

---

## L'Ostéointégration : un nouveau concept chirurgical dans la réhabilitation des amputés

---

R.BRANEMARK<sup>1</sup>, J. BAHUAUD<sup>2</sup>, M.BERTRAND<sup>3</sup>

1 Département d'Orthopédie, Sahlgrenska University Hospital, Göteborg University, Sweden

2 Service d'Orthopédie Traumatologie - Hôpital d'Instruction des Armées Robert Picqué, 351 route de Toulouse BP 28, 33998 Bordeaux Armées, France

3 Clinique Saint Roch, Faubourg Saint Jaumes, 34000 Montpellier

Correspondance :

bahuaud.jacques@wanadoo.fr

---

### Résumé

Les amputations traumatiques ou résultant de chirurgie carcinologique sont souvent proches de l'articulation sus jacente, avec des problèmes de cicatrisation et de moignon court. Il est difficile alors d'obtenir une réhabilitation optimale chez ces patients par une prothèse. Une prothèse ancrée directement au niveau de l'os pourrait être une solution fonctionnellement bonne pour ces patients. Les prothèses ancrées dans l'os selon le concept de l'ostéo-intégration ont été développées par Per-Ingvar Brånemark à Göteborg (Suède). L'ostéo-intégration a d'abord été utilisée dans la chirurgie dentaire et maxillofaciale reconstructrice (29 000 cas réalisés en chirurgie maxillofaciale dans le monde). Selon une approche multidisciplinaire, l'ostéo-intégration a été utilisée depuis 1990, d'abord en Suède puis en Angleterre, pour l'ancrage direct des prothèses d'amputation dans le squelette dans des indications précises, se limitant aux patients ayant des problèmes d'adaptation avec leurs prothèses et en particulier les moignons courts. L'équipe se compose de chirurgiens orthopédistes, de physiothérapeutes et de prothésistes. Le protocole chirurgical comporte 2 étapes à 6 mois d'intervalle avec un programme de remise en charge précis et progressif. Une fois en place, la prothèse est directement ancrée dans l'os, libérant ainsi l'articulation sus jacente, améliorant les mobilités, la proprioception à la marche, la stabilité et le confort. Les patients (150 cas suédois entre 1 et 15 ans de recul), ont montré une fonction améliorée et une facilité d'utilisation de la prothèse. Des possibilités sensorielles augmentées ont été notées (ostéo-perception), améliorant la fonction et l'acceptation physiologique. Dans les complications, l'infection est à redouter. On note des infections superficielles résolutives et un échec par infection profonde, il n'y a pas eu de fracture d'implant. L'ostéo-intégration atteint un score élevé de 95% sous réserve d'une sélection rigoureuse des patients.

**Mots clés :** Ostéointégration / Titane / Amputation / Réhabilitation

---

### Introduction et principe chirurgical

L'ostéointégration, concept développé par P I Branemark dès 1965, se définit par le contact direct entre le tissu osseux et un biomatériel sans interposition de fibrose. Le titane est un excellent biomatériel: son intégration se fait par une déformation plastique de l'interface os/implant. Le métal s'incorpore à l'os de façon permanente [1, 2].

Lorsque PI Branemark utilisa pour la première fois un

---

### Abstract

**Bone Anchored Amputation Prosthesis: a new surgical system in the rehabilitation of the amputation: osseointegration**

The amputations, traumatic or resulting from carcinological surgery, are often close to the articulation situated above, with problems of cicatrisation and short stub. It is often difficult to obtain an optimal rehabilitation among these patients by prosthesis. A prosthesis anchored directly to the level of the bone could be a functionally good solution for these patients.

