© Masson, Paris, 1990

Chir. Pédiatr., 1990, *31*, 240-244

L'ostéosynthèse biodégradable appliquée en chirurgie craniofaciale

O.E. ILLI (1), U.G. STAUFFER (1), H. SAILER (2), P. BECK (3)

(1) Service de chirurgie, Hôpital des enfants universitaire, Steinwiesstr. 75, CH-8032 Zurich,
(2) Service de chirurgie craniofaciale universitaire, Zurich,
(3) Service de chirurgie vétérinaire universitaire, Zurich.

RÉSUMÉ

Nos observations personnelles de lésions cutanées après implantation de plaques et de vis dans le traitement des crâniosténoses chez l'enfant au-dessous d'un an, nous ont conduit à chercher d'une part des constructions plus fines et d'autre part un matériel plus apte à l'âge de l'enfant. Nos constructions comprenant des vis et des écroux ont été produites en PLA quoique les bandes de fixation soient fabriquées en PDS tricoté.
Basé sur une recherche d'ostéoplastie crânienne chez 27 cochonnets, nous avons commencé à utiliser nos implants biodégradables dans différentes opérations de malformations congénitales du crâne.
Chez le cochonnet, nous avons observé un succès de 78 %. Une infection locale s'est manifestée dans 6 cas, dont 3 (= 11 %) ont perdu les implants aussi bien que l'ostéoplastie.
Depuis février 1988, nous avons commencé la crânioplastie biodégradable chez nos enfants. Avec un recul d'une demie année, l'évolution postopératoire de 4 enfants a été suivie. Les résultats sont bons et il n'y a pas de pertes d'implants, ni de problèmes locaux.

Mots clés: Crânioplastie. Enfant. Implant biodégrable. Recherche chez l'animal.

SUMMARY: **Biodegradable osteosynthesis in craniofacial surgery**

Since skin problems as decubitus and infections are well known risks in osteoplastic trepanations in congenital malformations in children, we searched for a reduction in size of the implants and the possibility to use biodegradable materials. After design of special constructions regarding dimension and stbility purposes for children below one year, we performed osteoplastic trepanations in 27 minipigs. In 78 % the healing was uneventful and the osteplasty remained in place whereas in 22 % (= 6 animals) we observed a local infection which lead to loss of implants as well as cranioplasty in 3 animals. Based on this research, we used our biodegradable implants in osteoplastic trepanations of congenital craniostenosis in children. The postoperative follow-up is now from 3 to 6 months in 4 children and the results are perfect in all. We did not observe any local infection, neither cutaneous problems, even not in bilateral frontal advancement and floating forehead procedures. The implants are presented as well as the results in animal research and the first follow-up in 4 children.

Key-words: Craniofacial osteosynthesis in children. Implant research in minipig.

Dans les dernières années, l'opération des crâniosténoses chez l'enfant a changé nettement, non seulement concernant le type d'opération, qui consistait de la libération bilatérale des sutures sténosées par crâniectomie linéaire et de protection des bords par une feuille de polypropylène, mais aussi l'opération est poussée plus vers une reconstruction totale de la voûte et, si nécessaire, en même temps du squelette viscéral (2, 3, 5, 7). Cette perfection a mené à des problèmes cutanés dûs aux implants métalliques qui surmontent la surface osseuse de plusieurs millimètres (minisystème AO ou plaque de Kiel).

Tirés à part: O.E. Illi, à l'adresse ci-dessus.

La recherche de littérature nous a encouragé de tenter une construction en matériel biodégradable (1, 4, 6). En collaboration avec la maison Robert Mathys & Cie, Bettlach/SO, des vis sans têtes et des écroux avec un diamètre de 2 mm ont été fabriqués. Les écroux d'une épaisseur d'un millimètre sont serrés à l'aide d'un tournevis de forme spéciale comprenant quatre points qui transmettent la force à la périphérie de l'écrou. Le reste de la vis surmontant le niveau de l'écrou est réséqué à l'aide des ciseaux ou de couteau (*fig. 1*).

Les morceaux de voûte sont fixés soit par vis et écroux soit par l'intermédiaire d'une bande en PDS tricoté de 5 mm de largeur. Ces bandes portent des barres soudées qui diminuent le risque d'arrachement.

