



DOI: <https://doi.org/10.70208/3007.8245.v6.n1.377>

Gradiente térmico experimental en las agujas de acupuntura en un tratamiento típico

Mario D. Espinoza Flores

esp.dan@outlook.com

<https://orcid.org/0009-0009-5003-9716>

Universidad Estatal del Valle de Toluca
México

Eugenio Torres Garcia

etorresg@uaemex.mx

<https://orcid.org/0000-0002-3847-0554>

Universidad Autónoma del Estado de México
Mexico

Mario Flores-Reyes

mario.flores.reyes22@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-1276-086X>

Universidad Estatal del Valle de Toluca
México

Rocío Torres-García

rocio.torres.garcia28@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-3148-6413>

Universidad Estatal del Valle de Toluca
México

RESUMEN

Introducción: Las agujas son el principal instrumento utilizado en cualquier técnica de acupuntura, por lo que el estudio de su comportamiento térmico es indispensable para determinar si éste fenómeno podría influir en los resultados de un tratamiento típico que excluye a la moxibustión y la aguja de fuego. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue determinar el gradiente de disminución de temperatura a lo largo de la aguja fuera del paciente en función de la profundidad insertada en el mismo en tratamientos convencionales de acupuntura. Método: Se insertó una aguja dentro de un recipiente de unicel a profundidad de 5, 10, 15 y 20 mm. Para cada profundidad inmediatamente después se midió la temperatura sobre la aguja a las distancias de 0, 5, 10, 15 y 20 mm. Se analizó la influencia de la profundidad de inserción de la aguja sobre el cambio de temperatura a lo largo de ésta fuera del paciente. Resultados: Se determinó el gradiente térmico sobre la aguja de 0 a 20 mm de distancia del maniquí hacia afuera. Conclusiones: En un tratamiento de acupuntura convencional, el gradiente térmico de la aguja fuera del paciente tratado con acupuntura no depende de la profundidad de inserción de ésta en el paciente.

Palabras clave: Agujas de acupuntura; Acupuntura; Comportamiento térmico



Thermal Gradient in acupuncture needles in a typical treatment

ABSTRACT

Introduction: Needles are the primary instrument used in any acupuncture technique, making the study of their thermal behavior is essential to determine whether this phenomenon could influence the results of a typical treatment which excludes moxibustion and fire needle. Therefore, the objective of this study was to determine the temperature gradient of the needle outside the patient as a function of its insertion depth during conventional acupuncture treatments. **Method:** A needle was inserted into a polystyrene container to a depth of 5, 10, 15, and 20 mm. For each depth, the temperature on the needle was immediately measured at 0, 5, 10, 15, and 20 mm distances. The influence of the needle insertion depth on the temperature change of the section of the needle outside the patient was analyzed. **Results:** The thermal gradient along the needle was determined from 0 to 20 mm away from the phantom. **Conclusions:** In conventional acupuncture treatment, the thermal gradient of the needle outside the patient being treated with acupuncture does not depend on the insertion depth of the needle into the patient.

Keywords: Acupuncture needles, Acupuncture, Thermal behavior



INTRODUCCIÓN

La acupuntura consiste en la inserción de agujas esterilizadas sobre la superficie corporal en puntos específicos de la piel denominados puntos de acupuntura; Se desempeña como una intervención médica complementaria, no farmacológica, que forma parte de la Medicina Tradicional China (Álvarez Monjarás, 2014), estableciendo sus orígenes desde hace más de 3000 años, conserva sus fundamentos en la corriente filosófica del taoísmo (Reyes G., 2008; Zhu et al., 2021), y bajo estos principios se formulan en gran medida los diagnósticos y tratamientos de esta disciplina (Dalmau-Santamaria, 2018). Una aguja de acupuntura es un instrumento médico flexible, de cuerpo delgado y punzante, que puede ser elaborado de metales como oro, plata, cobre o zinc. Sin embargo, la mayoría de ellas son elaboradas con acero inoxidable (Hayhoe et al., 2002), las aleaciones de acero inoxidable más utilizadas en su fabricación son 304 y 316, los cuales corresponden a la composición habitual del material médico (Hwang et al., 2010).

