

Intérêt de la Carboxythérapie Percutanée dans la prise en charge des douleurs et des limitations fonctionnelles post-traumatiques et post-opératoires du membre inférieur

Ratano Salvatore¹, Jovanovic Biljana², Choudja Ouabo Eric²

¹ Département de chirurgie orthopédique, Université de Palerme, Italie

² Chirurgie Orthopédique et de la main, Clinique Bois-Cerf, Hirslanden, 1006 Lausanne /Suisse

Résumé

Les eaux thermales sont connues depuis l'Antiquité pour leurs propriétés thérapeutiques dans différentes pathologies. Depuis la fin du 19^e siècle, certaines d'entre elles ont connu un regain d'intérêt, en particulier, celles riches en CO₂. Leurs propriétés thérapeutiques ont depuis été étudiées dans les pathologies rhumatismales et artérielles en raison de l'augmentation de l'oxygénation tissulaire qu'elles induisent.

Un traumatisme ou une intervention chirurgicale d'un membre a pour corolaire, une diminution de l'oxygénation tissulaire, associée à de l'œdème, des hématomes et des douleurs ayant pour conséquence une limitation fonctionnelle.

Cet article décrit les principes de base de la carboxythérapie percutanée (sans eau thermique et sans injection) et rapporte quelques exemples significatifs de son efficacité suite à un traumatisme ou une intervention chirurgicale aux membres inférieurs.

Son utilisation favorise la diminution rapide des besoins en traitement antalgique et un gain fonctionnel significatif sans effet indésirable. Les contre-indications à ce traitement sont également rapportées.

Mots-clés: Carboxythérapie percutanée, Hématome, œdème, douleur, mobilité articulaire.

Abstract

Thermal waters have been known since Antiquity for their therapeutic properties in various pathologies. Since the end of the 19th century, some of them have experienced a resurgence of interest, in particular those rich in carbon dioxide. Their therapeutic properties have since been studied in rheumatic and arterial pathologies due to the increase in tissue oxygenation they induce.

Trauma or surgery of a limb has the corollary of a decrease in tissue oxygenation, associated with oedema, hematomas and pain resulting in functional limitation.

This article describes the basic principles of percutaneous carbon dioxide therapy (without thermal water and without injection) and reports some significant examples of its effectiveness following trauma or surgery to the lower limbs.

Its use promotes the rapid reduction of analgesic treatment needs and a significant functional gain without adverse effects. Contraindications to this treatment are also reported.

Keywords: Carbon dioxide therapy; hematoma; oedema; pain; joint mobility.



Bild: Shutterstock

Introduction

L'utilisation d'eau thermale comme méthode thérapeutique est séculaire, voir millénaire. En France par exemple, une station thermale connue même avant les Romains s'appelait «Rubiacum» (en raison de la teneur en fer dans l'eau passant à travers des terrains volcaniques). L'eau thermale de Rubiacum, riche en CO₂, suscita l'intérêt d'autres peuples comme les Celtes qui vénéraient ce lieu considéré comme miraculeux. Cependant, après l'invasion des Barbares au V^{ème} siècle, le site est tombé dans l'oubli. Rubiacum est devenu la ville de Royat en Auvergne.

En Allemagne, c'est à Bad Pyrmont, endroit également déjà connu des Romains et des Germains grâce à sa source, que le CO₂ a déjà été utilisé à des fins thérapeutiques, tout comme dans d'autres bains thermaux en Europe, et plus spécialement en l'Europe de l'Est.

En Europe, c'est à Royat que les traitements utilisant le CO₂ se sont particulièrement développés. En 1932, Barriou est le premier à traiter des patients atteints de troubles artériels et veineux par des injections de CO₂ d'origine thermale. En 1946 l'Institut de Recherche de Royat est inauguré.

L'une de première publication scientifique au sujet de l'utilisation thérapeutique du CO₂ a été faite par le Prof Mariano Castex de Buenos Aires en 1934 [1].

