



HAL
open science

Les dérivés plaquettaires et leur utilisation en endodontie : une revue systématique de la littérature

Pierrick Bor

► **To cite this version:**

Pierrick Bor. Les dérivés plaquettaires et leur utilisation en endodontie : une revue systématique de la littérature. Sciences du Vivant [q-bio]. 2023. dumas-04150546

HAL Id: dumas-04150546

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04150546>

Submitted on 4 Jul 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

THESE POUR L'OBTENTION DU

**DIPLOME D'ETAT de DOCTEUR EN CHIRURGIE
DENTAIRE**

Présentée et soutenue publiquement

Par BOR Pierrick

Né le 28/12/1996 à Villeneuve sur Lot (47)

Le 26/06/2023

**Les dérivés plaquettaires et leur utilisation en endodontie :
une revue systématique de la littérature**

Sous la direction du Docteur Aymeric JOUBERT-DU-CELLIER

Membres du jury :

M. DEVILLARD Raphaël
M. JOUBERT-DU-CELLIER Aymeric

Professeur des Universités
Chef de Clinique Universitaire –
Assistant des Hôpitaux

Président/Rapporteur
Directeur

Mme FRON-CHABOUIS Hélène
Mme AUSSEL Audrey

Maître de Conférences des Universités
Maître de Conférences des Universités

Assesseur
Assesseur

UNIVERSITE DE BORDEAUX

MAJ
01/01/2023

<i>Président</i>	M. LEWIS Dean
<i>Directeur de Collège des Sciences de la Santé</i>	M. PELLEGRIN Jean-Luc

COLLEGE DES SCIENCES DE LA SANTE UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE DES SCIENCES

<i>Directrice</i>	Mme BERTRAND Caroline	58-01
<i>Directeur Adjoint à la Pédagogie</i>	Mr DELBOS Yves	56-01
<i>Directeur Adjoint – Chargé de la Recherche</i>	M. CATROS Sylvain	57-01
<i>Directeur Adjoint – Chargé des Relations Internationales</i>	M.SEDARAT Cyril	57-01

ENSEIGNANTS DE L'UFR

PROFESSEURS DES UNIVERSITES

Mme	Caroline	BERTRAND	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Marie-José	BOILEAU	Orthopédie dento-faciale	56-01
M	Sylvain	CATROS	Chirurgie orale	57-01
M	Raphaël	DEVILLARD	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
M.	Bruno	ELLA NGUEMA	Sciences anatomiques et physiologiques - Biomatériaux	58-01
M.	Jean- Christophe	FRICAIN	Chirurgie orale	57-01

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

Mme	Elise	ARRIVÉ	Prévention épidémiologie – Economie de lasanté – Odontologie légale	56-02
Mme	Audrey	AUSSEL	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
Mme	Cécile	BADET	Biologie Orale	57-01
M.	Etienne	BARDINET	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Michel	BARTALA	Prothèse dentaire	58-01
M.	Cédric	BAZERT	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Christophe	BOU	Prévention épidémiologie – Economie de lasanté – Odontologie légale	56-02
Mme	Sylvie	BRUNET	Chirurgie orale	57-01
M.	Jacques Jean-	COLAT PARROS	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
M,	Christophe	COUTANT	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
M.	François	DARQUE	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	François	DE BRONDEAU	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Yves	DELBOS	Odontologie pédiatrique	56-01
M,	Emmanuel	D'INCAU	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Mathilde	FENELON	Chirurgie Orale	57-01
Mme	Hélène	FRON-CHABOUIS	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
Mme	Elsa	GAROT	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Dominique	GILLET	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
Mme	Olivia	KEROUREDAN	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
M.	Jean-François	LASSERRE	Prothèse dentaire	58-01
M.	Yves	LAUVERJAT	Parodontologie	57-01
M.	Adrien	NAVEAU	Prothèse dentaire	58-01

M.	Philippe	POISSON	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
M.	Patrick	ROUAS	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	François	ROUZÉ L'ALZIT	Prothèse dentaire	58-01
M.	Johan	SAMOT	Biologie Orale	57-01
Mme	Maud	SAMPEUR	Orthopédie dento-faciale	56-01
Mme	Rawen	SMIRANI	Parodontologie	57-01
M.	Cyril	SEDARAT	Parodontologie	57-01
Mme	Noélie	THEBAUD	Biologie Orale	57-01
M.	Eric	VACHEY	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01

PRATICIENS HOSPITALO-UNIVERSITAIRE

M.	Pierre-Hadrien	DECAUP	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Julia	ESTIVALS	Odontologie pédiatrique	56-01

AUTRES ENSEIGNANTS

Mme	Maxime	BOITEAUD	CDD 2e degré Santé publique	56-02
-----	--------	----------	-----------------------------	-------

CCU-AH (Chefs de Clinique Universitaire - Assistant des Hôpitaux)

M.	Adrien	AMELINE	Orthopédie dento-faciale	56-02
M.	William	AUMAILLEY	Prothèse dentaire	58-01
M.	Baptiste	BERGES	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Virginie	CHUY	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
Mme	Diane	DELADRIERE	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
M.	Mathieu	DELOLME	Parodontologie	57-01
M	Quentin	DESPERIEZ	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Laura	DONNET	Biologie Orale	57-01
Mme	Laurie	FUCHS	Odontologie pédiatrique	56-01
Mr	Joran	GARDIN	Parodontologie	57-01
M.	Paul	GIRARDEAU	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
M	Pierre-André	GUILLAUD	Parodontologie	57-01
M	Louis	HUAULT	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
M	Jean-Baptiste	IRIBARREN	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
M	Aymeric	JOUBERT DU CELLIER	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
Mme	Sarah	KAWCHAGIE	Prothèse Dentaire	58-01
Mme	Camille	LACAULE	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Xavier	LAGARDE	Chirurgie Orale	57-01
M.	Clément	LEBRET	Chirurgie Orale	57-01
Mme	Mathilde	LEVRIER	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Léa	MASSE	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Chiara	PASCALI	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Imane	RAMDANI	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
Mme	Ana	RIBEIRO MAGALHES	Odontologie pédiatrique	56-01
Mme	Florianne	VILLAT	Dentisterie restauratrice et endodontie	5801
M.	Clément	VACHEY	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01

Remerciements

A notre président de thèse et rapporteur :

Monsieur le Professeur Raphael DEVILLARD
Professeur des Universités – Praticien Hospitalier
Section Dentisterie restauratrice et endodontie 58-01

Je vous remercie de l'honneur que vous me faites d'accepter la présidence de mon jury de thèse ainsi que d'avoir réalisé le rapport de cette thèse. Je vous suis reconnaissant de porter intérêt à ce travail. Je vous remercie également pour votre précieux enseignement durant mes années d'études. Veuillez accepter par ce texte l'expression de mon estime et de mon respect.

A notre directeur de thèse :

Monsieur le Docteur Aymeric JOUBERT-DU-CELLIER
Assistant Hospitalo-Universitaire
Section Dentisterie restauratrice et endodontie 58-01

Je vous remercie sincèrement d'avoir accepté avec enthousiasme de prendre la direction de ma thèse. Merci pour votre disponibilité et vos conseils avisés durant l'élaboration de ce travail. Merci pour votre enseignement clinique de grande qualité durant ma sixième année à l'hôpital Xavier Arnoz. Veuillez trouver dans ce travail l'expression de mon immense gratitude.

A notre assesseur :

Madame le Docteur Hélène FRON-CHABOUIS
Maître de Conférences des Universités
Section Dentisterie restauratrice et endodontie 58-01

Je vous remercie d'avoir accepté de faire partie des membres de mon jury. Veuillez trouver dans ce travail le témoignage de ma reconnaissance ainsi que de mon respect sincère.

A notre assesseur :

Madame le Docteur Audrey AUSSEL

Maître de Conférences des Universités

Section Sciences anatomiques et physiologiques 58-01

Je vous remercie d'avoir accepté de faire partie de ce jury ainsi que votre enseignement clinique lors de mes trois années à l'hôpital Xavier Arnoz. Veuillez trouver ici le témoignage de ma profonde gratitude et de mon respect.

A ma famille :

Merci à mes parents sans qui je n'aurais pu arriver où j'en suis aujourd'hui, à ma petite sœur qui a toujours été présente pour moi. Merci à mon oncle et ma tante qui sont comme mes deuxièmes parents, pour tous les bons moments passés ensemble. Merci aussi à mes grands-parents. Je vous aime.

A Léa :

Merci de partager ma vie et de me rendre heureux au quotidien. Merci aussi pour le soutien que tu m'as apporté durant la rédaction de cette thèse. Je t'aime.

A mes amis :

Merci à mes amis d'enfance, à mes amis de Bordeaux, pour tous les bons moments passés ensemble. Vous êtes très importants pour moi.

A Stéphane :

Merci de m'avoir accueilli dans ton cabinet pour mon stage actif et lors de mes premiers remplacements.

Au cabinet de Pujols :

Merci à Pierre, Magalie, Audrey et Ikrame, c'est un plaisir de travailler avec vous.

Table des matières

Liste des abréviations et des acronymes :	9
Introduction :	10
Rappels	11
A) Les différents dérivés plaquettaires	11
I) PRP	11
II) PRF	13
III) Facteurs de croissance libérés par les dérivés plaquettaires	15
IV) Classification des dérivés plaquettaires	16
B) Applications en endodontie	18
I) La chirurgie endodontique	18
II) Avulsion réimplantation intentionnelle	20
III) Apexogenèse	21
IV) Pulpotomie avec des dérivés plaquettaires	24
Méthode	24
A) Objectif de l'étude	24
B) Stratégie de recherche	24
C) Critères de sélection des articles	25
D) Evaluation des risques de biais	25
E) Extraction des données et synthèse	26
Résultats	26
A) Recherche	26
B) Résultats des articles traitant de la chirurgie endodontique	28
C) Résultat de l'article traitant de l'avulsion réimplantation intentionnelle	30
D) Résultats des articles traitant de l'apexogenèse	30
I) Absence de symptomatologie (critère 1)	34
II) Poursuite de la croissance radiculaire (critère 2)	34
III) Réponse aux tests de sensibilité/vitalité (critère 3)	35
E) Résultat des articles traitant de la pulpotomie	36
F) Biais	37
Discussion	38
A) Chirurgie endodontique	38
B) Avulsion réimplantation intentionnelle	39
C) Apexogenèse	39
D) Désinfection	39

II) Mise en place	40
III) Différences entre PRP et PRF	40
IV) Facteurs d'influence	40
V) Conclusion	41
D) Pulpotomie.....	41
E) Nouveaux critères d'inclusion	42
I) Chirurgie endodontique	43
II) Apexogénèse.....	44
III) Pulpotomie.....	46
IV) Discussion.....	47
Conclusion.....	47

Liste des figures :

Figure 1 : Différents systèmes d'obtention du PRP et leurs caractéristiques (Alves et Grimalt, 2018, page 5).....	12
Figure 2 : Exemple d'un dispositif d'obtention du PRP (Lijuan Du et al., 2018, page 10)	12
Figure 3 : Schéma du procédé d'obtention du t-PRP (Lijuan Du et al., 2018, page 3)	13
Figure 4 : Schéma du PRF obtenu après la centrifugation (Dohan et al., 2004, partie 1, page 8)	14
Figure 5 : Schéma de la préparation du I-PRF (Liang et al., 2021, page 7).....	15
Figure 6 : Paramètres clés dans la classification des dérivés plaquettaires (Dohan Ehrenfest et al., 2009, page 3)	16
Figure 7 : Schéma représentant l'architecture des 4 grandes catégories de dérivés plaquettaires (Dohan Ehrenfest et al., 2009, page 8)	17
Figure 8 : Photo du défaut osseux avant (à gauche) et après comblement (à droite) avec un biomatériau mélangé à du PRF (Uppada et al., 2017, page 4).....	19
Figure 9 : Photo représentant une membrane de PRF après mise en place du comblement osseux (Camargo et al., 2019, page 5)	19
Figure 10 : Schéma du protocole d'une REP (Liang et al., 2021, page 6)	22
Figure 11 : Image représentant la technique de mesure de la RRA (Flake et al., 2014, page 2)	23
Figure 12 : Graphique de la sélection d'articles	27
Figure 13 : Graphique de la nouvelle sélection d'articles.....	42

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Extraction de données des articles traitant de chirurgie endodontique	29
Tableau 2 : Extraction de données de l'article traitant de l'avulsion réimplantation intentionnelle	30
Tableau 3 : Extraction de données des articles traitant de l'apexogenèse	33
Tableau 4 : Extraction de données des articles traitant de la pulpotomie	36
Tableau 5 : évaluation du risque de biais	37
Tableau 6 : Résultats des articles traitant de la chirurgie endodontique avec les nouveaux critères d'inclusion.....	43
Tableau 7: Résultats des articles traitant de l'apexogenèse avec les nouveaux critères d'inclusion	45
Tableau 8 : Résultats des articles traitant de la pulpotomie avec les nouveaux critères d'inclusion	46

Liste des abréviations et des acronymes :

ANAES : Agence Nationale d'Accréditation et d'Evaluation en Santé

A-PRF : Advanced Platelet-Rich Fibrin

CBCT : Cone Beam Computed Tomography

CE : Conformité Européenne

DOSS : Dentistry and Oral Sciences Source

EDTA : Ethylène diamine tétra acétique

IGF 1 et 2 : Insulin-like Growth Factor 1 et 2

I-PRF : Injectable Platelet-Rich Fibrin

IRM : Intermediate Restorative Material

L-PRF : Leucocyte Platelet-Rich Fibrin

L-PRP : Leucocyte Platelet-Rich Plasma

MTA : Mineral Trioxyde Aggregate

NaOCl : Hypochlorite de sodium

PDGF : Platelet-Derived Growth Factor

POSEIDO : Periodontology, Oral Surgery, Esthetic and Implant Dentistry Organization

PP : Platelet Pellet

P-PRF : Pure Platelet-Rich Fibrin

P-PRP : Pure Platelet-Rich Plasma

PRGF : Plasma Rich in Growth Factor

PRISMA : Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses

PRF : Platelet-Rich Fibrin

PRP : Platelet-Rich Plasma

REP : Regenerative Endodontic Procedure

RRA : Radiographic Root Area

TAP : Triple Antibiotic Paste

TGF beta 1 : Transforming growth Factor beta 1

T-PRF : Titanium-prepared Platelet-Rich Fibrin

VEGF : Vascular Endothelial Growth Factor

WoS : Web of Science

Introduction :

Les dérivés plaquettaires sont apparus pour la première fois dans les années 1970 dans le domaine de l'hématologie, puis dix ans plus tard, ils ont commencé à être utilisés en chirurgie maxillo-faciale (1). Il s'agit d'un concentré de plaquettes, de fibrine et de facteurs de croissance obtenus par un prélèvement sanguin sur le patient suivis par une ou plusieurs centrifugations, avec ajout ou non de différents produits comme des anticoagulants en fonction du dérivé plaquettaire que l'on souhaite obtenir.

L'intérêt d'utiliser ces facteurs de croissance est multiple, ils augmenteraient la vitesse de cicatrisation tissulaire et réduiraient les douleurs post opératoires pour le patient.