Además de tratamiento de acupuntura típico, las agujas para acupuntura pueden ser utilizadas como medio de transmisión de calor en técnicas como la moxibustión y la aguja de fuego (Jo et al., 2022); La primera, involucra la combustión de la planta *Artemisia vulgaris* en el mango de una aguja insertada en la superficie corporal, lo que provoca que la aguja se caliente y transmita calor a través de la misma hacia el punto de acupuntura, esta técnica es utilizada en padecimientos como osteoartritis (Jun et al., 2022), hernias discales (Lu et al., 2021) y espasticidad (Yang et al., 2018). Por otro lado, la técnica de aguja de fuego consiste en calentar una aguja al rojo vivo para posteriormente realizar repetidas inserciones en el cuerpo, esta técnica es usada en algunos tipos de lesiones tegumentarias como verrugas (Zhang et al., 2021), psoriasis (Liu et al., 2021), vitiligo (Luo et al., 2020) y acné (Xing et al., 2019).

Las agujas son el principal instrumento utilizado en este tipo de terapias, por lo que el estudio de su comportamiento térmico es indispensable para comprender lo que ocurre en un tratamiento con acupuntura, el asunto de la transmisión de calor a través de las agujas no es aislado, ya que anteriormente se ha determinado mediante simulación Monte Carlo la transferencia de calor de agujas de distintas composiciones (Tzou et al., 2015). Sin embargo, experimentalmente o en la práctica clínica



se tienen 2 variables que influyen en la transferencia de calor a través de las agujas del cuerpo del paciente al exterior. La primera es la profundidad, ya que no se conoce en qué medida se ve afectada la transferencia de calor en función de la profundidad de inserción de la aguja en el paciente, la segunda es la temperatura ambiental que influye en la difusión de calor al medio ambiente.

Existen reportes de lo mencionado, donde se describe el comportamiento térmico de las agujas en técnicas como la moxibustión y sugieren que el cambio de temperatura en función de la distancia se comporta de manera exponencial (“Dev. Heat Transf.,” 2012; Jo et al., 2022). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo es determinar el gradiente de disminución de temperatura de la aguja de acupuntura en función de la profundidad insertada en el paciente en tratamientos convencionales de acupuntura.