Dans notre série, la moyenne d'allongement est de 8,8 mm contre 8,1 mm pour d'autres auteurs (1, 6, 7); l'allongement le plus important est observé entre 3 et 7 ans, le plus faible après 7 ans; il a la particularité d'être deux fois plus important chez le garçon que chez la fille, ce qui pourrait être rattaché à l'activité hormonale différente chez le garçon et agissant sur le cartilage de croissance (1).

L'accélération de la croissance dépend aussi du raccourcissement initial, d'autant plus importante que celui-ci était grand; ce fait a été constaté par d'autres auteurs (1,6). En effet, à partir de 10 mm de chevauchement, l'accélération de croissance atteint le double de la valeur moyenne dans chacun des sexes.

Comme l'a fait déjà remarquer D.A. Clément en 1986 nous avons trouvé une relation entre les valeurs de l'allongement et les différents types de fractures. En effet, les fractures transversales entraînent l'accélération de croissance la plus faible, s'approchant de la valeur moyenne; elles sont suivies par les fractures obliques puis par les fractures spiroïdes dans lesquelles l'accélération de croissance atteint trois fois la valeur des fractures transversales.

Le siège de la fracture constitue, aussi, un facteur déterminant dans l'accélération de la croissance; les fractures du tiers supérieur entraînent l'allongement le plus important; elles sont suivies par les fractures du tiers moyen et enfin, par les fractures du tiers inférieur qui entraînent l'accélération la plus faible.

D'ailleurs, nous n'avons pas observé de cal vicieux en angulation responsable d'une perturbation de la marche; celui-ci, en effet, est réduit au mieux par le système de contention-suspension, genou en légère flexion. De plus, nous admettons avec certains auteurs (2 ,4) que ces petits défauts résiduels sont remodelés dans la première année suivant la fracturaire. Par contre, dans le plan frontal, le remodelage peut rester incomplet (2) pour un valgus supérieur à 15° après l'âge de 7 ans essentiellement, donnant lieu à des excès de longueur et à une tête fémorale légèrement découverte, dont l'avenir reste imprévisible.

CONCLUSION

Ces valeurs numériques de l'accélération de croissance, conditionnées par différents facteurs, peuvent avoir un intérêt pratique dans la tolérance du raccourcissement initial; il peut être deux fois plus important chez le garçon. En outre, la baïonnette doit être particulièrement réduite à partir de 7 ans; il en est de même pour les fractures situées au niveau du tiers inférieur et les fractures transversales.

Références

1. CLEMENT D.A., COLTON C.L.: Overgrowth of the femur after fracture in childhood: an increased effect in Boys. *J. Bone Joint Surg.*, 1986, *68 B,* 534-536.
2. DAMSIN J.P., VIDECOQ Ph., FILIPE G.: Traitement des fractures du fémur de l'enfant. *Chirurgie,* 1988, *42,* 346-356.
3. DAVID V.C.: Shortening and compensation overgrowth following fractures of femur in children. *Arch. Surg.*, 1924, *9,* 438-449.
4. DEUBELLE A., VANNEUVILLE G., TANGUY A., LEVAI J.P.: Fractures de la diaphyse fémorale chez l'enfant. *Rev. Chir. Orthop.*, 1983, *69,* 513-519.
5. HAGGLUNG G., HANSSON L.I., NORMAN O.: Correction by growth of rotational deformity after femoral fracture in children. *Acta Orthop. Scand.*, 1983, *54,* 858-861.
6. KOHAN L., CUMMING W.J.: Femoral shaft fractures in children: the effect of initial shortening on subsequent overgrowth. *Aust NZ J. Surg.*, 1982, *52,* 141-144.
7. MEALS R.A.: Overgrowth of the femur following fractures in children: influence of handedness. *J. Bone Joint Surg.*, 1979, *61 A,* 381-384.
8. REYNOLDS D.A.: Growth changes in fractured long-bones: a study of 126 children. *J. Bone Joint Surg.*, 1981, *63 B,* 83-88.
9. SHAPIRO F.: Fractures of the femoral shaft in children. *Acta Orthop. Scand.*, 1981, *52,* 649-655.
10. SKAK S.V., JENSEN T.T.: Femoral shaft fracture in 265 children. *Acta Orthop. Scand.*, 1988, *59,* 704-707.
11. TRUESDELL E.D.: Inequality of the lower extremities following fracture of shaft of femur in children. *Ann. Surg.*, 1921, *74,* 498-500.