Les dérivés plaquettaires en odontologie sont principalement utilisés lors de chirurgies orales, parodontales ou implantaires (2), mais plus récemment, elles peuvent aussi être utilisées dans un domaine comme l'endodontie afin de permettre par exemple de poursuivre la croissance radiculaire sur des dents immatures ayant subi un trauma ou une lésion carieuse entraînant la nécrose de la pulpe. Ils peuvent aussi être utilisés sur des cas de pulpites irréversibles sur dent matures et viendront réguler la réaction inflammatoire et permettre de maintenir la vitalité pulpaire dans les racines (3).

Ce travail cherche à faire un état des lieux de la littérature sur l'utilisation des dérivés plaquettaires en endodontie, de montrer dans quelles techniques ils peuvent être mis en œuvre, de mettre en avant leurs différences et de comparer leurs avantages et leurs inconvénients.

Rappels

A) Les différents dérivés plaquettaires

I) PRP

Le Platelet-Rich Plasma (Plasma riche en plaquettes ou PRP) est un dérivé plaquettaire autologue, fabriqué à partir du sang veineux du patient. Il s'agit d'un volume de plasma dans lequel la concentration en plaquettes peut être trois à huit fois plus élevée que dans le sang périphérique (1 million par microlitre contre 150 à 350 000 dans la circulation générale) (4).

Pour obtenir du PRP, il n'existe pas de consensus sur la méthode idéale de fabrication, cependant elles suivent toutes quelques principes de base. Tout d'abord un prélèvement d'un volume d'environ 20 à 80mL de sang veineux dans un tube contenant un anticoagulant juste avant l'intervention. L'anticoagulant permet de lier les ions calcium et d'empêcher la conversion de la prothrombine en thrombine et d'entraîner la dégranulation des plaquettes. Puis ensuite se situe la phase de centrifugation en une ou deux fois, et enfin l'activation du PRP avant son utilisation (5) (Figure 2).

Chaque dispositif est différent et permet d'obtenir différents types de PRP avec des concentrations plus ou moins grandes en plaquettes et plus ou moins purs. Le prélèvement est réalisé soit en technique ouverte mais avec des risques de contamination, soit en technique fermée avec des dispositifs médicaux marqués CE.

Il existe trois grands types de dispositifs, les premiers sont des tubes dans lesquels le sang est directement prélevé dans un tube contenant un anticoagulant, les seconds sont des dispositifs médicaux permettant de prélever le sang dans des tubes contenant des anticoagulants, et les troisièmes sont des dispositifs médicaux permettant de prélever le sang dans des seringues contenant des anticoagulants qui seront ensuite transférées dans des tubes (1).

Le sang est ensuite centrifugé une ou deux fois en fonction de la technique utilisée. Pour les deux premiers dispositifs de prélèvement, n'importe laquelle des centrifugeuses sur le marché peut être utilisée, cependant pour la troisième catégorie il faudra utiliser la centrifugeuse correspondant à la marque (1). Pour chaque dispositif, il conviendra de suivre le procédé de fabrication de la marque (Figure 1).

Devices	Blood collection/ anticoagulant	Centrifugation		
		number of times	speed/time	centrifuge
Selphyl®	Tube 9 mL/sodium citrate	1	1,100 g/6 min	Classic
PRGF Endoret®	Tube 9 mL/sodium citrate	1	270 g/7 min	Classic
Cascade®	Tube 9 mL/sodium citrate	2	1,100 g/6 min 1,450 g/15 min	Classic
Plateltex®	Tube 9 mL/ACD	2	180 g/10 min 1,000 g/10 min	Classic
Regenkit®	Tube 9 mL/sodium citrate	1	1,500 g/9 min	Classic
ACP Arthrex®	Syringe 15 mL/ACD or no anticoagulant	1	1,500 rpm/5 min	Adapted
GPS III®	Syringe 30 or 60 mL/ACD	1	3,200 rpm/15 min	Adapted
Genesis®	Syringe 12 mL/ACD	1	2,400 rpm/12 min	Adapted
SmartPrep 2®	Syringe 20 or 60 mL/ACD	2	2,500 rpm/4 min 2,300 rpm/10 min	Adapted
Proteal®	Syringe 20 mL/sodium citrate	1	1,800 rpm/8 min	Adapted
Magellan®	Syringe 30–60 mL/ACD	–	–	Adapted device
Angel®	Syringe 40–180 mL/ACD	–	–	Adapted device

ACD, acid citrate dextrose. Courtesy of Dr. Jeremy Magalon, adapted from Dohan Ehrenfest [38].

Figure 1 : Différents systèmes d'obtention du PRP et leurs caractéristiques (Alves et Grimalt, 2018, page 5)

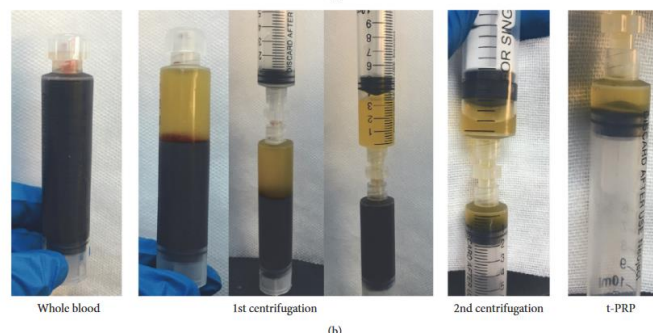
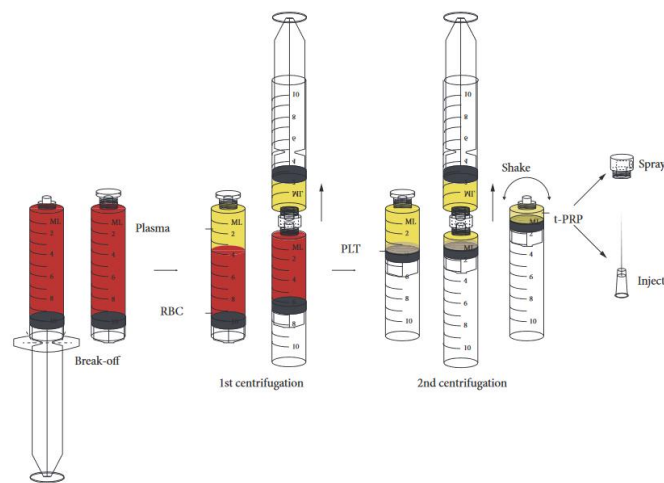


Figure 2 : Exemple d'un dispositif d'obtention du PRP (Lijuan Du et al., 2018, page 10)

Le PRP agit par dégranulation des granules α contenues à l'intérieur des plaquettes, libérant ainsi les facteurs de croissance stockés à l'intérieur de celles-ci. La libération de ces facteurs de croissance est entraînée par le processus de coagulation dans les 10 minutes qui suivent son initiation.

Plus de 95% des facteurs de croissance sont libérés dans l'heure qui suit. C'est pour cela qu'il y a l'utilisation d'anticoagulants lors du prélèvement sanguin et que le PRP doit être placé in situ dans les 10 minutes suivant son activation.

Après la libération initiale des facteurs de croissance, les plaquettes vont continuer à en sécréter durant 7 jours avant de finir par être détruites (6).

Plus récemment il a été décrit une technique permettant d'inhiber la coagulation sanguine et donc la dégranulation des plaquettes en abaissant la température du sang prélevé. Pour le réactiver, il suffit uniquement de le réchauffer (7) (Figure 3).

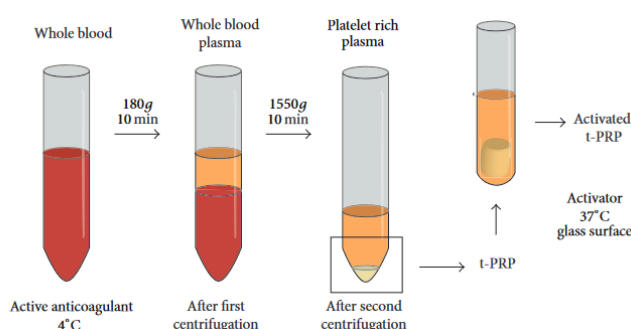


Figure 3 : Schéma du procédé d'obtention du t-PRP (Lijuan Du et al., 2018, page 3)

II) PRF

Le Platelet-Rich Fibrin (Fibrine riche en plaquettes, ou PRF) (Figure 4) est un dérivé plaquettaire de seconde génération décrit pour la première fois en 2001 par un français, le Dr Choukroun et al. (8). La mise au point de ce nouveau dérivé plaquettaire intervient suite à la parution d'une loi française interdisant la manipulation des produits dérivés du sang.

En effet, grâce à cette nouvelle technique, il n'y a plus besoin de venir ajouter des anticoagulants ou une quelconque autre substance afin d'obtenir le PRF. Seule une centrifugation du sang prélevé est nécessaire, à une vitesse de 3000 tours par minute (ce qui correspond environ à une force de 400g) pendant 10 minutes (9–11).

La concentration en plaquettes et en fibrine est 210 fois plus élevée que dans la circulation sanguine (12).

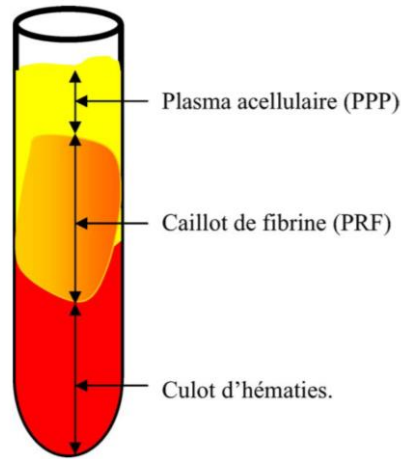


Figure 4 : Schéma du PRF obtenu après la centrifugation (Dohan et al., 2004, partie 1, page 8)

Ce caillot de fibrine obtenu peut ensuite être utilisé comme matrice, ou bien découpé pour être mélangé à des matériaux de comblement osseux ou être inséré dans un canal radiculaire ou une chambre pulpaire dans des procédures de régénération endodontiques (13,14).

Le PRF, tout comme le PRP, va libérer des facteurs de croissance, cependant il existe une différence relativement importante, sa structure tridimensionnelle. En effet, cette matrice de fibrine va permettre une meilleure migration cellulaire, en plus d'améliorer la cicatrisation et de réguler le système immunitaire (15).

La libération des facteurs de croissance va se faire de manière progressive, atteignant son pic au 14ème jour, puis déclinant lentement (12).

Le processus de guérison en utilisant le PRF se divise en trois phases (16):

- La phase inflammatoire : Elle dure 1 à 4 jours durant lesquels le PRF libère les facteurs de croissance et des cytokines dans la zone.
- La phase de prolifération : Elle dure de 2 à 22 jours durant lesquels le PRF stimule la prolifération et la migration des ostéoblastes, des fibroblastes gingivaux et les cellules du ligament parodontal. La migration stimule l'angiogenèse.
- La phase de maturation : Elle dure 6 à 12 mois.

Avec le temps, différents types de PRF ont vu le jour, cependant ils respectent tous les principes de base, ne changeant que la durée et la vitesse de centrifugation.

Le A-PRF est obtenu avec une vitesse de 1500 tours par minute pendant 14 minutes. Augmenter le temps de centrifugation et diminuer la vitesse a pour conséquence de répartir plus uniformément dans le bouchon de fibrine les granulocytes neutrophiles, alors qu'ils se concentrent majoritairement dans les extrémités dans la technique de base. Ces granulocytes jouent un rôle dans le processus inflammatoire et dans la régénération tissulaire (17).

Le T-PRF est obtenu avec une vitesse de 2800 tours par minutes pendant 12 minutes, et à la différence des autres, le sang prélevé se trouve dans un tube en titane. Le bouchon de fibrine obtenu est alors plus compact, ceci étant expliqué par la plus grande hémocompatibilité du titane par rapport au verre (18).

Le I-PRF est obtenu avec une vitesse de 700 tours par minutes pendant 3 minutes. Son objectif est d'obtenir un dérivé plaquettaire qui ne soit pas sous forme de bouchon de fibrine mais sous forme liquide ce qui peut avoir des intérêts notamment pour le mélanger avec des biomatériaux de greffe osseuse (19–21) (Figure 5).

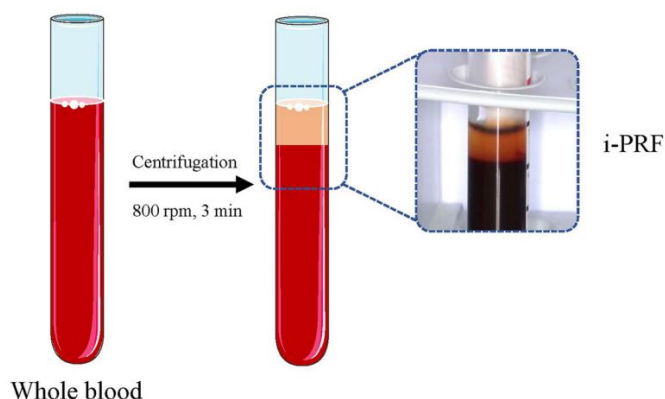


Figure 5 : Schéma de la préparation du I-PRF (Liang et al., 2021, page 7)

III) Facteurs de croissance libérés par les dérivés plaquettaires

Les principaux facteurs de croissance ainsi que leurs rôles sont :

- Le PDGF : Responsable de la régulation de la prolifération cellulaire, de la survie et de la migration des cellules souches mésenchymateuses.
- Le TGF beta 1 : Responsable de la synthèse massive de fibronectine et de collagène.
- Le VEGF : Responsable de l'initiation de l'angiogenèse.
- L'IGF 1 et 2 : Responsables de la médiation du signal de multiplication cellulaire dans l'apoptose.
- L'Interleukine 1 : Médiateur du contrôle de l'inflammation et stimule les lymphocytes T helpers.
- L'Interleukine 4 : Supporte la prolifération et la différenciation des lymphocytes B activés et modère l'inflammation.
- L'Interleukine 6 : Active les lymphocytes T, active la différenciation des lymphocytes B et stimule la sécrétion d'anticorps (22).

IV) Classification des dérivés plaquettaires

Les premiers à décrire les dérivés plaquettaires sont Dohan Ehrenfest et al. en 2009 (23).

Ils commencent d'abord par définir les paramètres clés dans l'obtention des dérivés plaquettaires qu'ils répartissent en trois grandes catégories : les kits de préparation et les paramètres de centrifugation, le contenu du concentré plaquettaire, et la fibrine (Figure 6).