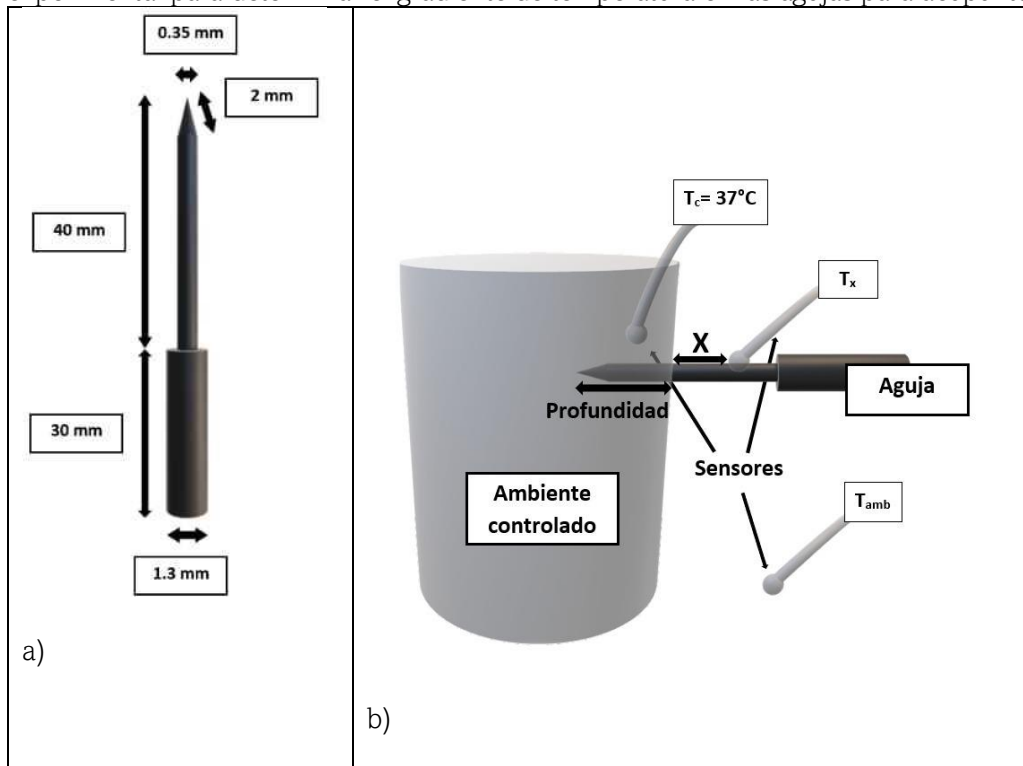
METODOLOGÍA

El estudio se realizó con agujas de acupuntura convencionales de acero inoxidable 304, de la marca “Beijing Zhongyan Taihe Medical Instrument Co. Ltd” con las características mostradas en la **Figura 1 a).**

Las medidas se realizaron en un ambiente de laboratorio controlado, la temperatura ambiental (T_{amb}) durante los experimentos siempre se mantuvo en 22 ± 0.5 °C, la humedad ambiental en $40\% \pm 2\%$, sin corrientes de aire dentro del laboratorio. El paciente fue simulado con un vaso de unicel con agua purificada, siempre con volumen constante. El agua calentada para el experimento se colocó en el recipiente aproximadamente a 38 °C, pero el experimento se realizaba hasta que el agua llegaba a $T_0 = 37$ °C, ya que esta es la temperatura promedio del cuerpo humano (Geneva et al., 2019), entonces se procedía a insertar las agujas dentro del recipiente de unicel como se muestra en la **Figura 1b).** Inmediatamente después se midió la temperatura sobre la aguja. La distancia de la base del contenedor a la aguja siempre se mantuvo constante a 4 cm.



Figura 1. a) Medidas de las agujas de acupuntura utilizadas en el presente experimento. b) Arreglo experimental para determinar el gradiente de temperatura en las agujas para acupuntura



La temperatura se midió en la parte de la aguja que estaba fuera del contenedor con agua, midiendo la temperatura T_x sobre la aguja en la región con longitud X mostrada en la **Fig.1 b)**, se usó un termopar digital tipo K/J con dos sensores previamente calibrado marca UNI-T, modelo UT320D con resolución de 0.1°C y velocidad de respuesta de 1s aproximadamente. El termopar se colocó a la distancia $X=0$, 5, 10, 15 y 20 mm de la superficie del contenedor midiendo la temperatura T_x en cada posición de la aguja insertada a una profundidad previamente determinada. Para cada posición del termopar a una profundidad específica se realizaron 5 medidas de T_x , además las medidas se realizaron en 5 agujas nuevas diferentes insertadas a la misma profundidad, todos los resultados anteriores formaron un grupo. Lo anterior se repitió para profundidades de inserción de 5, 10, 15 y 20 mm que corresponden a los grupos A, B, C y D respectivamente.

Antes de insertar las agujas en el contenedor su temperatura era igual a T_{amb} . Por principio termodinámico, el calor del agua a $T_0 = 37^\circ\text{C}$ dentro del vaso de unicel fluye hacia el medio ambiente que esta más frio, lo que provocó que la temperatura inicial T_0 disminuyera durante la realización del experimento, pero solo permitíamos que esta disminución fuera menor o igual a 0.2°C durante la

medición de T_x , por lo que se puede considerar que T_0 es constante y que no influye en la medición de T_x , entonces esta cantidad solo depende T_{amb} y la distancia X .