Le terme «Carboxythérapie» (CTP) est apparu pour la première fois dans la communauté scientifique en 1995, utilisé par Parassoni lors de la XVI^e Assemblée nationale de médecine esthétique à Rome, et fait référence à l'administration transcutanée ou percutanée de CO₂ à des fins thérapeutiques [2].

Au fil des ans, la carboxythérapie a connu un développement considérable et un consensus sur les effets du CO₂ a été obtenu lors de la Conférence internationale de Fribourg-en-Brisgau, en Allemagne, en 1989 et 1999 [3].

Depuis la seconde moitié du 20^e siècle plus de 400 articles ont été publiés sur la carboxythérapie, aussi appelée carbothérapie ou encore carbocrenothérapie.

Principes physiologiques

Les bases physiopathologiques de l'effet de la carboxythérapie percutanée viennent de la capacité de certains gaz, dont le CO₂, comme déjà démontré par Hediger en 1928, de traverser la barrière cutanée, provoquant ainsi une augmentation de la pCO₂ dans les tissus. Cette augmentation de la pCO₂ peut également être obtenue par l'injection transcutanée de CO₂, technique plutôt utilisée en médecine esthétique [4].

L'augmentation de la pCO₂ induit dans les tissus une réaction entre les molécules d'H₂O et de CO₂, provoquant la formation d'acide carbonique et par conséquent une diminution du pH. L'abaissement du pH diminue l'affinité de l'oxygène à l'hémoglobine et provoque un déplacement vers la droite de la courbe de dissociation O₂-Hb et par conséquent une augmentation de la concentration d'oxygène intra-tissulaire: c'est l'effet Bohr [5].

Mis à part l'augmentation de l'oxygénation tissulaire grâce à l'effet Bohr, l'augmentation de la concentration de CO₂ intra-tissulaire aura en plus d'autres différents effets [6–11,15]:

- une stimulation des récepteurs au chaud et inhibition des récepteurs au froid
- la vasodilatation des artérioles pré-capillaires

- la vasodilatation des segments pré-capillaires entraînant une augmentation de la microcirculation dermique de 3 à 7 fois
- l'augmentation locale de l'apport sanguin par l'ouverture de capillaires fonctionnellement fermés
- l'amélioration de la déformabilité des érythrocytes
- la modification du seuil des thermorécepteurs
- un effet antalgique et anti-inflammatoire par augmentation de l'oxygénation tissulaire
- la stimulation du système lymphatique
- une amélioration de la rhéologie sanguine
- une stimulation du système nerveux sympathique.

Indications

Les principales indications thérapeutiques de la CTP sont les atteintes vasculaires ou les maladies ischémiques comme les troubles artériels périphériques (artériopathie des membres inférieurs), pied diabétique, Maladie de Buerger, le syndrome de Raynaud, l'insuffisance veineuse chronique, et l'insuffisance veineuse-lymphatique chronique, et plus récemment aussi la dysfonction érectile associée à la micro-angiopathie [5].

La CTP est également indiquée lors de de polyneuropathie, en particulier diabétique, [12] en cas de douleurs chroniques de type polymyalgie, ou lors de CRPS type 2 [13].

La CTP a également trouvé des indications dans d'autres branches de la médecine comme la dermatologie, où cette méthode est très utile dans la cicatrisation des plaies, y compris les ulcères de jambe, les troubles capillaires, voir même en cas de psoriasis et de sclérodémie [14].

Dans certains centres thermaux, 4 formes d'applications de CO₂ thermal (contenant au moins 1000 mg/kg/de CO₂ libre) sont employées: la douche de gaz thermal, le bain d'eau gazeuse, l'injection sous-cutanée de gaz thermal et le bain de gaz thermal sec.

En dehors des centres qui utilisent le CO₂ contenu dans l'eau thermale, on doit utiliser du CO₂ médical, comme utilisé par exemple en laparoscopie. C'est cette technique du bain thermal «à sec» que nous avons employée. Dans ce travail, nous avons souhaité démontrer l'utilité de la carboxythérapie percutanée chez quelques patients ayant subi aux membres inférieurs, soit un traumatisme, soit une intervention chirurgicale. Ces cas sont présentés pour démontrer l'efficacité de ce traitement de CTP tant comme traitement antalgique complémentaire que comme «accélérateur» de la régénération des tissus lésés, avec pour corollaire un raccourcissement du temps de récupération et une amélioration plus rapide de la fonctionnalité du membre atteint.