Key parameters	Subparameters	Definition
A: Preparation kits and centrifuge (for processing of 50 mL of whole blood)	A1: Size and weight of the centrifuge type required for the method	<ul style="list-style-type: none"> • Heavy (and cumbersome) • Light (and compact) • Heavy but potentially light (i.e. a commercialized system is heavy, but technique could be performed with a smaller centrifuge)
	A2: Duration of procedure (from blood harvest to surgical application)	<ul style="list-style-type: none"> • Quick (less than 20 min) • Long (between 20 and 60 min) • Very long (more than 1 h)
	A3: Cost (initial cost of equipment and repeated costs for reagents and kits)	<ul style="list-style-type: none"> • Very inexpensive, less than 5 euros • Inexpensive, between 5 and 50 euros • Expensive, more than 50 euros
	A4: Ergonomy of the kit (including required manipulations) and complexity of procedure	<ul style="list-style-type: none"> • Very simple (+ +) • Simple (+) • Complex (-) • Very complex (- -)
B: Platelets and leucocytes	B1: Final volume of platelet gel material (relative to initial blood harvest)	<ul style="list-style-type: none"> • Large, more than 25% of the blood sample • Small, less than 25% • Variable, if additional fibrin-rich PPP can be preserved to increase volume above 25%
	B2: Platelet collection efficiency	<ul style="list-style-type: none"> • Excellent, more than 80% • Good, between 40 and 80%
	B3: Leucocyte collection efficiency	<ul style="list-style-type: none"> • Low, less than 40% • Sometimes unknown • No leucocytes, when technique eliminates most leucocytes
	B4: Preservation of the platelets and leucocytes	<ul style="list-style-type: none"> • Healthy • Damaged • Unknown • Activated, when coagulation is induced during the centrifugation process
C: Fibrin	C1: Fibrinogen concentration and fibrin density	<ul style="list-style-type: none"> • High density • Low density
	C2: Fibrin polymerization type	<ul style="list-style-type: none"> • Strong, mainly trimolecular or equilateral junctions • Weak, mainly tetramolecular or bilateral junctions

Figure 6 : Paramètres clés dans la classification des dérivés plaquettaires (Dohan Ehrenfest et al., 2009, page 3)

Suite à cela, ils divisent les dérivés plaquettaires en 4 grandes familles : le P-PRP, L-PRP, P-PRF et L-PRF.

Le P-PRP ou Pure PRP est du PRP ne contenant pas de leucocytes. En pratique il reste toujours un peu de leucocytes car ils se trouvent entremêlés avec les plaquettes, donc chercher à trop les éliminer reviendrait à éliminer aussi trop de plaquettes. Le protocole le plus utilisé pour en obtenir est celui du PRGF d'Anitua et al. (24).

Le L-PRP ou Leucocyte PRP permet de récolter une plus grande quantité de PRP avec une plus grande quantité de plaquettes car on ne cherche pas à éliminer les leucocytes. Les dispositifs d'obtention du L-PRP sur le marché sont par exemple PCCS PRP, SMART PReP PRP ou Plateltex (25,26).

Le P-PRF ou Leucocyte poor PRF ou Pure PRF n'est fabriqué qu'avec un seul dispositif, le Fibrinet PRFM. Il est important de noter que son protocole de fabrication nécessite l'apport d'anticoagulants et nécessite ensuite une activation. Il s'agit d'une catégorie de dérivé plaquettaire vraiment à part du fait de son coût et sa difficulté de fabrication ainsi que la présence d'un seul dispositif de fabrication (27).

Le L-PRF ou Leucocyte PRF représente toutes les différentes techniques du PRF qui dérivent du protocole de Choukroun et al. (28).

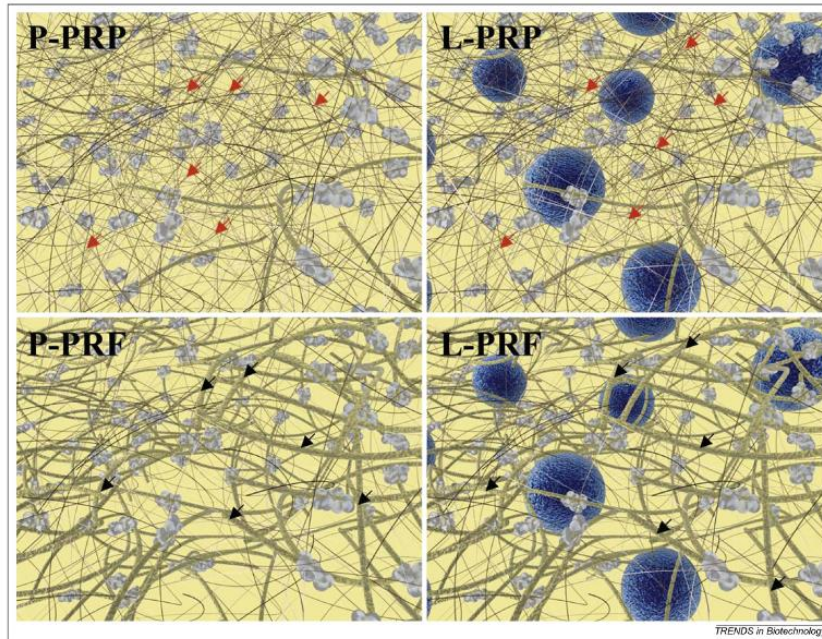


Figure 7 : Schéma représentant l'architecture des 4 grandes catégories de dérivés plaquettaires (Dohan Ehrenfest et al., 2009, page 8)

Sur le schéma ci-dessus, on remarque la différence d'épaisseur des fibres dans la trame de fibrine entre le PRP et le PRF (Figure 7).

Suite à la multiplication des différents dérivés plaquettaires et de leurs différents protocoles d'obtention, la POSEIDO (Periodontology, Oral Surgery, Esthetic and Implant Dentistry Organization) publie une revue après une conférence de consensus sur le sujet en 2013 (29,30).

Cette conférence s'appuie majoritairement sur la classification apportée par Ehrenfest et al. (23). Elle ouvre une possible amélioration de cette classification sur trois paramètres qui ne sont pas pris en compte actuellement car difficilement mesurables avec précision : le taux de concentration des plaquettes, le taux de concentration des leucocytes, et la proportion des différents types de leucocytes.

B) Applications en endodontie

I) La chirurgie endodontique

La chirurgie endodontique est un traitement qui se réalise suite à l'échec d'un traitement endodontique conventionnel par voie orthograde et/ou d'un retraitement endodontique. Ses indications sont (31):

- La persistance de la lésion apicale suite à un traitement canalaire sur une dent sur laquelle un retraitement ne peut pas être réalisé ou a échoué.
- La correction d'une erreur iatrogène non réalisable par voie non chirurgicale comme par le retrait d'une extrusion dans le péri-apex de matériau d'obturation, ou le retrait d'un instrument fracturé à l'apex.
- La biopsie lorsqu'elle est nécessaire de la lésion apicale.
- Lorsqu'il y a suspicion de fracture radiculaire (31).

Les contre-indications sont :

- Certaines pathologies systémiques du patient.
- Les facteurs dentaires comme le fait que la dent soit restaurable, la longueur radiculaire, le support parodontal de la dent et l'hygiène buccale du patient.
- Les facteurs anatomiques comme la proximité avec les structures anatomiques comme le nerf mandibulaire par exemple.
- Les facteurs d'accès chirurgical, si le patient possède une trop faible ouverture buccale et que la dent à traiter se situe en postérieur (31).

En pré opératoire il faudra réaliser un CBCT afin de préparer au mieux l'intervention (32).

Le temps opératoire se divise en sept (33) :

1. Tout d'abord il y a la réalisation d'une anesthésie locale.
2. Ensuite le management des tissus mous, en réalisant un lambeau. Il en existe différents types en fonction de la situation clinique.
3. Une fois le lambeau levé, on passe au management des tissus durs avec la réalisation d'une ostéotomie pour réaliser une fenestration osseuse au niveau de la lésion. On vient ensuite réaliser la résection apicale de la racine puis le curetage de la lésion qui pourra être envoyée en laboratoire pour analyse si besoin. Il faut maintenant réaliser la préparation canalaire à rétro.
4. Une fois la racine préparée, il est primordial de réaliser une bonne hémostase.
5. Ensuite on contrôle la préparation intra radiculaire à l'aide d'un miroir microchirurgical.
6. Il faut maintenant venir obturer avec un matériau biocompatible et étanche comme de l'IRM ou du MTA.
7. Enfin, on termine par replacer le lambeau et réaliser les sutures (33).

Suite à un traitement endodontique chirurgical conventionnel, le phénomène de guérison va emmener soit vers la réparation soit vers la régénération des tissus en fonction de différents facteurs comme le type de plaie, la disponibilité in situ de cellules progénitrices, et des signaux du microenvironnement (34).

La réparation tissulaire n'étant pas idéale, il a été mis en place des procédures de régénération tissulaires guidées (35). Les dérivés plaquetaires peuvent jouer un rôle intéressant lors de ces procédures car ils viennent apporter des facteurs de croissance qui sont primordiaux pour obtenir un environnement propice à la régénération (36).

Le PRP peut par exemple être mélangé à des biomatériaux de greffe osseuse et introduit dans le défaut osseux (37) (Figure 8).

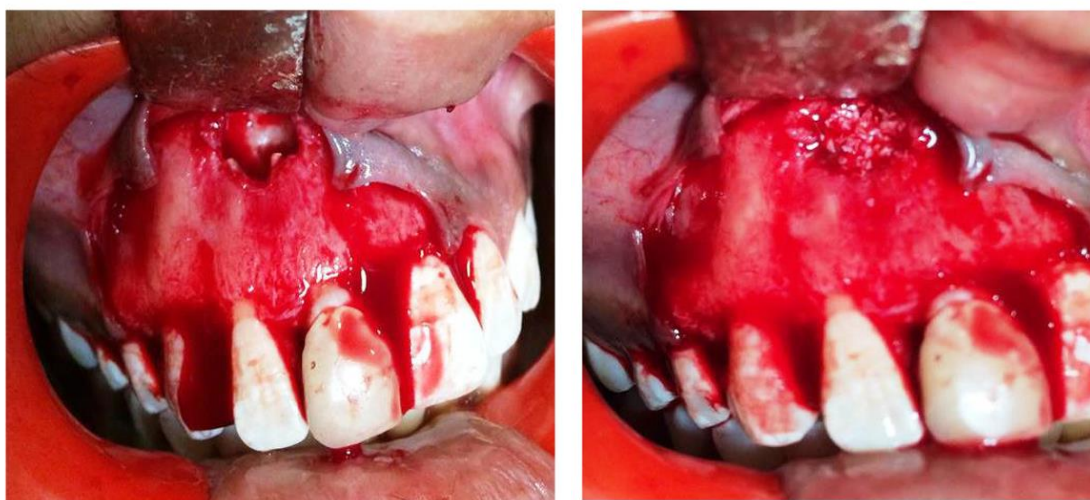


Figure 8 : Photo du défaut osseux avant (à gauche) et après comblement (à droite) avec un biomatériau mélangé à du PRP (Uppada et al., 2017, page 4)

Le PRP peut, en plus d'apporter des facteurs de croissance, agir comme une membrane sur la fenestration et maintenir l'espace pour la formation osseuse, ce qui est un des principes de base de la régénération tissulaire guidée (38–40) (Figure 9).

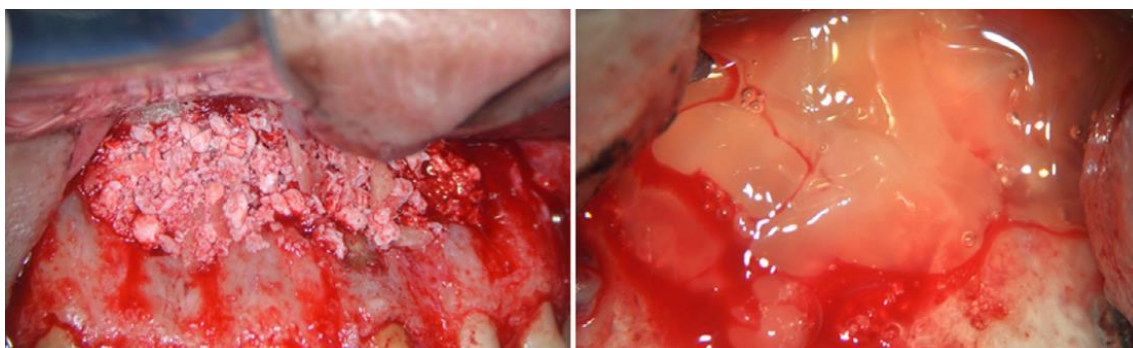


Figure 9 : Photo représentant une membrane de PRF après mise en place du comblement osseux (Camargo et al., 2019, page 5)

II) Avulsion réimplantation intentionnelle

L'avulsion réimplantation intentionnelle se définit comme l'avulsion intentionnelle d'une dent afin de réaliser un traitement endodontique puis sa réimplantation dans son alvéole d'origine (41).

Cette technique s'utilise lorsque le traitement et retraitement endodontique ont échoué et que la chirurgie endodontique n'est pas réalisable (42).

Ses indications sont :

- Limites anatomiques de la dent pour réaliser la chirurgie endodontique (proximité avec le nerf mandibulaire).
- La difficulté d'accès au site opératoire pour une chirurgie endodontique (limitation d'ouverture buccale, corticale osseuse trop dense).
- Le manque de coopération du patient pour une chirurgie endodontique (réduction du temps opératoire).
- La présence de douleur chronique persistante (Extraction à visée diagnostique pour mettre en évidence une fracture radiculaire).

Les contre-indications sont :

- L'anatomie radiculaire (les racines courbées ou évasées présenteraient un risque de fracture lors de l'extraction).
- L'état parodontal du patient (Les taux de succès de cette technique sont plus faibles sur un parodonte fragilisé)
- L'état de la dent (dent non restaurable durablement ou racine fracturée)

Une extrusion orthodontique peut être réalisée deux à trois semaines avant l'intervention afin de faciliter la réalisation de l'avulsion (43).

L'antibiothérapie prophylactique est recommandée en France avant de réaliser cette technique (44).

On débute par la réalisation d'une anesthésie locale, puis il faut réaliser l'avulsion de la dent, la plus atraumatique possible.

Il faut ensuite tenir la dent par la couronne avec une compresse humide afin de ne pas léser les cellules du ligament alvéolo-dentaire et de les maintenir hydratées. C'est à ce stade que l'on peut vérifier l'intégrité de la racine et constater l'absence ou non de fracture radiculaire.

Il faut maintenant réaliser la résection apicale, la préparation canalaire puis l'obturation de la racine avec de l'IRM ou du MTA.

Avant la réimplantation de la dent, un curetage peut être réalisé s'il y a la présence d'un granulome péri-radicaire ou la présence de matériau d'obturation.

Une fois la dent réimplantée, une contention peut être réalisée mais elle se doit d'être plutôt souple afin de laisser un certain degré de mobilité à la dent et éviter l'ankylose (45).

Le temps extra oral se doit d'être le plus court possible. En effet un temps extra oral de plus de 15 minutes entrainerait une baisse du taux de succès (46).

Les principales complications de cette technique sont l'ankylose, la persistance d'une lésion péri-apicale, la résorption radiculaire, la persistance de symptômes et la présence de poche parodontale (47).

L'utilisation de dérivés plaquettaires avec cette technique intervient avant la réimplantation de la dent. En effet, il est possible de venir positionner dans l'alvéole du PRP ou du PRF afin de prévenir des ankyloses ou des résorptions radiculaires (48-51).

III) Apexogenèse

L'apexogenèse fait partie d'un groupe de techniques appelées Regenerative Endodontic Procedures ou REPs. Le but de ces techniques est de permettre de régénérer des structures endommagées comme les structures dentinaires et radiculaires, ainsi que les cellules du complexe dentino-pulpaire (52).

Ces REPs reposent sur trois principes de base de l'ingénierie tissulaire :

- Il faut une source de cellules souches ou progénitrices
- Il faut des facteurs de croissance capables de stimuler la différenciation cellulaire
- Une matrice adéquate à cette différenciation cellulaire (53).