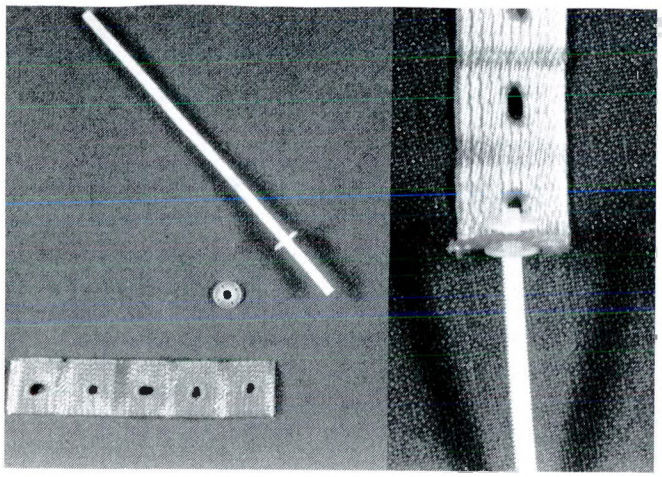


FIG. 1. — Implant biodégradable.

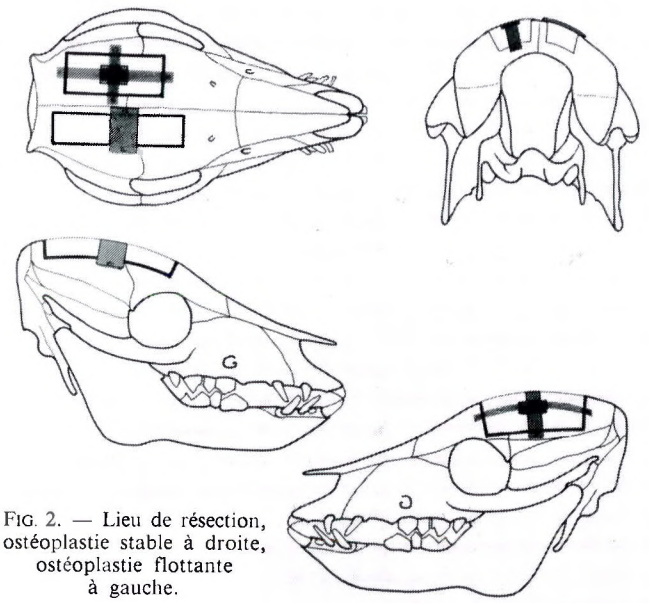


FIG. 2. — Lieu de résection, ostéoplastie stable à droite, ostéoplastie flottante à gauche.

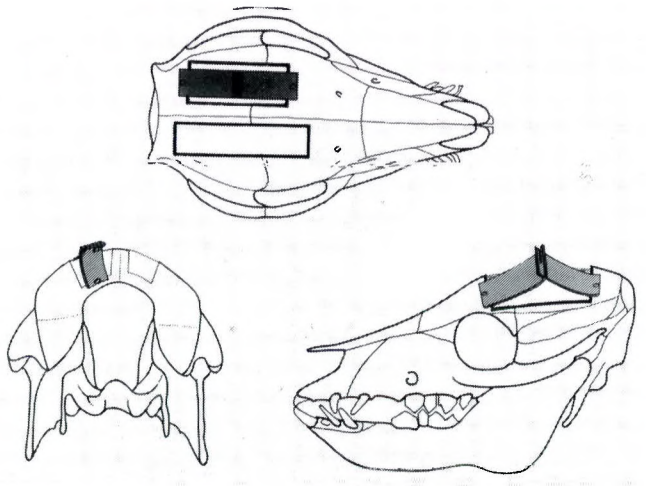


FIG. 3. — Ostéoplastie en forme de tente, trépanation ostéoclastique à droite.

LA RECHERCHE SUR L'ANIMAL

Matériel et Technique

Une série de 29 cochonnets âgés de 6 semaines et bien allaités, pesant entre 3,5 et 4,5 kg, ont été opérés en intubation orale et anesthésie d'inhalation. Une incision longitudinale menant du bord occipital du crâne jusqu'à la racine du nez nous a donné une vue de la suture sagittale jusqu'au bord supérieur de la cavité oculaire. La résection de deux morceaux rectangulaires prise des deux côtés de la suture sagittale, nous a donné la possibilité de former une ostéoplastie soit bilatérale avec une construction flottante à gauche et une ostéoplastie stable à droite ou en unilatérale, ou une construction d'une ostéoplastie stable surmontant la voûte d'un tiers de la distance entre la base du crâne et la raie. Dans le deuxième cas, le côté droit nous a servi comme contrôle de l'ostéogénèse autochtone. La peau fut fermée en deux plans (*fig. 2, 3*).