The prosthesis anchored to the bone according to the concept of osseointegration was developed by Per-Ingvar Brånemark in Göteborg (Sweden). Osseointegration was initially used in dental and maxillofacial reconstructive surgery (29 000 cases carried out in maxillofacial surgery in the world). In a multidisciplinary approach, osseointegration has been used since 1990, initially in Sweden then in England, for the direct anchoring of the prosthesis of amputation in the skeleton in precise indications, limited to patients having problems of adaptation with their prosthesis and particularly short stubs. The team is composed of orthopaedic surgeons, physiotherapists and prosthesis. The surgical protocol is carried out in two stages at 6 month intervals with a progressive restarting of work load. Once in place, the prosthesis is directly anchored in the bone, freeing the articulation above, improving mobility, proprioception in walking, stability and comfort. The patients (150 Swedish cases between 1 year and 15 years of follow-up), showed an increased function, and a facility using the prosthesis. Increased sensory possibilities were noted (osseoperception), improving the function and physiological acceptance. Complication from infection is to be feared, one notes resolvable surface infections, and one failure by major infection. There was no fracture of implant. Osseointegration is done today with 95 % success rate, provided there is rigorous selection of patients.

**Keywords :** Osseointegration / Titanium / rehabilitation / amputees

---

implant en titane intégré dans le maxillaire en 1965, personne ne se doutait que l'implant serait encore là 40 ans après [3, 4]. De nos jours, l'ostéointégration est largement utilisée en chirurgie dentaire, maxillofaciale, et en chirurgie carcinologique, où les défauts posent de gros problèmes fonctionnels et esthétiques. L'idée d'ancrer directement la prothèse d'amputation dans l'os n'est pas nouvelle : en 1960, V Mooney tenta de fixer une prothèse



Fig. 1. Incorporation complète du titane

cimentée dans l'os, ce fut malheureusement un échec en 6 mois. En se basant sur le succès de l'ostéointégration dans la chirurgie buccale (2 millions de patients), R. Branemark opéra en 1990 la première patiente amputée bilatéralement en fémoral avec des moignons très courts. Les implants sont maintenant intégrés depuis 15 ans [5, 6].

## Technique

### Protocole pré-opératoire

Bien établi depuis 1997, le protocole OPRA (« Osseointegrated Protheses for the Rehabilitation of Amputees ») consiste en un bilan clinique précis de la mobilité et de la peau, la réalisation d'un bilan radiologique du moignon et de l'articulation sus jacente, et d'un scanner pour déterminer le diamètre du fût osseux. Une explication claire et précise auprès du patient est nécessaire pour qu'il adhère complètement au protocole chirurgical. Les critères d'inclusion sont stricts, réservant cette chirurgie à un nombre restreint de patients [7, 8] :

- Les candidats doivent avoir essayé plusieurs prothèses et systèmes d'emboîtures conventionnels ;
- Les patients doivent avoir des problèmes récurrents avec leur emboîture : ulcérations cutanées, modification de volume du moignon, problèmes de transpiration ;
- Les patients ont un squelette à maturité ;
- Age de moins de 70 ans ;
- Poids de moins de 100kg ;
- Pas de traitements immunosuppresseurs ou chimiothérapie en cours.

### Première intervention

Mise en place de l'implant en titane dans le canal médullaire d'un os long.

- Reprise de l'incision ancienne ;

- Dissection des plans musculaires, jusqu'au moignon osseux ;
- Préparation et alésage du fût par un ancillaire adapté, pour insérer l'implant vissé dans le canal médullaire ;
- Fermeture de l'extrémité distale par une vis en titane pour éviter toute colonisation osseuse exubérante à l'intérieur même de l'implant ;
- Positionnement des masses musculaires autour du moignon.

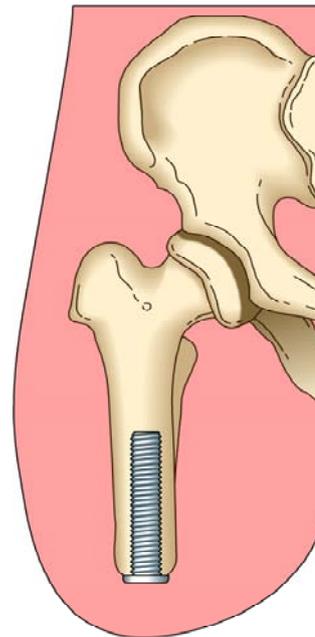


Fig. 2. Mise en place de l'implant en titane dans le canal médullaire

L'implant est laissé sans charge 6 mois, pendant lesquels le patient reprend ses activités avec son ancienne prothèse conventionnelle. Ce laps de temps est nécessaire à l'incorporation du titane dans l'os. Il peut être raccourci en fonction des localisations implantées. Il est de 6 mois pour le fémur mais seulement de 3 mois pour le premier métatarsien.