La principale source de cellules souches pour ces procédures se trouve au niveau du péri-apex, les principaux facteurs de croissance proviennent soit du saignement induit en intra canalaire, soit de l'apport de dérivés plaquettaires, mais aussi de leur libération par l'utilisation intra-canalaire d'EDTA. Les matrices quant à elles sont soit le caillot sanguin intra-canalaire soit la structure des dérivés plaquettaires apportés (54).

Lorsqu'une dent immature avec des apex ouverts se nécrose, pour cause de trauma ou de lésion carieuse, la formation radiculaire cesse. Ces dents immatures sont donc plus fragiles car les murs dentinaires du canal radiculaire sont fins et la dent est donc plus sensible à la fracture et son taux de survie baisse (55).

Initialement, ces dents étaient traitées par une technique d'apexification. De l'hydroxyde de calcium était déposé dans le canal lors de nombreuses séances afin de réaliser une calcification à l'apex (56). Cette technique était contraignante du fait du nombre de rendez-vous nécessaires.

Puis une autre technique est apparue. Un bouchon de MTA était placé au niveau de l'apex afin de réaliser une barrière calcifiée pour fermer le foramen apical (57).

L'apexification permettait d'éliminer les symptômes mais ne permettait pas comme l'apexogenèse d'obtenir à nouveau une croissance radiculaire et un épaissement des parois dentinaires de la racine, mais aussi de retrouver la capacité de nociception du complexe dentino-pulpaire pour protéger la dent (58).

Éliminer toutes les bactéries intra canalaires est une nécessité pour la réussite de l'apexogenèse.

Lors du premier rendez-vous il convient de réaliser la désinfection canalaire avec un irrigant comme du NaOCl, les concentrations diffèrent en fonction des études (54).

Il est ensuite recommandé selon l'American Association of Endodontics de réaliser une médication canalaire de trois antibiotiques, la TAP (Triple Antibiotic Paste) (59), décrite pour la première fois par Hoshino et al. (60). C'est un mélange de Ciprofloxacine, Métronidazole et Minocycline en quantité équivalente. Cette pâte est laissée en intra canalaire pendant deux à trois semaines et permet, en synergie avec la désinfection par l'irrigation, de bien éliminer les micro-organismes pathogènes. Cette pâte n'est pas nocive pour les cellules souches situées au niveau du péri apex (59).

Une fois que les symptômes ont disparu au rendez-vous suivant, le canal est de nouveau irrigué, puis un saignement est induit par dépassement d'une lime K 25. Une fois le caillou sanguin formé dans le canal, du MTA est apposé coronairement puis enfin la dent est restaurée avec une résine composite (61).

Plus récemment, l'utilisation de dérivés plaquetaires comme matrice intra-canalaire est apparue.

Le saignement intra-canalaire est toujours induit mais on vient insérer du PRP (62–64), ou du PRF (21,65) (Figure 10).

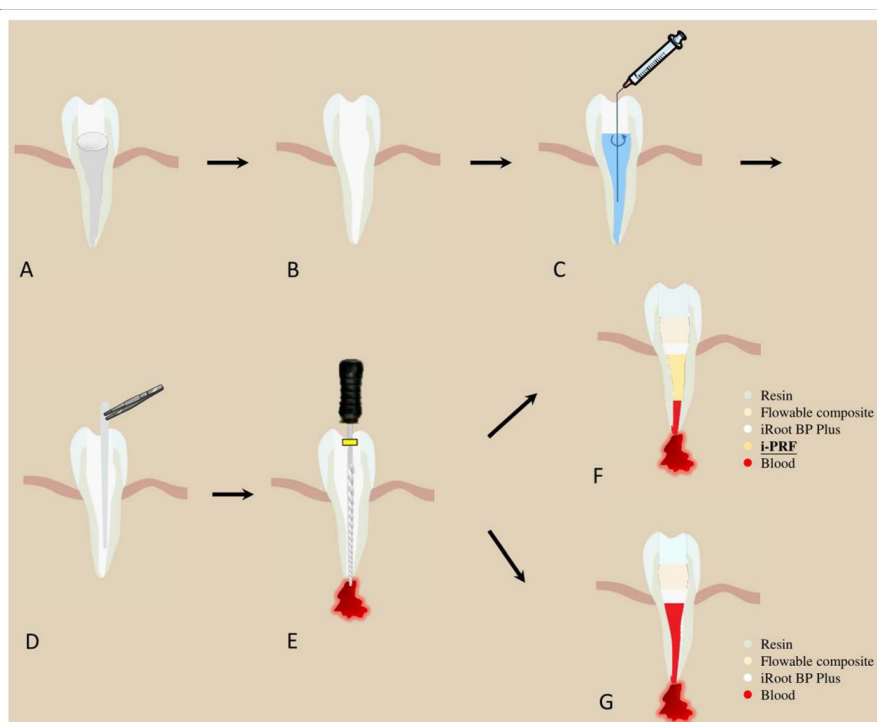


Fig. 3 Regenerative endodontics therapy procedures. The steps of regenerative endodontics therapy (RET) with injectable platelet-rich fibrin (i-PRF) and with blood clot are shown. **A** After 2–4 weeks of intercanal medication, **B** the temporary seal is removed. **C** The root canal is irrigated and **D** dried with sterile paper points. **E** Bleeding is provoked. **F** i-PRF and cavity restoration are performed in the test group. **G** Blood clot and cavity restoration are performed in the control group

Figure 10 : Schéma du protocole d'une REP (Liang et al., 2021, page 6)

Les objectifs de ces procédures sont :

- 1^èrement : la disparition des symptômes et de la lésion apicale à la radiographie
- 2^èmement : la poursuite de la croissance radriculaire avec un gain en longueur et en épaisseur de la dentine radriculaire et la fermeture apicale
- 3^èmement : la réponse pulpaire positive aux tests de sensibilité/vitalité

Pour évaluer de manière reproductible le second critère de réussite, il est nécessaire d'avoir une méthode standardisée. L'analyse radiographique de la RRA (Radiographic Root Area) permet via le logiciel ImageJ. Avec l'outil Polygone, on va venir délimiter sur la radio pré et post opératoire l'aire de la racine en passant par les jonctions amélo-cémentaires et par le ligament alvéolo-dentaire. On va faire de même avec l'aire du canal dentaire sur les deux radiographies. La RRA correspond à la différence entre l'aire totale de la racine et l'aire du canal (66) (Figure 11).

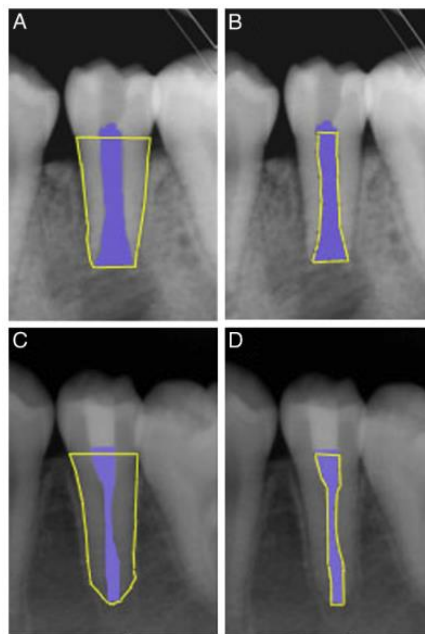


Figure 11 : Image représentant la technique de mesure de la RRA (Flake et al., 2014, page 2)

En A l'aire radriculaire totale pré op

En B l'aire canalaire totale pré op

En C l'aire radriculaire totale post op

En D l'aire canalaire totale post op

IV) Pulpotomie avec des dérivés plaquettaires

La pulpotomie consiste en l'éviction totale ou partielle de la pulpe camérale (67). Elle se pratique lorsque la dent est au stade de pulpite réversible ou irréversible.

A un stade de pulpite réversible, retirer la partie inflammée de la pulpe et réaliser le coiffage pulpaire permet de tenter de conserver la vitalité pulpaire de la dent.

En pulpite irréversible, si l'inflammation de la pulpe n'a pas atteint les racines et donc que l'on parvient à obtenir une hémostase, la pulpotomie peut suffire. Si ce n'est pas le cas, elle va permettre de soulager le patient avant de réaliser la biopulpectomie (68).

La biopulpectomie est un traitement non-biologique, non-conservateur, et à la fois coûteux en temps et en argent. De plus, la dent perd sa faculté de nociception (69).

Sur des dents permanentes immatures, la croissance radiculaire cesse si la pulpe irritée se nécrose, il y a donc un réel intérêt à conserver la vitalité de ces dents.

L'apport de facteurs de croissance via les dérivés plaquettaires peut permettre, même lorsque la dent est au stade de pulpite irréversible de maintenir la dent vitale, que ce soit sur dent permanente immature (70,71), sur dent permanente mature (72,73), mais aussi sur dent déciduale (74).

Méthode

A) Objectif de l'étude

L'objectif de l'étude est de mettre en évidence l'utilisation des dérivés plaquettaires dans les techniques endodontiques et d'évaluer leur efficacité sur le succès au cours du temps.

B) Stratégie de recherche

Cette revue systématique de la littérature traitera sur les différences et les similitudes ainsi que l'apport des dérivés plaquettaires comme le PRP ou le PRF sur la chirurgie dentaire et plus précisément l'endodontie, sera vérifiée au travers de la checklist PRISMA (75) et nous nous appuyons sur les bases de données de Pubmed, Cochrane, Scopus, DOSS, Web of Science et Embase afin d'extraire les articles traitant de ce sujet.

Les mots clés utilisés lors de cette recherche sont : (((PRP) OR (PRF)) OR (PRGF)) AND (Endodontics).

Nous avons obtenu 196 résultats sur Pubmed, 114 sur Scopus, 170 sur DOSS, 123 sur WOS, 195 sur Embase et 224 sur Cochrane au 03/03/2022.

C) Critères de sélection des articles

Pour répondre au mieux à l'objectif de cette étude, des critères d'inclusion et d'exclusion ont été définis.

Les articles contenant des informations sur l'utilisation de dérivés plaquettaires sur l'homme lors d'un traitement endodontique, in vivo, sur des cas simples, avec une durée de suivi de 2 ans, et rédigés en français et en anglais ont été inclus.

Les articles contenant des informations sur l'utilisation de dérivés plaquettaires sur l'homme, sur un traitement autre qu'endodontique, avec des lésions endo-parodontales, sur des cas complexes (résorptions internes et externes), étant des revues systématiques ou méta-analyses, rédigés dans une autre langue que le français ou l'anglais, et avec un temps de suivi post traitement de moins de 2 ans ont été exclus.

D) Evaluation des risques de biais

L'échelle de biais utilisée dans cette revue proviens d'un manuel fournissant des conseils pour la préparation de revues systématiques (76). L'échelle contient les paramètres suivants :

	Oui	Non	Pas clair	Pas applicable
1. Est ce que les caractéristiques démographiques du patient sont bien décrites ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Est ce que l'historique du patient est bien décrit ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Est ce que l'état Clinique actuel du patient est bien décrit ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Est ce que les tests diagnostic ou les méthodes d'évaluation et leurs résultats sont clairement décrits ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Est ce que l'intervention ou les étapes du traitement sont bien décrites ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Est ce que l'état Clinique post interventionnel est bien décrit ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Est ce que les événement indésirables ou imprévus sont bien décrits ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Est ce que le rapport de cas apporte bien des leçons à retenir sur ce cas, et applicables à des cas similaires ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Seule la réponse “oui” rapporte un point au score de biais. Les articles sont ensuite classés de la manière suivante :

- Score de 0 à 3 : risque de biais élevé
- Score de 4 à 6 : risque de biais modéré
- Score de 7 à 8 : risque de biais faible

E) Extraction des données et synthèse

Après sélection de nos articles, les données ont été extraites sous forme de tableau avec les critères d'extraction suivants : le titre de l'étude, le ou les objectifs de l'étude, la taille et la nature de l'échantillon, le type d'étude, la durée de suivi, la méthode, les critères évalués, les résultats et les limites du protocole.

Résultats

A) Recherche

Suite à l'utilisation de nos mots clés dans les moteurs de recherche, nous avons obtenu un total de 898 documents. Après suppression des doublons, il nous restait 580 documents à analyser.

La première exclusion des articles s'est faite par la lecture du titre, où 308 documents avaient un titre correspondant potentiellement à notre recherche.

Ensuite, 240 documents avaient un résumé compatible avec nos critères.

145 documents traitaient d'études nous intéressant, 130 de lésions endodontiques seules, 117 de cas simples, et seules 20 avaient une durée de suivi pour de deux ans pour au moins un des participants de l'étude.

De ces 20 articles finaux, 6 parlent de la chirurgie endodontique, 1 de l'extraction implantation immédiate, 10 de l'apexogénèse et 3 de la pulpotomie.