Tous les animaux ont été suivis par radiographie postéro-antérieure et latérale à chaque semaine et d'une coloration polichromique qui nous donnait la possibilité d'une orientation dans le temps concernant la revascularisation et la réintégration osseuse.

RÉSULTAT

Chez les 29 animaux, nous avons perdu 2 cochonnets par choc cardiaque, un handicap bien connu chez le petit cochon dans des situations de stress. Dans 22 % une infection locale a demandé un traitement de drainage. Chez 3 cochonnets il était nécessaire d'enlever les implants aussi bien que de la plastie quoique les trois autres ont montré une guérison retardée, mais sans perte de la plastie. Les *figures 4 et 5* montrent la situation peropératoire et la guérison d'une ostéoplastie qui comprenait un morceau tenu en position par deux bandes en forme de croix (système flottant). Le résultat 6 semaines après l'opération nous montre une intégration parfaite du morceau flottant et un enrobement des vis et des bandes par le tissu osseux sans signe de rejet ou de réaction de corps étranger (*fig. 6, 7, 8*).

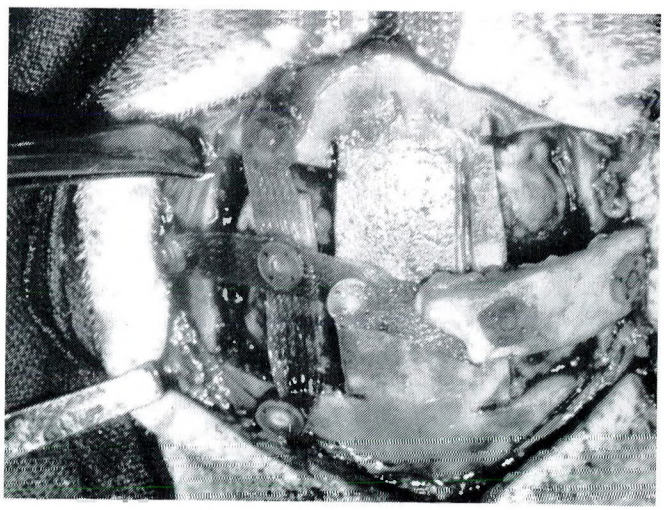


FIG. 4. — Vue intraopérative.

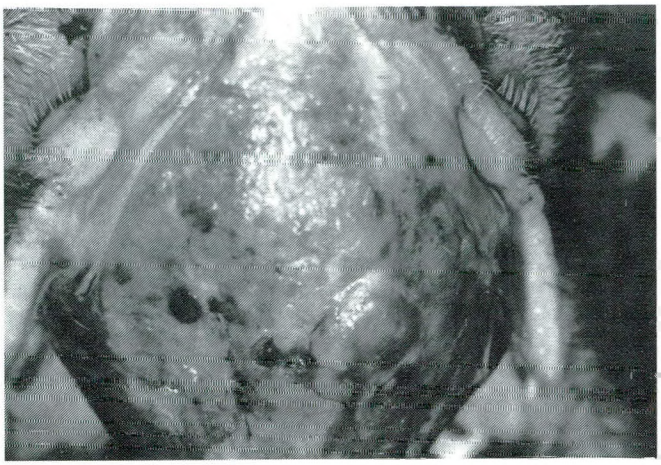


FIG. 5. — Réparation de la voûte 6 semaines après l'opération.

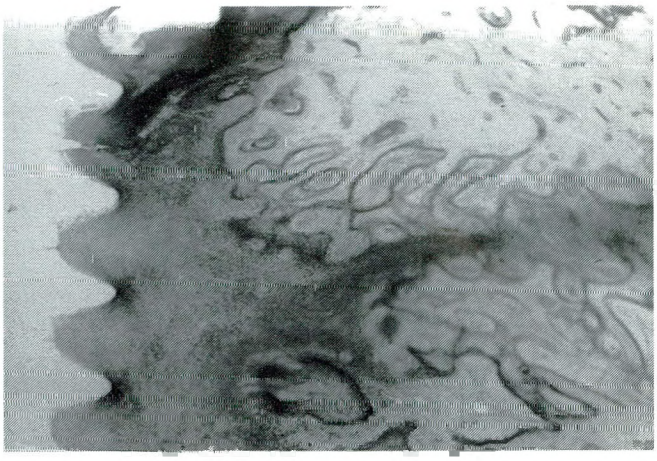


FIG. 8. — Transformation osseuse entre ostéoplastie et bord de voûte.