### Deuxième intervention

Mise en place de la pièce intermédiaire qui permettra la mise en charge de l'implant.

1. Reprise de l'incision ;
2. Insertion d'une tige en titane dans l'implant, qui sera abouchée à la peau après avoir stabilisé les tissus autour de la tige (pièce intermédiaire) ;
3. Un pansement spécifique est appliqué, permettant une cicatrisation cutanée satisfaisante autour de la tige. Ce point est important, dans une zone cutanée souvent traumatisée avec une vascularisation périphérique souvent déficitaire.

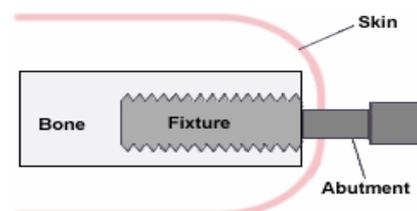


Fig 3 : schéma de l'incorporation de l'implant dans le tissu osseux



Fig. 4. photo de l'abouchement de la pièce intermédiaire à la peau

Un protocole de rééducation suit la cicatrisation.

## Rééducation

### Mise en charge avec une prothèse spécifique d'entraînement

Durant 3 mois le patient remet en charge progressivement l'implant

- 3-6<sup>e</sup> semaine : Kinésithérapie passive et active ;
- 6-9<sup>e</sup> semaine : Mise en charge avec la prothèse courte d'entraînement ; 10 kg puis 20kg / semaine entre 30 min et 1 h par jour ;
- 10-14<sup>e</sup> semaine : appui complet avec la prothèse courte.



Fig. 5. Mise en charge progressive de l'implant avec la prothèse courte

### Au 3<sup>e</sup> mois : Rééducation avec la prothèse définitive

- 14<sup>e</sup> semaine : appui augmenté de 10 kg par semaine ;

- 12-16<sup>e</sup> semaine : marcher, s'asseoir, se relever, faire des mouvements de rotations ;
- 14-18<sup>e</sup> semaine : garder la prothèse durant toute la journée ;
- 16-20<sup>e</sup> semaine : entraînement en terrain accidenté, sport, proprioception

A 6 mois post-opératoire de la deuxième intervention, le patient est autonome avec sa prothèse ostéo-intégrée. Il est conseillé de prendre deux cannes anglaises lors des sorties à l'extérieur.



Fig. 6. Entraînement avec la prothèse définitive

## Les Résultats

Depuis 1990, 100 cas amputés en fémoral ont déjà été opérés par l'équipe de R. Branemark. Au début de l'expérience les résultats restaient faibles : 55% de bons résultats, avec notamment des problèmes infectieux, qui ont largement diminué au fur et à mesure de la courbe d'apprentissage. Depuis 1997, le protocole est standardisé avec des indications précises et un suivi prospectif des patients. L'équipe atteint alors 95% de bons résultats [9, 10].

## Les avantages

### La prothèse

- Peut-être utilisée tous les jours et toute la journée ;
- Facilité et maniabilité d'utilisation ;
- Confortable ;
- Toujours bien ajustée, malgré les variations de poids et de température.

La mobilité normale de l'articulation sus jacente permet de récupérer la flexion et les rotations de hanche [3]

### L'ostéo-perception

C'est la capacité des patients porteurs d'une prothèse ostéo-intégrée, à percevoir les vibrations, les chocs, transmis par leur prothèse. L'identification de l'ostéoperception est le résultat d'un travail mené en chirurgie dentaire

en 1979 par T Haraldson. Il concluait : « les patients avec des bridges ostéo-intégrés ont une fonction et une capacité de mastication identiques à ceux ayant une dentition naturelle » [3]. L'ostéoperception en orthopédie a été étudié sur 2 groupes de patients auxquels des stimuli étaient appliqués autour de la prothèse : groupe 1 ayant une prothèse ostéo-intégrée et groupe 2 ayant une prothèse conventionnelle. Dans le groupe 1, la mesure de la perception des stimuli appliqués était comparable entre le membre amputé et le membre sain [11, 12]. Cela permet aux porteurs de prothèse de percevoir leur environnement, les sauts, les chocs, les changements de terrain lors de la marche [10, 8]. Une étude multicentrique est en cours (Londres, Melbourne, Barcelone, Budapest, Tokyo).