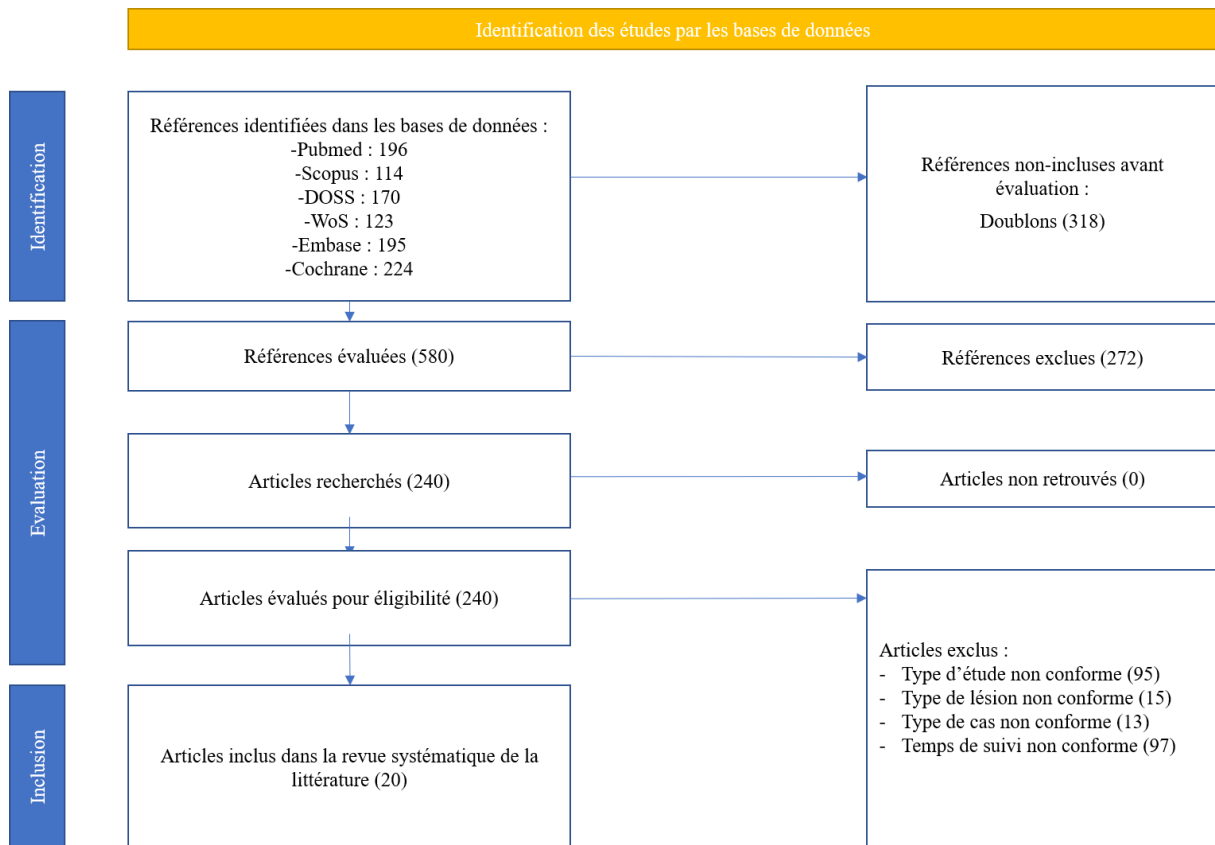


Figure 12 : Graphique de la sélection d'articles

B) Résultats des articles traitant de la chirurgie endodontique

<u>Auteur et date de parution de l'article</u>	<u>Taille de l'échantillon</u>	<u>Type d'étude</u>	<u>Durée de suivi</u>	<u>Méthode utilisée</u>	<u>Critères évalués</u>	<u>Résultats</u>	<u>Limites de l'étude</u>
Camargo et al., 2019	1 cas	Rapport de cas	4 ans	Chirurgie endodontique + PRF	Absence de symptomatologie + signes cliniques, radiographiques et tomographiques de reconstruction osseuse.	Critères de réussite atteints	Description d'un seul cas
Deenadayalan E et al., 2015	3 cas	Rapport de cas	2 ans pour un cas et un an pour les deux autres cas	Chirurgie endodontique + PRF et cristaux d'hydroxyapatite	Absence de douleur, d'inconfort, et la formation de nouvel os en remplacement des cristaux d'hydroxyapatite	Critères de réussite atteints	Peu de cas, durée de suivi faible pour deux des trois cas, absence de contrôle au CBCT
Pai et al., 2016	1 cas	Rapport de cas	2 ans	Chirurgie endodontique + PRF	Absence de symptomatologie et réduction significative de la lésion au contrôle avec un CBCT	Critères de réussite atteints	Description d'un seul cas
Parikh et al., 2011	1 cas	Rapport de cas	2 ans	Chirurgie endodontique + PRP (présence d'une dent témoin)	Absence de symptomatologie, gain en densité osseuse au niveau du site opératoire avec un contrôle au CBCT	Critères de réussite atteints	Description d'un seul cas

Shivashankar et al., 2013	1 cas	Rapport de cas	2 ans	Chirurgie endodontique + PRF et Hydroxyapatite	Absence de symptomatologie et contrôle radiologique du remplacement des cristaux d'hydroxyapatite par de l'os.	Critères de réussite atteints	Description d'un seul cas, absence de contrôle au CBCT
Vigano et al., 2020	1 cas	Rapport de cas	4 ans	Chirurgie endodontique + PRP	Absence de symptomatologie, cicatrisation de la lésion cliniquement et radiologiquement	Critères de réussite atteints	Description d'un seul cas, absence de contrôle au CBCT

Tableau 1 : Extraction de données des articles traitant de chirurgie endodontique

Parmi les six articles traitant de la chirurgie endodontique, quatre ont utilisé du PRF (13,40,77,78) et deux ont utilisé du PRP (79,80). Tous ont atteints leurs critères de réussite.

On note cependant que seules les études de Camargo et al. (40), Pai et al. (77), et Parikh et al. (79) ont utilisé le CBCT pour contrôler la cicatrisation osseuse de leur patient.

C) Résultat de l'article traitant de l'avulsion réimplantation intentionnelle

<i>Auteur et date de parution de l'article</i>	<i>Taille de l'échantillon</i>	<i>Type d'étude</i>	<i>Durée de suivi</i>	<i>Méthode utilisée</i>	<i>Critères évalués</i>	<i>Résultats</i>	<i>Limites de l'étude</i>
Deshpande et al., 2019	1 cas	Rapport de cas	2 ans	Avulsion réimplantation intentionnelle + PRF	Dent asymptomatique, mobilité normale, absence de poches au sondage, pas d'épaississement ligamentaire à la radio et une lamina dura continue autour de la dent	Tous les critères de réussite ont été atteints au bout d'un an de suivi	Description d'un seul cas, et temps de suivi aurait pu être de 3 ans au lieu de deux pour s'assurer qu'il n'y ait pas de complication tardive

Tableau 2 : Extraction de données de l'article traitant de l'avulsion réimplantation intentionnelle

Le rapport de cas de Deshpande et al. (51) montre l'utilisation de PRF lors d'une procédure avulsion réimplantation intentionnelle permet de atteindre ses critères de réussite au bout d'un an. Cependant la durée de suivi aurait pu être allongée jusqu'à trois ans car d'après Cho et al. (47) les complications peuvent survenir jusqu'à trois ans post opératoire.

D) Résultats des articles traitant de l'apexogenèse

<u>Auteur et date de parution de l'article</u>	<u>Taille de l'échantillon</u>	<u>Type d'étude</u>	<u>Durée de suivi</u>	<u>Méthode utilisée</u>	<u>Critères évalués</u>	<u>Résultats</u>	<u>Limites de l'étude</u>
Arora et al., 2020	9 cas	Série de cas	5 ans	REP + PRF + MTA	Critères 1 et 2 *	Les critères de réussite ont été atteints	Absence de quantification des changements de longueur et d'épaisseur de la racine
Gavino Orduna et al., 2017	3 cas	Rapport de cas	5 ans	REP + PRP (PRGF endoret) + MTA	Critères 1, 2 et 3	Dans les trois cas présentés dans cette étude, le premier critère a été atteint dans les 3, le second n'a été que partiellement atteint et à des degrés différents dans les 3 cas, et le troisième critère n'a été atteint dans aucun des cas.	Nombre de cas limités

Krikita et al., 2021	19 cas	Etude de cohorte prospective	2 ans	REP + PRF + MTA	Critères 1, 2 et 3	Les critères 1 et 2 ont été atteints mais pas le critère 3	<p>Le logiciel utilisé dans cette étude ne pouvait mesurer que l'aspect mésio-distal des dents. Une évaluation tridimensionnelle peut éventuellement être réalisée à l'aide d'outils technologiques avancés comme le CBCT.</p> <p>Le MTA gris contenant de l'oxyde de bismuth utilisé dans l'étude a entraîné une décoloration de toutes les dents. La mise en place d'un bouchon de MTA de 3 mm dans le tiers coronal du canal aurait causé la décoloration des dents. Ceci pourrait être évité par l'utilisation de Biodentine</p>
----------------------	--------	------------------------------	-------	-----------------	--------------------	--	--

Meschi et al., 2021	29 dents sur 27 patients, 6 perdus de vue après le traitement donc 23 dents incluses	Essai clinique multicentre non randomisé	36 mois de moyenne (allant de 7 à 54 mois)	REP + PRF (présence d'un groupe témoin)	Critères 1, 2 et 3	87% de réussite sur le critère 1, Cependant 100% de survie pour les dents de l'étude, si échec d'apexogenèse, réalisation d'apexification ; pour le critère 2, 44.4% de réussite sur le groupe test contre 76.8% dans le groupe témoin et pour le critère 3 1/3 de réussite.	Groupes non randomisés, entraînant une différence significative de l'âge des patients entre les deux groupes, plusieurs patients perdus de vue, étude menée dans différents centres par différents praticiens
Nawal et al., 2020	6 cas	Série de cas	5 ans	REP + PRF	Critères 1, 2 et 3	Réussite des critères 1 et 2 mais pas du 3	Faible taille d'échantillon
Prasad et al., 2018	1 cas, 4 dents	Etude de cas	2 ans	REP + PRP (2 dents) ou PRF (2 dents)	Critères 1 et 2	Critères de réussite atteints	Un seul cas
Sakthivel et al., 2020	1 cas	Etude de cas	2 ans	REP + PRF	Critères 1, 2 et 3	Réussite des critères 1 et 2 mais pas 3	Un seul cas
Ulusoy et al., 2019	67 cas, 88 dents, 12 cas perdus de vue (15 dents)	Essai randomisé prospectif	27 mois de moyenne (allant de 10 à 49 mois)	REP + PRP ou PRF, ou PP, ou caillot sanguin	Critères 1, 2 et 3	97.2% de réussite au critère 1, 88.1% de réussite au second critère et 86% de réussite au critère 3, pas de différence significative entre les groupes	Cas perdus de vue
Yadav et al., 2015	1 cas	Rapport de cas	2 ans	REP + PRF + MTA	Critère 1	Le critère de réussite a été atteint	Un seul cas, absence de mesure du critère 2
Yoshpe et al., 2021	6 dents	Série de cas	2 ans de moyenne (allant de 16 à 30 mois)	REP + PRF + MTA	Critères 1 et 2	100% de réussite au critère 1, 66.6% de réussite au critère 2	Faible nombre de cas

Tableau 3 : Extraction de données des articles traitant de l'apexogenèse

*Définis dans la partie sur l'apexogenèse

Il y a dix articles traitant de l'apexogenèse dans notre étude. Parmi ceux-ci, sept utilisent du PRF, deux utilisent à la fois le PRF et le PRP, et un seul article utilise du PRP.

I) Absence de symptomatologie (critère 1)

Pour les articles utilisant du PRF, une grande partie d'entre eux trouvent un taux de réussite de 100% au critère 1, hormis l'étude de Meschi et al. (81) (87% de réussite). Malgré l'échec du critère 1 dans cette étude, il est expliqué que l'on parvient quand même à maintenir les dents sur arcade car lorsque la procédure d'apexogenèse échouait, il était réalisé une apexification.

L'étude de Gavino Orduna et al. (82) utilisant du PRP présente 100% de réussite au critère 1.

L'étude de Prasad et al. (83) utilisant à la fois du PRF et du PRP présente une réussite de 100% au critère 1.

L'étude de Ulusoy et al. (84) utilisant aussi différents types de dérivés plaquettaires a quant à elle présenté 97.2% de réussite au critère 1, une dent du groupe PRF et une dent du groupe témoin sont restées symptomatiques à 13 et 14 mois respectivement.

II) Poursuite de la croissance radulaire (critère 2)

En ce qui concerne le critère 2, il a été atteint pour toutes les études ayant utilisé du PRF sauf celles de Meschi et al. (81) avec 44.4% de réussite dans le groupe test et 76.8% de réussite dans le groupe témoin ; et dans l'étude de Yoshpe et al. (85) avec 66.6% de réussite.

L'étude de Yadav et al. (86) n'a pas évalué le critère 2.

La différence de réussite entre le groupe témoin et le groupe test dans l'étude de Meschi et al. (81) peut s'expliquer par la différence d'âge entre les deux groupes. En effet, les groupes n'ayant pas été randomisés et les patients ayant été affectés en fonction de leur complaisance au prélèvement sanguin, l'auteur s'est retrouvé avec un écart d'âge moyen important entre les deux groupes. Or, plus les REP sont réalisés sur des patients jeunes, plus le potentiel de régénération est important (87). Les lésions étaient aussi trois fois plus volumineuses en moyenne entre le groupe test et le groupe témoin, ce qui a eu une incidence sur les résultats.

L'étude utilisant le PRP indique que le critère 2 a été atteint partiellement et avec des niveaux différents pour chaque cas.

Pour les études utilisant plusieurs dérivés plaquettaires, Ulusoy et al. (84) obtiennent 88.1% de réussite au critère 2 et Prasad et al. (83) 100%.

III) Réponse aux tests de sensibilité/vitalité (critère 3)

Le critère 3 n'a pas été évalué chez Arora et al. (88), Prasad et al. (83), Yadav et al. (86) et Yoshpe et al. (85).

Il n'a pas été atteint chez Gavino Orduna et al. (82), Kritika et al. (89), Nawal et al. (90), et Sakthivel et al. (91).

Seuls Ulusoy et al. (84) et Meschi et al. (81) obtiennent respectivement 86% et 33% de réussite au critère 3.

Le faible taux de réussite au critère 3 n'indique pas l'absence de revascularisation de la dent, le test pourrait être négatif à cause de l'épaisseur importante de matériau d'obturation entre la pulpe et la surface de la dent (62).

E) Résultat des articles traitant de la pulpotomie

<u>Auteur et date de parution de l'article</u>	<u>Taille de l'échantillon</u>	<u>Type d'étude</u>	<u>Durée de suivi</u>	<u>Méthode utilisée</u>	<u>Critères évalués</u>	<u>Résultats</u>	<u>Limites de l'étude</u>
Prasanthi et al., 2018	2 cas	Rapport de cas	2 ans	Pulpotomie + PRF + Biodentine	Sensibilité pulpaire + absence d'épaississement ligamentaire + structure osseuse normale autour de la dent	Les critères de réussite ont tous été atteints	Faible taille de l'échantillon
Keswani et al., 2014	70 cas au début de l'étude puis 62 après exclusion, 53 à la fin de l'étude	Essai clinique randomisé en double aveugle	2 ans	Pulpotomie sur dents définitives immatures + PRF + MTA (présence d'un groupe témoin sans PRF)	Absence de douleur, de formation d'un abcès, contrôle radiologique pour vérifier l'absence d'épaississement ligamentaire, de résorption interne ou externe, ou de destruction de l'os péri-radulaire, poursuite de la formation radulaire	Tous les critères de réussite ont été atteints. Pas de différence significative entre le groupe témoin et le groupe test. Fermeture apicale complète dans 80.07% dans le groupe témoin et 88.88% dans le groupe avec le PRF.	Patients perdus de vue
Meza et al., 2019	1 cas	Rapport de cas	36 mois de suivi	Pulpotomie + PRF + cultures de cellules souches mésenchymateuses réinjectées in situ	1 : Dent asymptotique, et absence de signe d'infection clinique et radiologique. 2 : Test de sensibilité et de vitalité positifs.	Les critères de réussite ont été atteints	Description d'un seul cas, protocole dur à mettre en place dans une pratique quotidienne du fait de son coût élevé lié à la culture des cellules souches

Tableau 4 : Extraction de données des articles traitant de la pulpotomie

L'étude de Prasanthi et al. (72) a obtenu 100% de réussite sur la pulpotomie avec du PRF sur dent définitive mature, tout comme l'étude de Meza et al. (92) qui a utilisé en plus une culture de cellules souches réinjectées in situ. Le patient de cette dernière étude était sensiblement plus âgé que la première (50 ans contre 18 et 20 ans).

L'étude de Keswani et al. (70) a quant à elle comparé la pulpotomie avec et sans PRF sur dent définitives immatures. Elle obtient une absence de symptomatologie et une réponse positive aux tests de sensibilité/vitalité pulpaire dans 100% des cas et une fermeture apicale complète dans 80.7% dans le groupe témoin et 88.88% dans le groupe test, sans différence significative.