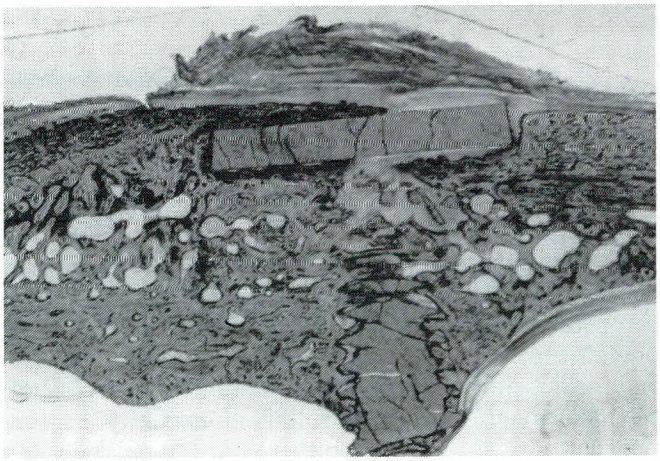


FIG. 6. — Coupe histologique prise 6 semaines après ostéoplastie stable.



FIG. 9 a. — Mise en place des bandes de tension.

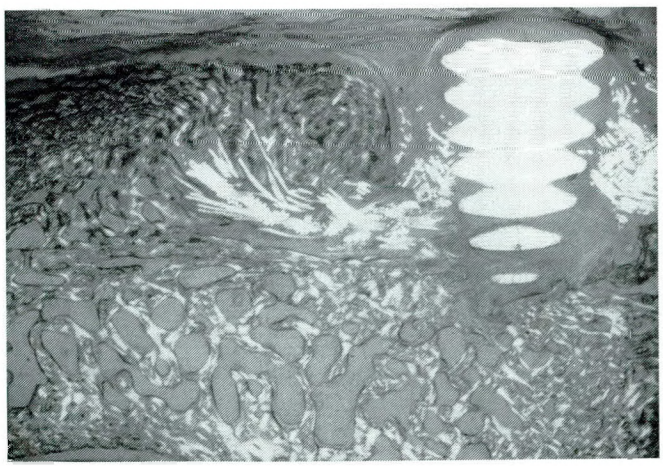


FIG. 7. — Intégration de la bande PDS 6 semaines après l'opération.

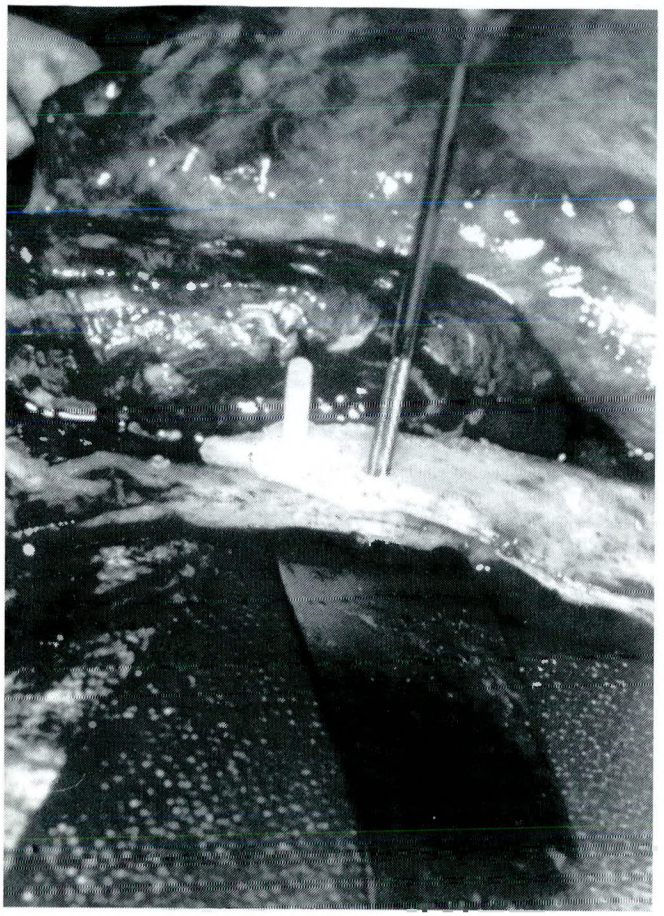


FIG. 9 b. — Fixation stable.