## L'expérience anglaise

En 2003, un article original de J Sullivan et al. [8] permettait de faire le point sur l'expérience britannique au Queen Mary Hospital de Londres : depuis 1997, 11 cas amputés en cuisse ont pu bénéficier d'une prothèse ostéointégrée. Les patients avaient tous des problèmes avec leur emboîture conventionnelle, ou des problèmes cutanés. Les critères d'inclusion étaient respectés pour l'ensemble du groupe. La compliance au protocole chirurgical et kinésithérapique était acceptée par tous. Sur 56 candidats, seulement 11 ont bénéficié du protocole R Branemark. Le plus long recul, pour le premier candidat britannique est de 5.5 ans. Les résultats montrent une augmentation significative de la qualité de vie des patients. Ils déplorent 4 cas de complications :

- 2 mineures par torsion de la pièce intermédiaire en titane, qui a été remplacée sans difficulté ;
- 2 cas d'infection profonde repris chirurgicalement.

Les patients ont évalué leur qualité de vie avant et après l'ostéointégration par un questionnaire :

Le point négatif : longueur de la période de réhabilitation ;

Les points positifs :

- l'ostéoperception avec un gain significatif dans le contrôle de la position du pied prothésé et du déroulement du pas ;
- augmentation de leurs activités professionnelles et sportives : 80% portent la prothèse toute la journée et tous les jours sans difficulté.

Les auteurs concluaient à un succès très prometteur de la technique. Une évaluation avec un plus grand nombre de patients opérés est cependant nécessaire.

## Le gain de mobilité

K Hagberg et al. [13] ont étudié le gain de mobilité chez les patients porteurs d'une prothèse fémorale ostéointégrée (20 cas), comparativement à un groupe témoin porteur de prothèse conventionnelle (43 cas).

Les résultats sont résumés dans le tableau 1.

Le gain de flexion de hanche et surtout des rotations est significatif, de même la durée de port de prothèse est plus importante dans le groupe porteur de prothèses ostéointé-

	Groupe Ostéointégré : 20	Groupe Témoin : 43
Age (ans )	46	51
Longueur du moignon (cm)	36	35
Port prothèse > 10H (%)	<b>90</b>	86
Inconfort en position assise (%)	<b>5</b>	44
Flexion hanche (°)	<b>115°</b>	91°
Extension	<b>12</b>	6
Abduction	29	27
Adduction	19	17
Rotation Interne	<b>24</b>	0
Rotation Externe	<b>24</b>	0

Tableau 1 : résultats

grées. La maniabilité, le confort à la marche ou lors de la position assise que procure l'intégration de la prothèse permettent aux patients « d'oublier » leur handicap.

## L'infection

Le risque d'un implant intra-osseux est l'infection.

Les patients doivent nettoyer quotidiennement la zone de pénétration de la pièce intermédiaire. Des contrôles réguliers doivent être effectués [14, 8].

Soixante deux cas opérés ont été revus avec prélèvements bactériologiques systématiques sur la peau au niveau de l'abouchement de la pièce intermédiaire par l'équipe de R.Branemark, Ils ont pu ainsi déterminer les germes les plus fréquemment rencontrés et répertoriés, les cas d'infections même bénignes de la peau. Les résultats montrent sur 62 prélèvements :

- - 1 cas d'ostéite à staphylocoque méti-S, qui n'avait pas reçu de traitement antibiotique. Il présentait des fistules autour de la pièce intermédiaire et a dû être réopéré 4 fois ;
- - 4 infections superficielles traitées avec succès par antibiothérapie orale ;
- - 11 prélèvements +, sans manifestations cliniques : parmi les germes isolés, on trouvait : staphylocoque méti-S, streptocoque A méti-S, entérocoque mais pas de contamination par des germes méti-R.