F) Biais

Nom de l'article	1	2	3	4	5	6	7	8	Risque de biais
Camargo et al, 2019	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Faible (8)
Deenadayalan E et al, 2015	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Faible (8)
Pai et al, 2016	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✓	Modéré (5)
Parikh et al, 2011	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Faible (7)
Shivashankar et al, 2013	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Faible (8)
Vigano et al, 2020	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Faible (8)
Deshpande et al, 2019	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Faible (8)
Arora et al, 2020	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	Modéré (5)
Gavino Orduna et al, 2017	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Faible (8)
Krikita et al, 2021	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Faible (8)
Meschi et al, 2021	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Faible (8)
Nawal et al, 2020	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Faible (8)
Prasad et al, 2018	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Modéré (6)
Sakthivel et al, 2020	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Faible (8)
Ulusoy et al, 2019	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Faible (8)
Yadav et al, 2015	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Faible (7)
Yoshpe et al, 2021	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Faible (8)
Prasanthi et al, 2018	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Modéré (6)
Keswani et al, 2014	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Faible (8)
Meza et al, 2019	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Faible (8)

Tableau 5 : évaluation du risque de biais

La plupart des articles présents dans cette étude présentent un risque de biais faible, seules les études de Pai et al. (77), Arora et al. (88), Prasad et al. (83) et Prasanthi et al. (72) ont un risque de biais modéré.

Il faut cependant rappeler que la plupart des articles inclus dans cette étude ont un niveau de preuve scientifique de 5 et une force de recommandation de grade C d'après l'ANAES (93).

Seules les études de Keswani et al. (70) et Ulusoy et al. (84) ont un niveau de preuve scientifique de 1 et un grade A ; et Meschi et al. (81) et Kritika et al. (89) ont un niveau de preuve scientifique de 3 et un grade C.

Discussion

A) Chirurgie endodontique

L'utilisation de PRF en chirurgie endodontique en association avec des biomatériaux de comblements osseux permet de mettre en place un processus de régénération tissulaire guidée permettant une meilleure réduction de la poche et un gain d'attache clinique important d'après Shivashankar et al. (13). Cette étude, ainsi que celle de Pai et al. (77) nous indique aussi que le PRF permet l'initiation de la cicatrisation, participe à la croissance et à la maturation osseuse, stabilise la greffe et scelle la plaie tout en réalisant l'hémostase.

La membrane de PRF maintient l'espace lors de la régénération osseuse de la lésion. Le PRF mélangé au matériau de comblement osseux permet aussi, comme indiqué par Deenadayalan et al. (78) d'améliorer les propriétés de manipulation des matériaux de greffe, leur stabilisation, augmenter leur durée de vie, réguler l'inflammation et promouvoir la cicatrisation.

Camargo et al. (40) nous montrent que malgré la taille volumineuse d'une lésion, avec ces procédures de régénération tissulaire guidée, il est possible d'améliorer grandement le taux de réussite du traitement en passant de 57% dans les études sans le PRF à 88% dans les études avec le PRF.

Le PRP, même s'il n'apporte pas la possibilité de réaliser une membrane, reste aussi très intéressant, en permettant aussi d'améliorer la cicatrisation osseuse. En effet, Parikh et al. (79) ont comparé sur un même patient l'utilisation ou non de PRP, permettant d'éliminer de nombreux biais comme la différence immunitaire inter-individuelle ou le potentiel de cicatrisation. La zone traitée avec le PRP à un an post op avait une densité de 559HU (Hounsfield Unit) contre 398HU pour la zone traitée sans PRP.

Vigano et al. (80) indiquent aussi avoir observé un raccourcissement du temps de cicatrisation dans leur étude.

Tous ces auteurs s'accordent pour dire que l'utilisation de dérivés plaquettaires en chirurgie endodontique semble très prometteur mais que des études plus poussées, que ce soit histologiquement sur la qualité de l'os nouvellement formé, ou bien sur des essais contrôlés randomisés et études cliniques de plus grande envergure et à plus long terme pour confirmer le potentiel de ces biomatériaux.

B) Avulsion réimplantation intentionnelle

L'avulsion réimplantation intentionnelle a toujours été considérée comme étant le dernier recours en endodontie. Deshpande et al. (51) indiquent dans leur étude qu'une sélection appropriée des cas ainsi que l'expertise clinique permettent d'obtenir de bons résultats avec cette technique. De plus, l'utilisation de dérivés plaquettaires comme le PRF, permet d'apporter in situ des facteurs de croissance essentiels à la cicatrisation du ligament alvéolaire, ce qui est primordial pour la réussite de cette technique. Cette technique peut donc être une bonne alternative thérapeutique pour retirer des instruments fracturés à l'apex, et permettent aussi de réduire le temps opératoire, les complications et le coût pour le patient. D'après les études sur cette technique, les données acquises de la science suggèrent qu'elle peut être considérée comme une réelle alternative thérapeutique (51).

C) Apexogenèse

I) Désinfection

La désinfection canalaire dans les procédures de régénération endodontiques en vue d'une apexogenèse est primordiale selon les auteurs. En effet, l'étude de Kritika et al. (89) nous indique qu'éviter le débridement mécanique des parois canalaire et d'utiliser une faible concentration en NaOCl garantirait la survie des cellules de la SCAP. Des concentrations supérieures à 3% seraient cytotoxiques pour celles-ci. Une concentration de 1% permettrait d'avoir un effet antibactérien suffisant.

L'EDTA à 17% comme irrigant final inverserait partiellement les effets néfastes des concentrations élevées en NaOCl.

L'utilisation d'une pâte d'antibiotiques triple modifiée en remplaçant la Minocycline par de l'amoxicilline dans cette étude serait plus efficace qu'une pâte de doubles antibiotiques qui se contenterait juste d'altérer structurellement le biofilm sans l'éradiquer complètement.

Nawal et al. (90) indiquent quant à eux que l'utilisation de cette pâte pourrait entraîner des dyschromies et qu'il serait donc nécessaire de la placer sous la jonction cémento-amélaire.

Certains auteurs comme Sakthivel et al. (91) indiquent que l'utilisation d'antibiotiques en intra-canalaire pourrait nuire à la survie des cellules souches, ils utilisent uniquement de l'hydroxyde de calcium suite à l'irrigation.

Il n'existe donc pas encore de consensus au niveau des auteurs sur ce sujet ci.

II) Mise en place

L'un des nombreux avantages du PRF est sa facilité d'utilisation. Arora et al. (88) nous indiquent que via sa viscosité, le PRF peut être aisément foulé à l'intérieur du canal et supporter l'obturation de la chambre pulpaire. Yadav et al. (86) expliquent aussi que la matrice de PRF dans le tiers apical sur des dents à apex ouverts permet d'éviter l'extrusion de matériau d'obturation dans le péri apex en plus d'améliorer la réponse immunitaire au niveau du péri-apex.

III) Différences entre PRP et PRF

L'étude de Prasad et al. (83) compare le PRP et le PRF sur un même individu et nous indiquent qu'il n'y a pas de différence significative au niveau de la cicatrisation de la lésion ou de la poursuite de la croissance radulaire. La seule différence retrouvée entre les dents traitées avec le PRP et le PRF est que dans le groupe PRF, un pont dentinaire s'est formé entre l'obturation coronaire au MTA et le canal pulpaire. Cette différence pourrait s'expliquer par le schéma de libération différent entre le PRP et le PRF. En effet, le pic de libération de facteurs de croissance pour le PRF se situe aux alentours de 14 jours post opératoire ce qui concorderait avec la croissance des cellules en intra canalaire.

Ulusoy et al. (84) ne trouvent pas eux non plus de différence significative entre le PRP et le PRF dans leur étude. Ils nous informent cependant que les dents traitées par REP sans dérivés plaquettaires avaient tendance à se développer vers l'intérieur de la racine et donc à réduire la taille du canal. Cela pourrait entraîner progressivement une apposition ectopique de tissus durs sur les parois canalaire et entraîner une oblitération du canal rendant une intervention endodontique future plus compliquée.

IV) Facteurs d'influence

Les facteurs influant sur le pronostic de ce traitement seraient l'âge (82), l'étiologie de la lésion (90), ou encore la taille de la lésion (81).

D'après Gavino Orduna et al. (82), le sexe, le type de dent ou la présence d'un traitement antérieur n'auraient aucune influence sur le pronostic de réussite du traitement.

Meschi et al. (81), ayant une disparité importante au niveau de l'âge entre leur groupe témoin et leur groupe test, constatent que le groupe ayant un âge plus élevé, et donc une capacité de différenciation des cellules souches moins importante, ont de moins bons résultats que le groupe le plus jeune.

V) Conclusion

Dans les limites de leur étude, Kritika et al. (89) indiquent que la mise en place de MTA gris dans le tiers coronaire avec une épaisseur de 3mm aurait entraîné la décoloration de toutes les dents, à cause de l'oxyde de Bismuth contenu dans celui-ci, et que l'utilisation de Biodentine pourrait éviter cela.

Yoshpe et al. (85) rapportent dans la discussion de leur article que de nombreuses études ont été menées sur les REP et qu'en comparaison avec l'apexification, la cicatrisation obtenue avec ces procédures étaient au moins égales voir supérieures, tout en permettant d'avoir une croissance radiculaire.

La plupart des études incluses dans cette étude s'accordent sur l'importance d'une durée de suivi importante, c'est donc pour cela que nous avons choisi dans nos critères d'inclusion les études avec une durée de suivi de deux ans ou plus. En effet, dans l'étude de Meschi et al. (81), on remarque la persistance de lésions péri-apicales jusqu'à 3 ans de suivi post op. Nawal et al (90) démontrent aussi que la croissance radiculaire se prolonge jusqu'à 5 ans de suivi post op, le RRA moyen passe de 7.2% à 0.5-1 an de suivi, puis à 12.4% à 1-2 ans de suivi, 15.4% à 2-3 ans et 26.3% à 4-5 ans ; et la croissance radiculaire passe de 3.23% à 0.5-1 an, à 6.12% à 1-2 ans, 8.23% à 2-3 ans et 13.18% à 4-5 ans.

D) Pulpotomie

D'après Prasanthi et al. (72), la pulpotomie combinée aux dérivés plaquettaires et à la Biodentine serait une bonne alternative à la biopulpectomie. Ils nous indiquent aussi que les biomatériaux à base de silicate de calcium comme la Biodentine ou le MTA fraîchement préparés auraient un pH élevé et seraient cytotoxiques pour la pulpe, le PRF interposé entre eux aurait donc un rôle protecteur.

Keswani et al. (70) s'accordent aussi pour dire que l'utilisation de PRF lors de la réalisation d'une pulpotomie sur dent définitive immature semble très intéressante de par leur 100% de réussite sur leur étude. Ils indiquent aussi que l'utilisation d'oxyde de zinc eugéno-mélangé avec un rapport poudre/liquide élevé (10/1) entraînerait une libération et une diffusion d'eugéno-mélangé nettement inférieure et que cette faible concentration d'eugéno-mélangé jouerait un rôle anti-inflammatoire et anesthésique local permettant à la pulpe de mieux cicatriser.

Meza et al. (92) ont réalisé une culture de cellules souches pour les réimplanter in situ combiné à du PRF lors de la réalisation d'une pulpotomie sur un patient de 50 ans. Ils indiquent que restaurer le complexe dentino-pulpaire sur une dent mature plutôt que de réaliser une biopulpectomie permet de maintenir les défenses immunitaires de la pulpe, son potentiel de réparation via l'apposition de dentine tertiaire et la sensation de pression occlusale ainsi que la nociception. Malgré la réussite de ce cas, il semble compliqué de pouvoir extrapoler cette technique à une pratique quotidienne dans les cabinets dentaires de par le coût élevé et la difficulté apportée par la culture de cellules souches.

E) Nouveaux critères d'inclusion

Notre étude incluant majoritairement des articles de faible poids scientifique et de grade de recommandation faible selon l'ANAES (93), nous nous sommes demandés si nous trouverions des résultats différents si nous changions nos critères de sélection afin de n'inclure que des articles à fort poids scientifique comme des essais cliniques randomisés, et en réduisant la durée de suivi à un an ou plus.

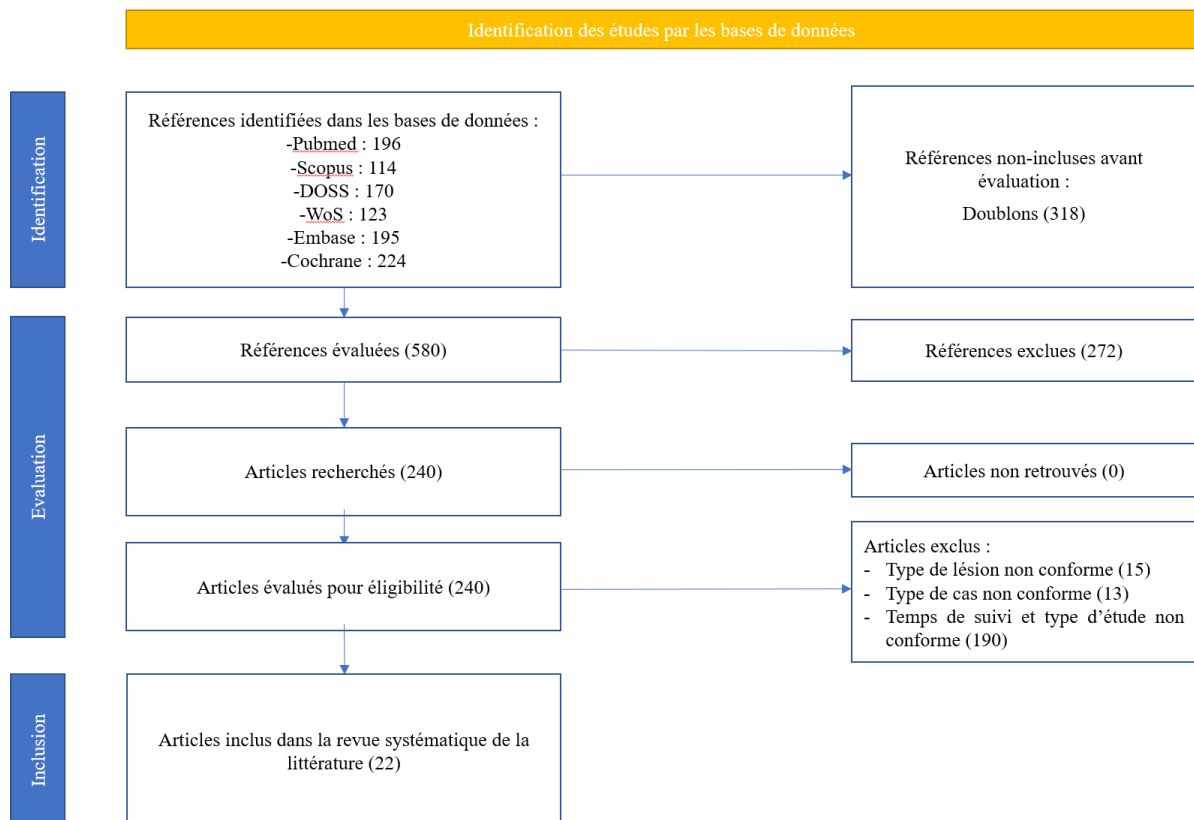


Figure 13 : Graphique de la nouvelle sélection d'articles

Nous nous sommes donc retrouvés avec 22 articles correspondants aux nouveaux critères. Parmi ces articles, seuls trois correspondaient aussi aux premiers critères utilisés (70,84,89).