Les indications et les contre-indications à la CTP sont précisés dans le *tableau 1*.

Déroulement du traitement

Un examen médical a lieu lors de la première consultation et permet de déterminer le bien-fondé de la demande de traitement. Cet examen permet aussi de s'assurer de l'absence de contre-indication.

En principe, les patients sont traités dès que possible après le traumatisme ou l'intervention chirurgicale.

Pour augmenter la vitesse et la quantité du passage percutané du CO₂ qui dépend de la température de la peau, le pa-

Tab. 1: Indications et Contre-indication à la Carboxythérapie

Indications	Contre-indications
Hématome, œdème et douleur post-traumatique and post-chirurgicale	Grossesse
Cicatrisation de plaies	Infarctus aigu du myocarde
Déchirure musculaire	Insuffisance respiratoire sévère
Syndrome de Morel-Lavallée	Insuffisance rénale sévère
Vasculopathies	Anémie sévère
Ulcère diabétique	Insuffisance hépatique chronique
CRPS	Infection cutanée
Maladie de Buerger	Gangrène gazeuse
Syndrome de Raynaud	Cancer
Polyneuropathies	Thrombose veineuse profonde
Insuffisance veineuse chronique	Chirurgie vasculaire du membre inférieur au cours des 6 mois précédant
Insuffisance veineuse-lymphatique chronique	
Ulcère de jambe	
Troubles de la peau (pour améliorer le psoriasis, la sclérodermie, la rosacée angiectactique)	

tient peut (et c'est particulièrement conseillé par température extérieure froide, comme en hiver), passer quelques minutes dans un sauna à infra-rouge, chauffé à 50 degrés.

Le patient s'installe ensuite sur la table de traitement, allongé et confortablement installé en décubitus dorsal. Dans cette étude, nous avons utilisé l'appareil de carboxythérapie percutanée CARBO-fit® de Derma Art (Brezice/Slovénie).

La région du corps à traiter est entourée d'une enveloppe étanche, scellée au niveau de l'abdomen (Fig. A). En cas de traitement de la partie supérieure du corps (épaules, bras ou avant-bras) l'enveloppe étanche est scellée au niveau du cou.



Figure A: Installation du patient pendant une séance de Carboxythérapie.

Grâce à une pompe automatique, l'air ambiant est retiré puis remplacé par du CO₂ médical.

Pendant 50 minutes le patient reste dans ce «bain thermal à sec» et peut ainsi se détendre, lire ou dormir.

Pendant la séance, et pour la sécurité du patient et du personnel, la concentration de CO₂ dans l'air de la pièce de traitement est contrôlée en permanence grâce à des capteurs avec alarme. À la fin de la séance, le CO₂ à l'intérieur de l'enveloppe de traitement est retiré automatiquement par la pompe.

L'efficacité de la CTP dépendant de nombreux facteurs (concentration, surface exposée au CO₂, temps de contact, température de la peau). Par rapport à une immersion dans de l'eau thermale, les avantages de cette méthode de traitement sont nombreux: la concentration de CO₂ thérapeutique au contact avec le patient est de pratiquement de 95 à 98%, le temps d'exposition du patient au CO₂ n'est pas limité par l'évaporation du CO₂ thermal dans l'air ambiant et son utilisation n'est pas limitée par la présence à proximité d'une eau thermale.

Le nombre de séances est par ailleurs déterminé par l'état clinique du patient et son évolution après les premières séances de traitement. Dans les cas «aigus» nous avons pu constater l'efficacité de la CTP suite à des séances quotidiennes, voir biquotidienne pendant les premiers jours. La fréquence des séances dans les cas «chroniques» est habituellement de 2 à 3 séances par semaine et ce pendant 2 à 4 semaines.