Por lo anterior, el incremento de temperatura (I_T) en la aguja insertada en el agua caliente solo depende de T_{amb} y T_x , y fue determinada con la ecuación 1,

$$I_T = T_x - T_{amb} \quad ec. 1$$

A los datos del I_T para los grupos A, B, C y D se les ajusto una función matemática para construir el gradiente térmico en la aguja en cada profundidad de inserción, de tal manera que este nos permite determinar el cambio en la temperatura de la parte de la aguja que queda fuera del paciente simulado en tratamientos de acupuntura convencionales. El ajuste de la función matemática a los puntos de I_T se realizó mediante el algoritmo de iteración de Levenberg-Marquardt (método de mínimos cuadrados amortiguados) (Jarmołowski, 2017).

Finalmente se analizó la influencia de la profundidad de inserción en las agujas con el cambio en el gradiente térmico determinado en el paso anterior.

La estadística sobre los conjuntos de datos de I_T a distintas profundidades se realizó con la prueba *t de Student* para dos grupos independientes comparando siempre el grupo A contra los demás, de esta manera se determinó si existe o no diferencia estadística significativa entre las medias de dos grupos de datos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

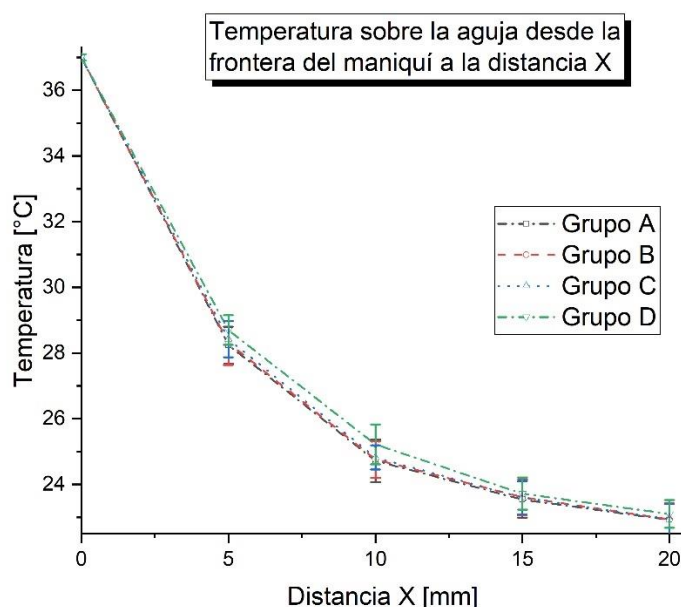
Los datos de la medición experimental de la temperatura T_x se muestran en la **Tabla 1** para los 4 grupos y su comportamiento gráfico de la disminución de la temperatura en función de la distancia con la superficie del contenedor de agua se muestra en la **Figura 2**.



Tabla 1. Temperatura promedio medida en la aguja a la distancia variable **X** que va de la superficie del contenedor de agua de 0 a 20 mm.

Distancia X (mm)	Promedio de la temperatura medida (T_x) por grupo de estudio ($^{\circ}\text{C}$)			
	A (inserción 5mm)	B (inserción 10mm)	C (inserción 15mm)	D (inserción 20mm)
0	37 ± 0.1	37 ± 0.1	37 ± 0.1	37 ± 0.1
5	28.24 ± 0.56	28.31 ± 0.67	28.42 ± 0.55	28.7 ± 0.45
10	24.72 ± 0.65	24.76 ± 0.56	24.82 ± 0.37	25.22 ± 0.61
15	23.54 ± 0.55	23.61 ± 0.55	23.6 ± 0.51	23.72 ± 0.49
20	22.92 ± 0.48	22.93 ± 0.5	22.94 ± 0.46	23.1 ± 0.42

Figura 2. Disminución de la temperatura neta (T_x) sobre la aguja en función de la distancia a la superficie del maniquí para los grupos de datos A, B, C, y D.