FIG. 9 c. — Vue générale d'ostéosynthèse biodégradable.

Les résultats histologiques 2, 4 et 6 mois après l'intervention nous montrent une réintégration, et la voûte reprend l'épaisseur normale dans les zones de résection. Dans les ostéoplasties remontant le niveau de la voûte d'un tiers, nous avons observé une réintégration similaire après 6 semaines. Par agrandissement normal de la voûte du cochonnet, la construction se tasse un peu et il ne reste qu'une boucle qui surmonte de quelques millimètres le niveau du crâne.

PREMIÈRES EXPÉRIENCES CHEZ L'ENFANT

Depuis février 1988, nous avons opéré 4 enfants porteur d'un syndrome d'Apert ou de Crouzon. L'opération consistait d'un avancement frontal-bilatéral, d'une reconstruction du front de la voûte crânienne antérieure et chez 3 enfants en plus d'une ostéotomie, type Le Fort 3 et Le Fort 1, pour avancer la partie moyenne du visage ou pour reconstruction de l'occlusion dentaire. La partie supraorbitale a été fixée par des vis et des bandes biodégradables en PLA quoique l'ostéotomie Le Fort 1 et 3 ait nécessité une stabilisation ou une suspension par vis et fils métalliques du type conventionel. Les figures montrent l'application des implants biodégradables (*fig. 9, 10, 11*).

L'évolution dans les 4 cas est favorable, sans infection locale et sans ruptures de bandes ou fractures de vis. La radiographie prise 4 mois après l'opération, prouve une situation stable qui a été confirmée par contrôle clinique à répétition.

CONCLUSION

Dans notre groupe de chirurgie crâniofaciale de Zurich, dirigé par Professeur H. Sailer, l'ostéosynthèse biodégradable est acceptée comme traitement de routine chez les enfants. Les résultats avec notre nouveau système de fixation sont aussi bons que ceux avec les implants métalliques et nous n'avons pas noté de problèmes cutanés. La recherche chez le petit cochon a montré que la résorption du matériel artificiel dure plus que 6 mois. Cette observation est soutenue par les

radiographies de nos enfants avec un recul de 6 mois. L'effort des prochaines recherches portera sur une fixation stable à l'aide de plaques et de vis plus fortes, permettant aussi une fixation après ostéotomie, type Le Fort 1 et 3. Ces nouvelles constructions brevetées comprennent en outre une vis en PLA qui est serrée par un tournevis intérieur.

Références

1. Bos RRM.: Resorbable poly (L-lactide) plates and screws for the fixation o of zygomatic fractures. *J. Oral Maxillofac. Surg.*, 1987, *45*, 751-753.
2. Cohn M.jr.: *Craniosynostosis.* Raven Press New York, 1985.
3. Kaiser G.: Kraniosynostose. In: *Kinderchirurgie.* 2e éd., éd. Bettex, Genton, Stockmann, Thieme-Verlag Stuttgart, 1982, p. 2.27-2.52.
4. Niederdellmann H., Bührmann K.: Resorbierbare Osteosyntheseschrauben aus Polydioxanon (PDS). *Dtsch. Z. Mund-Kiefer-Gesichts-Chir.*, 1983, *7*, 399-400.
5. Sailer H.F., Obwegeser H.L.: Langzeitergebnisse nach Korrektur von kraniofazialen Anomalien. In: *Kraniofaziale Fehlbildungen und ihre operative Behandlung,* éd. Mühlbauer, Anderl, Thieme-Verlag Stuttgart, 1983, p. 144-155.
6. Vert M., Christel P., Chabot F., Leray J.: Bioresorbable plastic materials for bone surgery. In *Macromolecular Biomaterials,* éd. Hastings, Chem, Ducheyne, CRC Press Boca Raton, Florida, 1984, p. 119-141.
7. Villarejo F.J.: *Atlas of Pediatric Neurosurgical Techniques.* S. Karger-Verlag Basel, 1985.