Habituellement, après 3 à 4 séances, le patient ressent déjà les premiers effets de la CTP.

Cas Cliniques

Cas 1: Post-traumatique – Syndrome de Morel-Lavallée

Patiente de 47 ans (60 kg, 168 cm), qui à la suite d'un accident de la voie publique (scooter contre voiture) a présenté une fracture zygomatoco-maxillaire droite et un important hématome et œdème diffus de l'ensemble du membre inférieur droit avec une limitation presque complète de la mobilité du genou (Fig. 1a–1b). Le diagnostic de syndrome de Morel-Lavallée a été posé avec une délamination sous-cutanée de 20 cm² (EVA initiale: 7–8/10). L'hématome a été drainé chirurgicalement avec une amélioration postopératoire de la flexion du genou jusqu'à 80°. Quelques jours plus tard, un traitement de CTP a débuté. Après 10 jours de traitement, la patiente n'avait plus de douleur, l'hématome et l'œdème étaient considérablement réduits. De plus, la flexion du genou a été améliorée jusqu'à 120° (EVA final: 1–2/10) (Fig. 1c–1d).

Cas 2: Post-traumatique – Entorse de cheville

Une patiente de 57 ans (58 kg, 173 cm) s'était présentée pour une entorse sévère de la cheville droite (EVA initiale: 5/10): elle marchait avec des béquilles et présentait un œdème et un hématome de la malléole externe (Fig. 2a). L'indication a été donnée au traitement de carboxythérapie: 1 fois par jour pendant 5 jours. Après 1 jour de traitement, l'enflure malléolaire a été considérablement diminuée (Fig. 2b); après 4 jours, l'œdème malléolaire a disparu et l'hématome s'est pratiquement complètement résorbé (Fig. 2c). 6 jours après son accident, la patiente a retrouvé une marche fluide sans boiterie et a suivi la rééducation classique après entorse de cheville (EVA finale: 0–1/10).

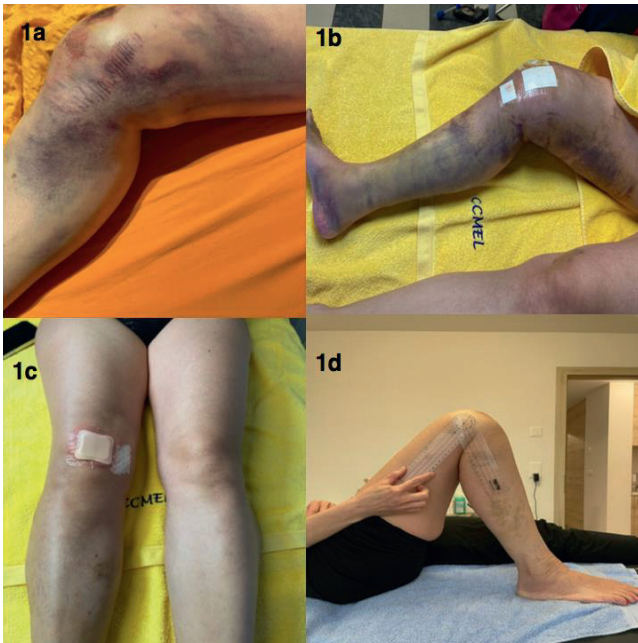


Fig. 1a: Œdème et hématome du membre inférieur après accident de scooter, avant drainage du genou – **Fig. 1b:** Œdème et hématome du membre inférieur après drainage du genou, au début du traitement – **Fig. 1c:** Réduction de l'hématome et de l'œdème après la CTP – **Fig. 1d:** Amélioration de la flexion du genou après CTP.



Fig. 2a: Œdème et hématome de la malléole externe de la cheville droite après entorse – **Fig. 2b:** Améliorations après 1 jour de traitement – **Fig. 2c:** Disparitions de l'œdème malléolaire et de l'hématome après 4 jours de traitement.

