico:** Lasers in Medical Science, 2015, Vol. 30, p. 1281–1287.

**Link:** <https://link.springer.com/article/10.1007/s10103-015-1728-3>

Esse trabalho montou 4 grupos de aplicação diferentes, que foram utilizadas em um grupo de 12 atletas antes de 4 jogos de vôlei. O trabalho concluiu que a aplicação do LEDT foi efetiva na prevenção de problemas musculares dos jogadores.

## Artigo #32 - Resposta funcional in vitro de células tendinosas humanas a diferentes dosagens de campo eletromagnético pulsado de baixa frequência

**Título:** In vitro functional response of human tendon cells to different dosages of low-frequency pulsed electromagnetic field

**Autores:** Girolamo, L.; Vigano, M.; Galliera, E.; Stanco, D.; Setti, S.; Marazzi, M. G.; Thiebat, G.; Romanelli, M. M. C.; Sansone, V.

**Periódico:** Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy, 2013.

**Link:** <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24957914/>

Foram isoladas células de tendões humanos e expostas a diferentes PEMFs:

**Table 1** Experimental scheme of hTCs PEMF treatments

Treatment	Field intensity (mT)	Length of exposure (h)	No. of exposures
1.5 mT-PEMF	1.5	8	1
		12	
R-1.5 mT-PEMF	1.5	8	3
		12	
3 mT-PEMF	3	8	1
		12	

1,5 MT- PEMF tratamento foi capaz de dar os melhores resultados na cultura de células saudáveis de tendões in vitro, em termos de regulação do gene específico do tendão, em processos anti-inflamatórios e fatores de crescimento. Apesar da relevância clínica não ser direta, esta investigação deve ser considerada como a primeira tentativa de esclarecer o efeito dos diferentes protocolos de PEMF aplicados em tendões e pode ter uma aplicabilidade na medicina regenerativa, tanto em tratamento cirúrgico, como em tratamento conservador para distúrbios de tendões.

## Artigo #33 - Mecanismos da terapia de luz de baixo nível

**Título:** Mechanisms of low level light therapy

**Autores:** Hamblin, M. R.; Demidova, T. N.

**Periódico:** The International Society for Optical Engineering, 2006.

**Link:** [https://www.researchgate.net/publication/260866993\\_Mechanisms\\_of\\_low\\_level\\_light\\_therapy](https://www.researchgate.net/publication/260866993_Mechanisms_of_low_level_light_therapy)

A utilização de baixos níveis de luz visível ou próximo do infravermelha para reduzir a dor, a inflamação e o edema, promovendo a cura de feridas mais profundas de tecidos e nervos, evitando danos no tecido, é conhecida há quase 40 anos desde a invenção de lasers. Originalmente pensado para ser uma propriedade peculiar a luz laser, o LLLT agora foi ampliado para incluir fotobiomodulação e fotobioestimulação usando a luz não coerente. Esse trabalho relata diversas aplicações da utilização do LLT e cita vários trabalhos científicos como referência.

## Artigo #40 - Efeito da fototerapia (terapia a laser de baixa intensidade e LED) sobre desempenho de exercício e marcadores de recuperação de exercício: revisão sistemática com meta-análise

**Título:** Effect of phototherapy (low-level laser therapy and light-emitting diode therapy) on exercise performance and markers of exercise recovery: a systematic review with meta-analysis

**Autores:** Leal Junior, E. C. P.; Vanin, A. A.; Miranda, E. F.; de Carvalho, P. T. C.; Dal Corso, S.; Bjordal, J. M.

**Periódico:** Lasers in Medical Science, 2015, Vol. 30, p. 925–939.

**Link:** <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24249354/>

Esse trabalho faz uma revisão bibliográfica de outros trabalhos. Ao longo do trabalho são apresentadas tabelas comparativas dos trabalhos analisados, sendo que ao final o estudo conclui que a irradiação com diferentes comprimentos de onda (vermelho e infravermelho) parece induzir um efeito de melhoria no desempenho muscular. Há também indicativos que a fototerapia pode preservar os tecidos musculares contra lesões musculares e acelerar a recuperação dos mesmos quando o paciente é submetido às luzes antes dos exercícios.