La capacité d'adhérer et de proliférer sur un biomatériau est une propriété pathogénique importante des cocci gram +. Or, la jonction très serrée qui existe entre le titane et l'os conférerait au système un barrage à la création d'un biofilm pathogène bactérien. La prévention par un nettoyage et une surveillance régulière est capitale. L'étude a pu conclure que les prothèses ostéointégrées n'avaient pas un risque infectieux plus important que les autres matériels implantés tels que les prothèses articulaires.

## Conclusion

Le protocole chirurgical et rééducatif est long, les critères d'inclusion sont stricts, ce qui réserve la chirurgie à un nombre restreint de patients. Mais l'ostéointégration améliore de façon évidente la qualité de vie des patients amputés. C'est une étape positive dans leur réhabilitation sociale et fonctionnelle. Plus de 100 patients ont été in-

clus dans le protocole OPRA Branemark depuis 1990. La réponse des patients interrogés sur le bénéfice apporté était : « je ne voudrais plus jamais utiliser une prothèse conventionnelle ».

## Références

1. PI Branemark. Vital microscopy of bone marrow in rabbit. *Scand J Clin Lab Invest* 1959; suppl 38
2. JE Sundgren, P Bodö, I Lundström. Auger electron spectroscopic studies of the interface between human tissue and implants of titanium and stainless steel. *J Coll Int Sci* 1986; 110: 9-20
3. PI. Branemark, BO Hansson, R. Adell et al. Osseointegration implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from 10 year period. *Almqvist and Wiksell, International*, 1997.
4. P Branemark. Osseointegration and its experimental studies *J Prosthetic Dentistry* 1983; 50: 399-410
5. PI Branemark. Osseointegration in orthopaedics surgery In Dolci G, Favero GA, editors. *Proceedings of first world congress of osseointegration, Venice*, 17-18.
6. M Esposito, JM Hirsch, U Lekholm, P Thomsen. Biological factors contributing to failures of osseointegrated dental implants (I) Success criteria and epidemiology *Eur J oral Sci* 1998; 106 : 527-51
7. R. Branemark, P I. Branemark, B. Rydevik, R Myers. Osseointegration in skeletal reconstruction and rehabilitation *Journal of rehabilitation research and development*, 2001; 38 (2): 175-81.
8. J Sullivan, M. Uden, P Robinson. Rehabilitation of the transfemoral amputee with an osseointegrated prosthesis: the United Kingdom experience *Prosthetics and Orthotics International*, 2003; 27: 114-20
9. KP Robinson, R Branemark, D Ward. Osseointegration in transfemoral amputees. In : Smith DG, Michael JW, Bowker JH, editors. *Atlas of amputations and Limb Deficiencies surgical, prosthetic and rehabilitation principles American Academy of Orthopaedics Surgeons*, 2004; 673-81
10. K Hagberg, R Branemark, O Hägg. Questionnaire for persons with a transfemoral amputation (Q-TFA): initial validity and reliability of a new outcome measure *J Rehabil Res Dev* 2004; 41: 695-706
11. B Rydevik. Amputation prosthesis and osseoperception in the lower and upper extremity In: *Osseointegration in skeletal reconstruction and joint replacement*. PI Branemark, BL Rydevik, R Skalak editors. Carol Stream, IL Quintessence Publishing Co 1997; 175-82
12. R Jacobs, R Branemark, K Olmankar, R Rydevik. Evaluation of the psychophysical detection threshold level for vibrotactile and pressure stimulation of prosthetic limbs using bone anchorage or soft tissue support *Prosthetic Orthot Int* 2000; 4: 133-42
13. K Hagberg, E Häggström, M Uden. Socket versus bone-anchored transfemoral prosthesis: hip range of motion and sitting comfort *Prosthetics and Orthotics International*, 2005; 29(2): 153-63.
14. B. Guterberg, PI. Branemark, R. Branemark, P. Bergh, B. Rydevik. *Osseointegrated prosthesis in lower limb amputation : the development of a concept ISPO, Amsterdam*. Edited by Soede M Copenhagen; 137-9