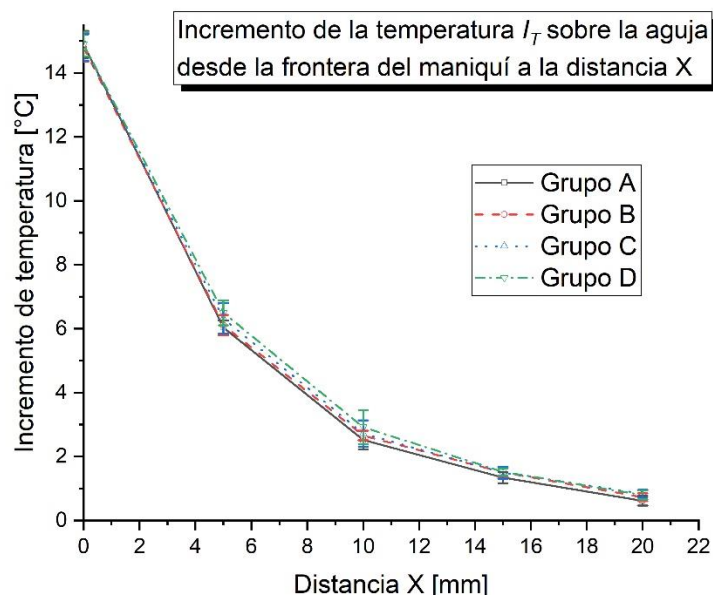
Por otro lado, los datos numéricos del incremento de temperatura en la aguja (I_T) que se determinaron con la ecuación 1 se muestran en la **Tabla 2**, para las distintas profundidades de inserción de la aguja en el maniquí,

Tabla 2. Incremento de la temperatura de la aguja I_T a distintas distancias de la frontera del maniquí.

Distancia X (mm)	Promedio del incremento de la temperatura por grupo de estudio $I_T = T_x - T_{amb} (°C)$			
	A	B	C	D
0	14.9 ± 0.42	14.88 ± 0.44	14.92 ± 0.41	14.94 ± 0.38
5	6.14 ± 0.22	6.19 ± 0.32	6.34 ± 0.48	6.64 ± 0.39
10	2.62 ± 0.29	2.64 ± 0.15	2.74 ± 0.41	3.16 ± 0.53
15	1.44 ± 0.17	1.51 ± 0.15	1.54 ± 0.19	1.66 ± 0.11
20	0.62 ± 0.15	0.73 ± 0.12	0.84 ± 0.12	0.8 ± 0.14

Los datos de la **Tabla 2** se muestran graficados en la **Figura 3**, los cuales muestran un comportamiento similar a los mostrados en la **Figura 2** que corresponden a la temperatura neta sobre la aguja a la distancia X.

Figura 3. Disminución de la temperatura (I_T) sobre la aguja en función de la distancia a la superficie del maniquí para los grupos de datos A, B, C, y D



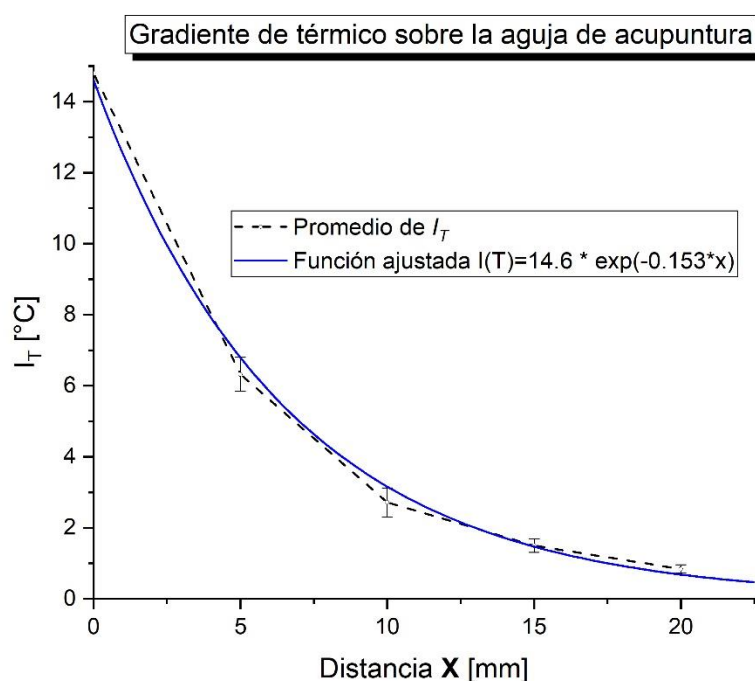
De los resultados anteriores, se realizó la discusión que a continuación se presenta.