Cas 3: Post-traumatique – Déchirure du muscle gastrocnémien

Un patient de 76 ans (70 kg, 172 cm) a été vu en raison d'une forte douleur à la jambe (EVA = 8) suite à une chute à ski: il marchait avec des béquilles sans appui, avec un déficit d'extension du genou gauche de 30°. La douleur était réfractaire au traitement conservateur par AINS. Cliniquement on notait un durcissement de la région gastrocnémienne médiale associée à un hématome dans toute la jambe, de la cheville et du pied (Fig. 3a). L'IRM a mis en évidence une déchirure myotendineuse du muscle gastrocnémien médian et latéral avec un œdème de toute la jambe (Fig. 3b). Le traitement de carboxythérapie a eu lieu à raison d'une fois par jour pendant 5 jours. Le patient a ressenti un soulagement immédiat de la douleur (EVA: 4/10): après 3 jours, il a cessé de prendre des AINS. Après 5 jours, il marchait de manière autonome sans boiterie et la douleur avait disparu (EVA: 0/10) (Fig. 3c-3d). Au contrôle à 5 mois, le patient n'avait pas de trouble, une

amplitude complète du mouvement du genou ainsi qu'une contraction musculaire normale contre et sans résistance.



Fig. 3a: Hématome de la cheville et du pied après chute en ski – **Fig. 3b:** Évaluation par IRM et mise en évidence d'une déchirure du muscle gastrocnémien – **Fig. 3c:** Disparition de l'hématome après 4 jours de traitement – **Fig. 3d:** Disparitions de l'hématome après 4 jours de traitement.



Fig. 4a: Déficit d'extension du genou après reconstruction du Ligament croisé antérieur – **Fig. 4b:** Flexion limitée du genou après reconstruction du ligament croisé antérieur – **Fig. 4c:** Amélioration clinique de la flexion du genou après 7 séances de carboxythérapie.

Cas 4: Post-opératoire – Reconstruction du Ligament croisé antérieur du genou

Un patient de 36 ans (72 kg, 178 cm) a consulté 3 jours après une reconstruction arthroscopique combinée du ligament croisé antérieur (LCA) et du ligament antérolatéral (LAL) du genou avec autogreffe des ischio-jambiers. Il se plaignait de douleur et d'un déficit d'extension du genou de 25° et d'une flexion limitée à 60°, malgré la prise de fortes doses d'antalgiques (EVA: 8-9/10) (Fig. 4a-4b). Après un cycle de 7 séances de CTP, le patient n'avait plus de douleur. La mobilité du genou était nettement améliorée avec une extension complète et une flexion de 90° (EVA finale: 1-2/10) (Fig. 4c). À la fin du traitement de CTP il a pu commencer la phase de rééducation post-chirurgicale.

Conclusion

La carboxythérapie percutanée est un traitement sûr et efficace. Elle permet d'améliorer l'oxygénation des tissus traumatisés. Nous avons constaté dans nos cas cliniques et en particulier dans les cas rapportés, une améliorations significative après traitement de CTP, de l'importance des hématomes, de l'œdème, de même que des douleurs post-chirurgicales et post-traumatiques, confirmée par la diminution, voire la suppression rapide de la prise d'opiacés, d'AINS ou de contre-douleurs.

Cet article présente plusieurs limites à savoir un nombre limité de patients, l'absence de cas contrôle. Malgré les résultats encourageants, des études comparatives avec des cas contrôles et un suivi à long terme sont nécessaires pour confirmer ces résultats et mieux définir le protocole précis d'utilisation de la Carboxythérapie percutanée pour les hématomes, œdème et douleurs post-traumatiques et chirurgicales.

Conflit d'intérêts

RS, BJ et ECO déclarent aucun conflit intérêt concurrent.

Implications pratiques

- La CTP, par ses effets tissulaires, améliore la régénération des tissus lésés, la résorption des hématomes et des œdèmes et diminue de façon importante les douleurs post-traumatiques ou post-chirurgicales, accélérant ainsi la récupération fonctionnelle.
- L'utilisation de la carboxythérapie percutanée, débutée entre J0 et J7, a un net effet antalgique et permet une récupération fonctionnelle plus rapide.
- Quelques contre-indication au traitement par CTP doivent être respectées

Le *Consentement éclairé* des patients a été obtenu tant pour le traitement de CTP que pour la publication des images et des cas cliniques.