## Artigo #41 - Uso adjunto de combinação de laser super-pulsado e LEDs em fototerapia para dor de joelho não específica: ensaio randomizado duplo-cego com placebo

**Título:** Adjunctive use of combination of super-pulsed laser and light-emitting diodes phototherapy on nonspecific knee pain: double-blinded randomized placebo-controlled trial

**Autores:** Leal Junior, E. C. P.; Johnson, D. S.; Saltmarche, A.; Demchak, T.

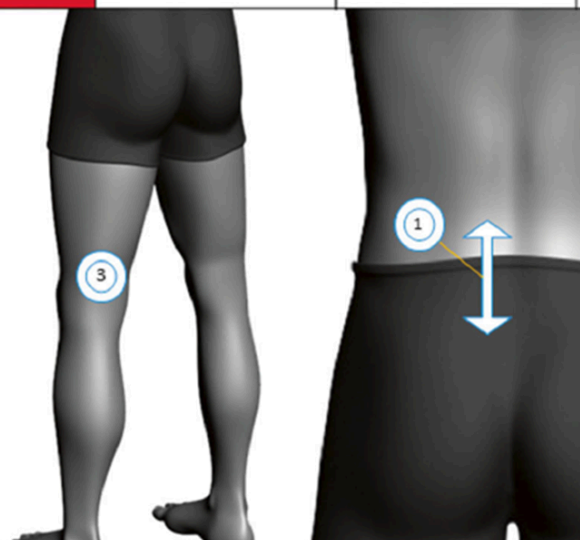
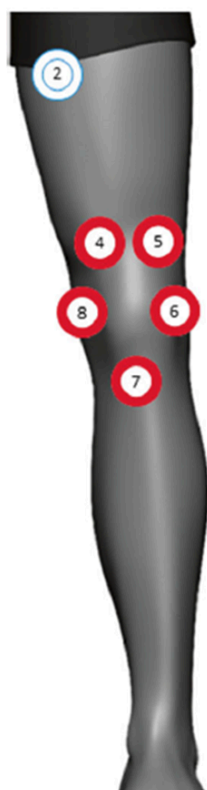
**Periódico:** Lasers in Medical Science, 2014, Vol. 29, p. 1839–1847.

**Link:** <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24844921/>

Foram recrutados 86 pacientes e separados em dois grupos. Os pacientes recrutados apresentavam dor no joelho, classificados em 30 ou mais na escala de dor.

### Research Protocol: Knee Pain

Zone	Location	Emitter	Frequency	Time
1	Nerve roots of L2, L3 + L4	LaserShower (scanning 1 cm per second) Emitter 1	1000 Hz	2 minutes on the affected side
2	Inguinal lymph ducts	LaserShower (static) Emitter 1	1000 Hz	2 minute
3	Popliteal fossa	LaserShower (static) Emitter 1	50 Hz	3 Minutes on the affected knee
4-8	Medial, Lateral, 2 Superior and Inferior Knee Joint	SE25 (static) Emitter 2	1000 Hz 250 Hz	Tx 1-4 Tx: 5-12 1 minutes each location on the affected knee



Frequency	Time
3 times per week	12 minutes per session
Up to 12 tx	4 weeks
Follow up	30 days post D/C

A conclusão do trabalho indica que a combinação dos tratamentos diminui a dor e melhora componentes físicos dos pacientes, assim como aspectos mentais (saúde mental, funcionamento social, emocional, vitalidade e outros indicadores dos componentes mentais). O trabalho também diz que a combinação de diferentes comprimentos de onda pode ser uma alternativa terapêutica no campo da fototerapia.

## Artigo #42 - Efeito de terapia LED multi-diodo em fadiga muscular induzida por exercício e recuperação muscular esquelética em humanos

**Título:** Effect of cluster multi-diode light emitting diode therapy (LEDT) on exercise-induced skeletal muscle fatigue and skeletal muscle recovery in humans

**Autores:** Leal Junior, E. C. P.; Lopes-Martins, R. A. B.; Rossi, R. P.; De Marchi, T.; Baroni, B. M.; de Godoi, V.; Marcos, R. L.; Ramos, L.; Bjordal, J. M.

**Periódico:** Lasers in Surgery and Medicine, 2009, Vol. 41, p. 572–577.

**Link:** <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19731300/>

Esse trabalho foi realizado em 10 homens jogadores de vôlei com idade média de 23,6 anos, que foram divididos randomicamente em dois grupos: Grupo placebo e outro que recebeu as aplicações. As aplicações foram feitas por LEDs nos bíceps dos jogadores logo após os exercícios.

Foi concluído no trabalho que a aplicação do LED provoca um ligeiro atraso no desenvolvimento da fadiga muscular e diminui os níveis de lactato no sangue e inibe a liberação de creatina quinase e a proteína C reativa.