Quatre de ces articles traitent de la chirurgie endodontique, 12 de l'apexogénèse, 6 de la pulpotomie et aucun de l'avulsion réimplantation intentionnelle.

I) Chirurgie endodontique

Auteur et date de parution de l'article	Taille de l'échantillon	Type d'étude	Durée de suivi	Méthode utilisée	Critères évalués	Résultats
Karan et al. 2020	40 lésions péri apicales sur 33 patients	Essai clinique randomisé	12 mois	Chir endo + GP (groupe de contrôle) Chir endo + PRF Chir endo + MTA Chir endo + PRF + MTA	Absence de douleur, comparaison entre le volume de la lésion pré et post op, comparaison de la densité osseuse in situ pré et post op	2 dents du groupe contrôle ont du subir une seconde intervention pour cause de persistance de symptômes. Réduction du volume significatif entre le groupe contrôle et le groupe MTA, et entre le groupe contrôle et le groupe MTA + PRF, pas de différence significative entre le groupe MTA et le groupe MTA + PRF. Augmentation de la densité significative entre MTA + PRF et les autres groupes. On remarque dans tous les groupes une réduction significative du volume entre pré et post op, et une augmentation significative de la densité entre pré et post op.
Singh et al.2020	126 patients	Essai clinique randomisé	12 mois	Chir endo + HA Chir endo + CERAMENT Chir endo + PRF	Absence de symptomatologie, de mobilité, et de signes de guérison clinique.	Le délai moyen de disparition de la douleur était de 51,2 jours dans le groupe HA, de 52,3 jours dans le groupe CE et de 44,7 jours dans le groupe PRF. La différence est significative ($p < 0,05$). La taille lésionnelle post op était significativement moins importante dans les groupes CE et PRF que dans le groupe HA lors de la période de suivi. La différence était significative ($p < 0,05$).
Dhamija et al. 2020	34 patients	Essai clinique randomisé	12 mois	Chir endo (témoin) Chir endo + PRP	Réduction de la taille de la lésion avec contrôle 2D et 3D	Un taux de réussite de 93,7 % a été observé pour les groupes témoin et PRP lors de l'évaluation bidimensionnelle, tandis que le groupe PRP a affiché un taux de réussite significativement plus élevé (87,5 %) que le groupe témoin (50 %) lors de l'évaluation tridimensionnelle. Un pourcentage de réduction du volume de la lésion significativement plus élevé a été observé dans le groupe PRP (92,30% +ou - 4,72%) que dans le groupe témoin (83,04% +ou - 12,82%).
Meschi et al. 2020	44 patients	Essai clinique randomisé	12 mois	Chir endo +ou- PRF +ou- Bio Guide	Guérison de la lésion avec contrôle à l'imagerie ultrasonique ou au CBCT	Pas de différence significative avec le PRF ($p > 0,05$) que ce soit avec le CBCT ou l'UI, cependant on note une différence significative ($p < 0,05$) sur la guérison avec l'utilisation d'une membrane Bio Guide.

Tableau 6 : Résultats des articles traitant de la chirurgie endodontique avec les nouveaux critères d'inclusion

II) Apexogénèse

<u>Auteur et date de parution de l'article</u>	<u>Taille de l'échantillon</u>	<u>Type d'étude</u>	<u>Durée de suivi</u>	<u>Méthode utilisée</u>	<u>Critères évalués</u>	<u>Résultats</u>
Santhakumar et al. 2018	38 patients	Essai clinique randomisé	18 mois	REP + PRF en gel REP + PRF membrane	Critères 1 et 2	Critère 1 : 97.3% de réussite, pas de différence significative entre les groupes Critère 2 : 94.7 % de réussite dans le groupe gel PRF 89.4 % de réussite dans le groupe membrane PRF Pas de différence significative entre les deux groupes.
Jayadevan et al. 2021	30 dents sur 28 patients	Prospective clinical study	12 mois	REP + PRF REP + A-PRF	Critères 1 et 2	Critère 1 : 57.2% complètement guéri, 42.8% en cours de guérison, sans différence significative entre les deux groupes (p>0.05) Critère 2 : Aucune différence statistiquement significative n'a été observée dans les mesures radiographiques entre les deux groupes (p > 0,05). Cependant, le groupe A-PRF a montré une plus grande épaisseur de racine lors du suivi, et le groupe PRF a montré une plus grande longueur de racine, et ces différences étaient statistiquement significatives (p < 0,05).
Uppala et al. 2020	24 patients	Essai clinique randomisé	12 mois	REP + PRF REP + caillot sanguin REP + Collagène	Critères 1 et 2	Critère 1 : Dans le groupe I, 20 % des dents avaient une bonne cicatrisation et 80 % une excellente cicatrisation, dans le groupe II, 20 % avaient une cicatrisation passable, 50 % une bonne cicatrisation et 30 % une excellente cicatrisation et dans le groupe III, 70 % avaient une bonne cicatrisation et 30 % une excellente cicatrisation. Critère 2 : Dans le groupe I, 90 % des dents ont subi un allongement radiculaire moyen et 10 % un allongement radiculaire bon, dans le groupe II, 20 % ont subi un allongement radiculaire moyen et 80 % un allongement radiculaire bon et dans le groupe III, 71 % ont subi un allongement radiculaire moyen et 29 % un allongement radiculaire bon. Aucun groupe n'a bénéficié d'un excellent allongement radiculaire. La fermeture apicale était bonne dans 40 % des cas et excellente dans 60 % des cas dans le groupe I, bonne dans 25 % des cas et excellente dans 75 % des cas dans le groupe II et moyenne dans 30 % des cas, bonne dans 30 % des cas et excellente dans 60 % des cas dans le groupe III. L'épaississement de la paroi dentinaire dans le groupe I était moyen dans 30 % et bon dans 70 %, dans le groupe II, 50 % avaient une réponse moyenne et 50 % une réponse bonne et dans le groupe III, 30 % avaient une réponse moyenne, 50 % une réponse bonne et 20 % une réponse excellente.
Narang et al. 2015	20 patients	Essai clinique randomisé	18 mois	Apexification au MTA REP + caillot sanguin REP + PRF REP + PRP	Critères 1 et 2	Critère 1 : 100% de réussite pour tous les groupes Critère 2 : Groupe 1 : pas de fermeture apicale, ni d'allongement radiculaire, ni d'épaississement des parois dentinaires Groupe 2 : 60% de guérison apicale radiographique bonne, 66.67% de fermeture apicale bonne, 40% d'allongement radiculaire bon et 50% d'épaississement des parois dentinaires bon. Groupe 3 : 98% de guérison apicale excellente, 40% de fermeture apicale bonne, 99% d'allongement radiculaire excellent et 60% d'épaississement des parois dentinaires excellents. Groupe 4 : 80 % de guérison apicale bonne, 60 % de fermeture apicale bonne, 40% de bon allongement radiculaire et 20% de bon épaississement des parois dentinaires. Pas de différence significative entre les 3 groupes test pour la cicatrisation apicale et la fermeture apicale, mais une différence significative entre le groupe 3 et les deux autres groupes en termes d'allongement radiculaire et d'épaississement des parois radiculaires.
Mittal et al. 2021	36 patients	Essai clinique randomisé	12 mois	REP + caillot sanguin REP + PRF REP + Collagène REP + HA	Critères 1 et 3	Critères 1 : 100% de réussite Critère 3 : groupe 1 : 11.1%, groupe 2 : 66.6%, groupe 3 : 44.4%, groupe 4 : 33.3%. Toutes ces réponses ont été obtenues avec un test au froid, aucune réponse pour aucune des dents avec test au chaud et Electric Pulp tester.

Rizk et al. 2019	26 patients	Essai clinique randomisé	12 mois	REP + PRF REP + PRP	Critères 1 2 et 3	Critère 1 : 100% de réussite, pas de différence significative entre les deux groupes. Critère 2 : allongement de 8.19% dans le groupe PRF et 9.88% dans le groupe PRP pas de différence significative, et épaissement de 42.37% dans le groupe PRF et 39.27% dans le groupe PRP sans différence significative. Fermeture apicale de 76.75% dans le groupe PRF et 64.83% dans le groupe PRP. Critère 3 : pas de réponse + aux tests de sensibilité
Ragab et al. 2019	22 patients	Essai clinique randomisé	12 mois	REP + caillot sanguin REP + PRF	Critère 2	Diminution de la radioclarété apicale : 80.5% dans le groupe 1 et 74.2% dans le groupe 2. Pas de différence significative Allongement radulaire : 14.8% pour le groupe 1 et 12.3% pour le groupe 2. Pas de différence significative.
Shivashankar et al. 2017	60 patients	Essai clinique randomisé	12 mois	REP + PRF REP + caillot sanguin REP + PRP	Critères 1 2 et 3	Critère 1 : 100 % de réussite Critère 2 : guérison apicale : C>A>B avec une différence significative entre les 3. Allongement radulaire et épaissement des parois dentinaires : amélioration dans les 3 groupes sans différence significative entre les groupes. Critère 3 : 15% dans le groupe 1, 13.3% dans le groupe 2 et 15.8% dans le groupe 3
Ulusoy et al., 2019	67 cas, 88 dents, 12 cas perdus de vue (15 dents)	Essai randomisé prospectif	27 mois de moyenne (allant de 10 à 49 mois)	REP + PRP ou PRF, ou PP, ou caillot sanguin	Critères 1, 2 et 3	97.2% de réussite au critère 1, 88.1% de réussite au second critère et 86% de réussite au critère 3, pas de différence significative entre les groupes
Krikita et al., 2021	19 cas	Etude de cohorte prospective	2 ans	REP + PRF + MTA	Critères 1, 2 et 3	Les critères 1 et 2 ont été atteints mais pas le critère 3
Youssef et al. 2022	20 patients	Essai clinique randomisé	12 mois	REP + caillot sanguin REP + PRF	Critères 2 et 3	Critère 2 : différence significative entre pré et post op, sans différence significative entre les deux groupes. Critère 3 : différence significative entre pré et post op, sans différence significative entre les deux groupes.
Ly et al. 2018	10 patients	Cohorte rétrospective	12 mois	REP + caillot sanguin REP + PRF	Critères 1 et 2	En postopératoire, la résolution de la radioclarété périapicale a été observée dans tous les cas traités (100 %). L'allongement de la racine, l'épaississement de la paroi dentinaire latérale et la fermeture de l'apex ont été détectés dans la plupart des cas (80 % dans les deux groupes). La résolution des signes cliniques et des symptômes a été observée chez tous les patients (100 %). Il n'y avait pas de différence significative entre les groupes en termes de développement radulaire, de cicatrisation périapicale et de résolution des signes cliniques (P > 0,05).

Tableau 7: Résultats des articles traitant de l'apexogénèse avec les nouveaux critères d'inclusion

III) Pulpotomie

<u>Auteur et date de parution de l'article</u>	<u>Taille de l'échantillon</u>	<u>Type d'étude</u>	<u>Durée de suivi</u>	<u>Méthode utilisée</u>	<u>Critères évalués</u>	<u>Résultats</u>
Alawwad et al. 2020	24 dents sur 20 patients	Essai clinique randomisé	12 mois	Pulpo + PRF Pulpo + MTA	Absence de douleur, absence de rougeur, de gonflement gingival ou de fistule après le traitement, absence de mouvement pathologique de la dent, absence de radioclarété autour de l'apex ou dans la région de la furcation, absence de résorption interne ou externe.	41.7% de réussite pour le groupe PRF à 1 an, 50% de réussite pour le groupe MTA à 1 an, sans différence significative entre les groupes. Il y a cependant eu une différence significative d'échec entre 6 mois et 1 an pour le groupe MTA, indiquant qu'un grand nombre d'échec arrivait plus tardivement.
Doranal et al. 2021	60 patients	Essai clinique randomisé	12 mois	Pulpo + Hydroxyde de calcium Pulpo + Endosequence (biocéramiques) Pulpo + T-PRF	Absence de symptomatologie et contrôle radio pour vérifier l'absence d'apparition de lésion périapicale	Groupe 1 : 70% de réussite clinique et 60% de réussite radiologique Groupe 2 : 80% de réussite clinique et 65% de réussite radiologique Groupe 3 : 90% de réussite clinique et 85% de réussite radiologique
Keswani et al., 2014	70 cas au début de l'étude puis 62 après exclusion, 53 à la fin de l'étude	Essai clinique randomisé en double aveugle	2 ans	Pulpotomie sur dents définitives immatures + PRF + MTA (présence d'un groupe témoin sans PRF)	Absence de douleur, de formation d'un abcès, contrôle radiologique pour vérifier l'absence d'épaississement ligamentaire, de résorption interne ou externe, ou de destruction de l'os péri-radulaire, poursuite de la formation radulaire	Tous les critères de réussite ont été atteints. Pas de différence significative entre le groupe témoin et le groupe test. Fermeture apicale complète dans 80.07% dans le groupe témoin et 88.88% dans le groupe avec le PRF.
Kumar et al. 2016	54 patients, 41 à 12 mois	Essai clinique randomisé	12 mois	Pulpo + hydroxyde de calcium Pulpo + MTA Pulpo + PRF	Signes cliniques et radiologiques	Succès clinique : 81.2% pour le groupe 1, 83.3% pour le groupe 2 et 92.8% pour le groupe 3. Succès radiologique : 46.1% pour le groupe 1, 53.3% pour le groupe 2 et 38.4% pour le groupe 3. Pas de différence significative entre les groupes. On note une apparition importante d'échecs radio entre 6 et 12 mois.
Eid et al. 2022	63 patients	Essai clinique randomisé	12 mois	Pulpo + Silicate de calcium Pulpo + nano HA Pulpo + PRF	Signes cliniques et radiologiques + fermeture apicale et présence d'oblitération canalaire	100% pour les signes cliniques et radiologiques Fermeture apicale complète : G1 50%, G2 55%, G3 60%. Oblitération canalaire : G1 35%, G2 45%, G3 5% Différence significative entre le groupe 3 et les autres pour l'oblitération canalaire.
Singh et al. 2020	60 patients	Essai clinique randomisé	12 mois	Pulpo + hydroxyde de calcium Pulpo + MTA Pulpo + PRF	Signes cliniques et radiologiques	Succès clinique : G1 81.5% G2 82.4% G3 82.4% Pas de différence significative entre les groupes Succès radiographique : G1 81.5% G2 92.3% G3 84.1% Pas de différence significative entre les groupes.

Tableau 8 : Résultats des articles traitant de la pulpotomie avec les nouveaux critères d'inclusion

IV) Discussion

Les articles traitant de la chirurgie endodontique obtiennent un taux de réussite très élevé, cependant il n'est souvent évalué que la diminution de la taille de la lésion et non sa disparition complète du fait de la faible période de suivi.

Les articles traitant de l'apexogénèse obtiennent eux aussi des taux de réussite élevés, similaires aux articles inclus dans notre étude. Les études ne trouvent pas de différence significative entre l'utilisation de PRP ou de PRF.

Les articles traitant de la pulpotomie ont des taux élevés à part dans l'étude de Alawwad et al. (94). Plusieurs études ont remarqué l'apparition d'un plus grand nombre d'échecs dans la période de 6 mois à 12 mois post opératoire.

Pour conclure, la recherche avec les nouveaux critères d'inclusion retrouve globalement des résultats similaires à notre première étude, aux des taux de succès élevé, et pas de différence significative entre les différents dérivés plaquettaires.