De acuerdo con la prueba t de Student, para la temperatura neta a lo largo de la aguja en el punto X que fue llamada T_x ni para el incremento de temperatura real I_T hubo diferencia estadísticamente significativa al comparar el grupo A contra B, C y D, por lo que se puede afirmar que T_x e I_T son independientes de la profundidad de inserción de la aguja en el maniquí. Es decir, sin importar cuanto se inserte la aguja en el paciente, la temperatura sobre la aguja será la misma a una distancia fija fuera del paciente, por lo menos para las profundidades de inserción manejadas en el presente trabajo.

Por lo anterior, el gradiente térmico se puede representar con una función que se ajustó al promedio de I_T el cual se muestra la **Figura 4**, de tal manera que este nos permite determinar el cambio en la temperatura de la parte de la aguja que queda fuera del paciente simulado en tratamientos de acupuntura convencionales.

Figura 4. Gradiente de temperatura sobre la aguja fuera del paciente en tratamiento de acupuntura



Se observa que la temperatura neta de la aguja disminuye de forma mono-exponencial, indicando que el coeficiente de disipación de calor es constante para la distancia de 0 a 20 mm de la aguja en el intervalo térmico de 37°C hasta T_{amb} . A partir de 20 mm la temperatura de la aguja es prácticamente igual a la temperatura ambiental.

Lo anterior concuerda con lo que previamente se había determinado en la simulación Monte Carlo (Tzou et al., 2015), aun cuando en la simulación no se consideró la temperatura ambiente real y profundidad de inserción en el paciente.

Con base en la literatura cambios de temperatura en el intervalo de 37°C a T_{amb} no produce cambios en las propiedades físicas o químicas del acero de la aguja, por lo que este calentamiento que sufre la aguja ni la profundidad de inserción en el paciente podrían considerarse como factores que influyen en los resultados de la acupuntura en tratamientos convencionales.

CONCLUSIONES

El gradiente térmico de la aguja fuera del paciente tratado con acupuntura no depende de la profundidad de inserción de ésta, por lo que la profundidad de inserción pareciera no ser un parámetro del cual dependan los resultados de un tratamiento típico de acupuntura, tampoco se puede extrapolar los resultados a tratamientos con técnicas como moxibustión o aguja de fuego.

En la práctica clínica los acupunturistas insertan a distintas profundidades las agujas en los pacientes debido a las distintas habilidades adquiridas durante su preparación, pero los resultados del presente manuscrito indican que esto no es un parámetro que influya en el resultado del tratamiento, por lo menos desde el punto de vista de la cantidad de calor que escapa del paciente a través de las agujas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez Monjarás, M. (2014). Medicina tradicional china: la clínica oriental y su relación con el paradigma psicológico occidental. *Psicología Iberoamericana*, 22(1), 72–80.

<https://doi.org/10.48102/pi.v22i1.148>

Dalmau-Santamaria, I. (2018). Fundamentos teóricos para la práctica clínica de la acupuntura-medicina china. *Revista Internacional de Acupuntura*, 12(4), 126–132.

<https://doi.org/10.1016/j.acu.2018.11.001>

Developments in Heat Transfer. (2012). In Dos_Santos-Bernardes (Ed.), *Developments in Heat Transfer*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/822>

Geneva, I. I., Cuzzo, B., Fazili, T., & Javaid, W. (2019). Normal body temperature: A systematic review. *Open Forum Infectious Diseases*, 6(4), ofz032. <https://doi.org/10.1093/ofid/ofz032>