Correspondance

Dr. Eric Choudja Ouabo
Chirurgie orthopédique et
traumatologie FMH
Chirurgie du genou
Chemin des Croix-Rouges 2
1007 Lausanne
Tel. +41 21 311 10 66
Fax +41 21 311 34 58
e_choudja@hotmail.com



References

1. Castex M, Di Cio A. El anhidrico carbonico y el carbogeno en el tratamiento de las arteriopatias perifericas; Boletines de la academia nacional de medicina de Buenos Aires, 1934.
2. Albergati F., Parassoni L., Lattarulo P., Varlato V., Curris S.B. Carbossiterapia e vasomotion: comparazione tra immagini video-capillaroscopiche e referti dopplerlaser flow dopo somministrazione di anidride carbonica; Revista La Medicina Estetica.1997.
3. Hartmann B., Results of the Consensus-Finding Conference on Carbon Dioxide Balneotherapy; Z Phys Baln Med Klim, 1990;19:11-12.
4. Staab, K. Carboxytherapy in Aesthetic and Regenerative Dermatology. In: Jindal P., Malhotra N., Joshi S. (eds); Aesthetic and Regenerative Gynecology. Springer, Singapore (2022).
5. Schmidt J., Monnet P., Normand B., Fabry R. Microcirculatory and clinical effects of serial percutaneous application of carbon dioxide in primary and secondary Raynaud's phenomenon; Vasa, 2005, 34;93-100.
6. Hartmann B., Butz V., Bassenge E. Grundlagen und Indicationen der CO₂-Therapie; Heil-Bad und Kurort; 1987, 39:291-293.
7. Finzgar M, Melik Z, Cankar K. Effect of transcutaneous application of gaseous carbon dioxide on cutaneous microcirculation: Clin Hemorheol Microcirc. 2015;60(4):423-35.
8. Schnizer W., Erdl R., Schöps P., Seichert N. The effects of external CO₂ application on human skin microcirculation investigated by laser Doppler flowmetry. Int J Microcirc Clin Exp. 1985;4:343-50.
9. Fabry R., Cheynel J., Dubost JJ., Dany C., Schaff G. The effects of CO₂ gas thermal therapy in stage III atherosclerosis obliterans of lower limb. Eur J Phys Med Rehab. 1992, 5:134-36.
10. C. Varlato V, Manzo G, Mugnaini F, Bisacci C, Fiorucci P, De Rango P, Bisacci R: Carboxytherapy: effects on microcirculation and its use in the treatment of severe lymphedema: Acta Phlebol. 2007(8):79-91.
11. F Body J, Morel F, Schaff G. Effets vaso-actifs du CO₂ thermal. Angiologie, 2000(52):71-75.
12. K Boudjenah N. Advocacy of Carbomedtherapy (Carbon Dioxide Therapy) in the treatment of diabetic neuropathy. Int J Endocrinol Metab Disord. 2020(6):1-5.
13. Frangez H.B, Rodi Z., Miklavcic J., Frangez I. The effect of transcutaneous application of gaseous CO₂ on diabetic symmetrical peripheral neuropathy-a double blind randomized clinical trial. Appl Sci. 2021(11):4911.
14. Prendergast PM. Skin Imaging in Aesthetic Medicine. In: Aesthetic Medicine: Art and Techniques (Prendergast MP, Shiffman AM, eds). Berlin, Heidelberg: Springer. 2012:547-552.
15. Fabry R., Monnet P., Schmidt J., Lussou J.-R., Carpentier P.-H., Baguet J.-C., Dubray C. Clinical and microcirculatory effects of transcutaneous CO₂ therapy in intermittent claudication. Randomized double-blind clinical trial with a parallel design. VASA. 2009(38): 213-224.