- Hayhoe, S., McCrossan, M., Smith, A., Ellis, D., Croft, S., & Man, F. M. (2002). Single-use acupuncture needles: Scanning electron-microscopy of needle-tips. *Acupuncture in Medicine*, 20(1), 11–18. <https://doi.org/10.1136/aim.20.1.11>
- Hwang, H. S., Yang, E. J., Ryu, Y. H., Lee, M. S., & Choi, S. M. (2010). Electrochemical Corrosion of STS304 Acupuncture Needles by Electrical Stimulation. *JAMS Journal of Acupuncture and Meridian Studies*, 3(2), 89–94. [https://doi.org/10.1016/S2005-2901\(10\)60017-9](https://doi.org/10.1016/S2005-2901(10)60017-9)
- Jarmołowski, W. (2017). Fast Estimation of Covariance Parameters in Least-Squares Collocation by Fisher Scoring with Levenberg–Marquardt Optimization. *Surveys in Geophysics*, 38(4), 701–725. <https://doi.org/10.1007/s10712-017-9412-8>
- Jo, H. R., Choi, S. K., Sung, W. S., Lee, S. D., Lee, B. W., & Kim, E. J. (2022). Thermal Properties of Warm- versus Heated-Needle Acupuncture. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2022(1), 4159172. <https://doi.org/10.1155/2022/4159172>
- Jun, J. H., Choi, T. Y., Robinson, N., Park, J. Y., Jun, E. Y., Kim, K. H., Lee, H. W., Lee, M. S., & Park, S. (2022). Warm needle acupuncture for osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. *Phytomedicine*, 2022(1), 4159172. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2022.154388>
- Liu, L., Sun, X. Y., Lu, Y., Song, J. K., Xing, M., Chen, X., Luo, Y., Ru, Y., Chen, S. T., Li, H. J., Li, B., & Li, X. (2021). Fire Needle Therapy for the Treatment of Psoriasis: A Quantitative Evidence Synthesis. *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 27(1), 24–37. <https://doi.org/10.1089/acm.2019.0409>
- Lu, T., Zhang, J., Lv, Y., & Wu, Y. (2021). The effect of warm needle moxibustion on lumbar disc herniation. *American Journal of Translational Research*, 13(5), 5059–5065.
- Luo, Y., Qian, W., Dai, T., Ru, Y., Sun, X., Kuai, L., Liu, L., Xing, M., Zheng, Q., Zhang, Y., Chen, X., Zhao, H., Li, B., & Li, X. (2020). A New Therapy for Vitiligo Using Fire Needles: A Systematic Review of Evidence from 3618 Subjects. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2020(1), 8492097. <https://doi.org/10.1155/2020/8492097>
- Reyes G., A. E. (2008). Evolución Histórica De La Medicina Tradicional China. *Comunidad y Salud*, 6(2), 42–49.



- Tzou, C. H. J., Yang, T. Y., & Chung, Y. C. (2015). Evaluation of Heat Transfer in Acupuncture Needles: Convection and Conduction Approaches. *JAMS Journal of Acupuncture and Meridian Studies*, 8(2), 77–82. <https://doi.org/10.1016/j.jams.2014.07.001>
- Xing, M., Yan, X., Sun, X., Wang, S., Zhou, M., Zhu, B., Kuai, L., Liu, L., Luo, Y., Li, X., & Li, B. (2019). Fire needle therapy for moderate-severe acne: A PRISMA systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Complementary Therapies in Medicine*, 44(1), 253–260. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2019.04.009>
- Yang, L., Tan, J. Y., Ma, H., Zhao, H., Lai, J., Chen, J. X., & Suen, L. K. P. (2018). Warm-needle moxibustion for spasticity after stroke: A systematic review of randomized controlled trials. *International Journal of Nursing Studies*, 82(1), 129–138. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2018.03.013>
- Zhang, Y., Jiang, J. S., Kuai, L., Luo, Y., Chen, J. Le, Wang, Y. J., Xu, R., Xing, M., Liu, L., Li, X., & Li, B. (2021). Efficacy and Safety of Fire Needle Therapy for Flat Warts: Evidence from 29 Randomized Controlled Trials. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2021(1), 9513762. <https://doi.org/10.1155/2021/9513762>
- Zhu, J., Li, J., Yang, L., & Liu, S. (2021). Acupuncture, from the ancient to the current. *Anatomical Record*, 304(11), 2365–2371. <https://doi.org/10.1002/ar.24625>