Conclusion

Cette revue systématique de la littérature a mis en évidence l'intérêt et la polyvalence de l'utilisation des dérivés plaquettaires dans le domaine de l'endodontie.

Les articles inclus dans cette revue ont tous eu des résultats positifs sur l'utilisation de ceux-ci dans leurs études, et malgré quelques échecs, la survie de la dent traitée n'a pas été compromise et un autre traitement a pu être mis en place afin de la maintenir sur arcade.

Ces techniques restent néanmoins novatrices et de plus amples études, avec un niveau de preuve scientifique plus élevé doit être mis en œuvre pour déterminer réellement l'efficacité de leur utilisation dans la pratique de l'endodontie.

Il semblerait prudent de conclure, dans les limites de notre étude que l'utilisation des dérivés plaquettaires en endodontie serait au moins équivalente aux techniques conventionnelles, sans différence significative entre les dérivés plaquettaires.

Des études avec un échantillon plus important, avec des protocoles standardisés et avec un niveau de preuve scientifique élevé sont en train d'être menées comme l'étude de Liang et al. (21).

Bibliographie :

1. Alves R, Grimalt R. A Review of Platelet-Rich Plasma: History, Biology, Mechanism of Action, and Classification. *Skin Appendage Disord.* 2018;4(1):18-24.
2. Kawase T. Platelet-rich plasma and its derivatives as promising bioactive materials for regenerative medicine: basic principles and concepts underlying recent advances. *Odontology.* mai 2015;103(2):126-35.
3. Garcia-Godoy F, Murray PE. Recommendations for using regenerative endodontic procedures in permanent immature traumatized teeth: Regenerative endodontic procedures. *Dent Traumatol.* févr 2012;28(1):33-41.
4. Elghblawi E. Platelet-rich plasma, the ultimate secret for youthful skin elixir and hair growth triggering. *J Cosmet Dermatol.* juin 2018;17(3):423-30.
5. Mihaylova Z, Mitev V, Stanimirov P, Isaeva A, Gateva N, Ishkitiev N. Use of platelet concentrates in oral and maxillofacial surgery: an overview. *Acta Odontol Scand.* 2 janv 2017;75(1):1-11.
6. Marx RE. Platelet-rich plasma: evidence to support its use. *J Oral Maxillofac Surg.* avr 2004;62(4):489-96.
7. Du L, Miao Y, Li X, Shi P, Hu Z. A Novel and Convenient Method for the Preparation and Activation of PRP without Any Additives: Temperature Controlled PRP. *BioMed Res Int.* 2018;2018:1-12.
8. Choukroun J, Adda F, Schoeffler C, Vervelle A. Une opportunité en parodontologie: Le PRF. *Implantodontie* 2001;42:55-62.
9. Dohan S, Choukroun J, Dohan A, Donsimoni JM, Gabrieleff D, Fioretti F, et al. Platelet Rich Fibrin (PRF) : un nouveau biomatériau de cicatrisation. *Implantodontie.* avr 2004;13(2):87-97.
10. Dohan S, Choukroun J, Dohan A, Donsimoni JM, Gabrieleff D, Fioretti F, et al. Platelet Rich Fibrin (PRF) : un nouveau biomatériau de cicatrisation. *Implantodontie.* avr 2004;13(2):99-108.
11. Dohan S, Choukroun J, Dohan A, Donsimoni JM, Gabrieleff D, Fioretti F, et al. Platelet Rich Fibrin (PRF) : un nouveau biomatériau de cicatrisation. *Implantodontie.* avr 2004;13(2):109-15.
12. Narang I, Mittal N, Mishra N. A comparative evaluation of the blood clot, platelet-rich plasma, and platelet-rich fibrin in regeneration of necrotic immature permanent teeth: A clinical study. *Contemp Clin Dent.* 2015;6(1):63.
13. Shivashankar VY, Johns DA, Vidyanath S, Sam G. Combination of platelet rich fibrin, hydroxyapatite and PRF membrane in the management of large inflammatory periapical lesion. *J Conserv Dent JCD.* mai 2013;16(3):261-4.
14. Kandemir Demirci G, Güneri P, Çalışkan MK. Regenerative Endodontic Therapy with Platelet Rich Fibrin: Case Series. *J Clin Pediatr Dent.* 2020;44(1):15-9.
15. Naik B, Karunakar P, Jayadev M, Marshal VR. Role of Platelet rich fibrin in wound healing: A critical review. *J Conserv Dent JCD.* juill 2013;16(4):284-93.

16. Djais AI, Akbar FH, Adam M, Oktawati S, Tahir H, Gani A, et al. Application of Platelet Rich Fibrin (PRF) on Endodontic-Periodontic Lesion in Periodontal Tissue Regeneration: Case Report. *J Int Dent Med Res.* sept 2019;12(3):1189-95.
17. Ghanaati S, Booms P, Orłowska A, Kubesch A, Lorenz J, Rutkowski J, et al. Advanced Platelet-Rich Fibrin: A New Concept for Cell-Based Tissue Engineering by Means of Inflammatory Cells. *J Oral Implantol.* 1 déc 2014;40(6):679-89.
18. Tunali M, Özdemir H, Küçükodacı Z, Akman S, Fıratlı E. In vivo evaluation of titanium-prepared platelet-rich fibrin (T-PRF): a new platelet concentrate. *Br J Oral Maxillofac Surg.* juill 2013;51(5):438-43.
19. Miron RJ, Fujioka-Kobayashi M, Hernandez M, Kandalam U, Zhang Y, Ghanaati S, et al. Injectable platelet rich fibrin (i-PRF): opportunities in regenerative dentistry? *Clin Oral Investig.* nov 2017;21(8):2619-27.
20. Mourão CF de AB, Valiense H, Melo ER, Mourão NBMF, Maia MDC. Obtention of injectable platelets rich-fibrin (i-PRF) and its polymerization with bone graft: technical note. *Rev Colégio Bras Cir.* déc 2015;42(6):421-3.
21. Liang Y, Ma R, Chen L, Dai X, Zuo S, Jiang W, et al. Efficacy of i-PRF in regenerative endodontics therapy for mature permanent teeth with pulp necrosis: study protocol for a multicentre randomised controlled trial. *Trials.* 6 juill 2021;22(1):436.
22. Verma UP, Yadav RK, Dixit M, Gupta A. Platelet-rich Fibrin: A Paradigm in Periodontal Therapy - A Systematic Review. *J Int Soc Prev Community Dent.* 9 oct 2017;7(5):227-33.
23. Dohan Ehrenfest DM, Rasmusson L, Albrektsson T. Classification of platelet concentrates: from pure platelet-rich plasma (P-PRP) to leucocyte- and platelet-rich fibrin (L-PRF). *Trends Biotechnol.* mars 2009;27(3):158-67.
24. Anitua E. Plasma rich in growth factors: preliminary results of use in the preparation of future sites for implants. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1999 Jul-Aug;14(4):529-35. PMID: 10453668.
25. Leitner, G.C. et al. (2006) Platelet content and growth factor release in platelet-rich plasma: a comparison of four different systems. *Vox Sang.* 91, 135–139.
26. Mazzucco, L. et al. (2008) Platelet-rich plasma and platelet gel preparation using Plateltex. *Vox Sang.* 94, 202–208.
27. Chou T, Chang H, Wang J. Autologous platelet concentrates in maxillofacial regenerative therapy. *Kaohsiung J Med Sci.* mai 2020;36(5):305-10.
28. Dohan DM, Choukroun J, Diss A, Dohan SL, Dohan AJJ, Mouhyi J, et al. Platelet-rich fibrin (PRF): A second-generation platelet concentrate. Part I: Technological concepts and evolution. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* mars 2006;101(3):e37-44.
29. Ehrenfest DMD, Sammartino G, Shibli JA, Wang HL, Zou DR, Bernard JP. Guidelines for the publication of articles related to platelet concentrates (Platelet-Rich Plasma - PRP, or Platelet-Rich Fibrin - PRF): the international classification of the POSEIDO.

30. Salim R, Naser A. Platelet Concentrates: Review of Evolution and Classification. *Al-Rafidain Dent J.* 15 sept 2022;22(2):292-300.
31. Chong BS, Rhodes JS. Endodontic surgery. *Br Dent J.* mars 2014;216(6):281-90.
32. Ahmed GM, Nageh M, El-Baz AA, Saif N, Moustafa OHMS. CBCT volumetric evaluation of bone healing after endodontic microsurgery using platelet-rich fibrin (PRF). *Endod Pract Today.* déc 2018;12(4):241-8.
33. Pop I. Oral surgery: part 2. Endodontic surgery. *Br Dent J.* sept 2013;215(6):279-86.
34. Lin L, Chen MYH, Ricucci D, Rosenberg PA. Guided Tissue Regeneration in Periapical Surgery. *J Endod.* avr 2010;36(4):618-25.
35. Bashutski JD, Wang HL. Periodontal and Endodontic Regeneration. *J Endod.* mars 2009;35(3):321-8.
36. Uppada UK, Kalakonda B, Koppolu P, Varma N, Palakurthy K, Manchikanti V, et al. Combination of hydroxyapatite, platelet rich fibrin and amnion membrane as a novel therapeutic option in regenerative periapical endodontic surgery: Case series. *Int J Surg Case Rep.* 2017;37:139-44.
37. Demiralp B, Keceli H, Muhtarogullari M, Serper A, Demiralp B, Eratalay K. Treatment of Periapical Inflammatory Lesion with the Combination of Platelet-Rich Plasma and Tricalcium Phosphate: A Case Report. *J Endod.* nov 2004;30(11):796-800.
38. Aroca S, Keglevich T, Barbieri B, Gera I, Etienne D. Clinical Evaluation of a Modified Coronally Advanced Flap Alone or in Combination With a Platelet-Rich Fibrin Membrane for the Treatment of Adjacent Multiple Gingival Recessions: A 6-Month Study. *J Periodontol.* févr 2009;80(2):244-52.
39. Sculean A, Nikolidakis D, Schwarz F. Regeneration of periodontal tissues: combinations of barrier membranes and grafting materials - biological foundation and preclinical evidence: A systematic review. *J Clin Periodontol.* sept 2008;35:106-16.
40. Camargo JMP, Braga T, Camargo R, Love RM, Reher P. Surgical management of a large radicular cyst using modified guided tissue regeneration techniques: a case report with 4 years follow-up. *Oral Surg.* 2019;12(4):323-31.
41. Demiralp B, Nohutçu RM, Tepe DI, Eratalay K. Intentional replantation for periodontally involved hopeless teeth: **Intentional replantation in periodontally involved teeth.** *Dent Traumatol.* févr 2003;19(1):45-51.
42. Peer M. Intentional replantation - a 'last resort' treatment or a conventional treatment procedure? Nine case reports: **Intentional replantation.** *Dent Traumatol.* févr 2004;20(1):48-55.
43. Choi YH, Bae JH, Kim YK, Kim HY, Kim SK, Cho BH. Clinical outcome of intentional replantation with preoperative orthodontic extrusion: a retrospective study. *Int Endod J.* déc 2014;47(12):1168-76.
44. Lesclous P. Prescription des antibiotiques en pratique bucco-dentaire: Recommandations Afssaps 2011. *Médecine Buccale Chir Buccale.* nov 2011;17(4):334-46.
45. Becker BD. Intentional Replantation Techniques: A Critical Review. *J Endod.* janv 2018;44(1):14-21.

46. Jang Y, Lee SJ, Yoon TC, Roh BD, Kim E. Survival Rate of Teeth with a C-shaped Canal after Intentional Replantation: A Study of 41 Cases for up to 11 Years. *J Endod.* sept 2016;42(9):1320-5.
47. Cho SY, Lee Y, Shin SJ, Kim E, Jung IY, Friedman S, et al. Retention and Healing Outcomes after Intentional Replantation. *J Endod.* juin 2016;42(6):909-15.
48. Reichert da Silva Assunção L, Colenci R, Ferreira do-Amaral CC, Sonoda CK, Mogami Bomfim SR, Okamoto R, et al. Periodontal Tissue Engineering After Tooth Replantation. *J Periodontol.* mai 2011;82(5):758-66.
49. Tözüm TF, Keçeli HG, Serper A, Tuncel B. Intentional replantation for a periodontally involved hopeless incisor by using autologous platelet-rich plasma. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* juin 2006;101(6):e119-24.
50. Demir B, Demiralp B, Güncü GN, Özgür Uyanık M, Çağlayan F. Intentional replantation of a hopeless tooth with the combination of platelet rich plasma, bioactive glass graft material and non-resorbable membrane: a case report. *Dent Traumatol.* juin 2007;23(3):190-4.
51. Deshpande NM, Shah D, Wadekar S. Maintenance of cell viability in extraoral conditions for a case of intentional replantation to retrieve a separated endodontic instrument. *J Conserv Dent JCD.* avr 2019;22(2):207-12.
52. Murray PE, Garcia-Godoy F, Hargreaves KM. Regenerative Endodontics: A Review of Current Status and a Call for Action. *J Endod.* avr 2007;33(4):377-90.
53. Hargreaves KM, Diogenes A, Teixeira FB. Treatment Options: Biological Basis of Regenerative Endodontic Procedures. *J Endod.* mars 2013;39(3):S30-43.
54. Kontakiotis EG, Filippatos CG, Tzanetakis GN, Agrafioti A. Regenerative Endodontic Therapy: A Data Analysis of Clinical Protocols. *J Endod.* févr 2015;41(2):146-54.
55. Diogenes A, Ruparel NB, Shiloah Y, Hargreaves KM. Regenerative endodontics. *J Am Dent Assoc.* mai 2016;147(5):372-80.
56. Cehreli ZC, Isbitiren B, Sara S, Erbas G. Regenerative Endodontic Treatment (Revascularization) of Immature Necrotic Molars Medicated with Calcium Hydroxide: A Case Series. *J Endod.* sept 2011;37(9):1327-30.
57. Witherspoon DE, Ham K. One-visit apexification: technique for inducing root-end barrier formation in apical closures. *Pract Proced Aesthet Dent.* 2001;13(6):455-460.
58. Bose R, Nummikoski P, Hargreaves K. A Retrospective Evaluation of Radiographic Outcomes in Immature Teeth With Necrotic Root Canal Systems Treated With Regenerative Endodontic Procedures. *J Endod.* oct 2009;35(10):1343-9.
59. Windley W, Teixeira F, Levin L, Sigurdsson A, Trope M. Disinfection of Immature Teeth with a Triple Antibiotic Paste. *J Endod.* juin 2005;31(6):439-43.
60. Hoshino E, Kurihara-Ando N, Sato I, Uematsu H, Sato M, Kota K, Iwaku M. In-vitro antibacterial susceptibility of bacteria taken from infected root dentine to a mixture of ciprofloxacin, metronidazole and minocycline. *Int Endod J* 1996;29:125–30.

61. Nosrat A, Seifi A, Asgary S. Regenerative Endodontic Treatment (Revascularization) for Necrotic Immature Permanent Molars: A Review and Report of Two Cases with a New Biomaterial. *J Endod.* avr 2011;37(4):562-7.
62. Torabinejad M, Turman M. Revitalization of Tooth with Necrotic Pulp and Open Apex by Using Platelet-rich Plasma: A Case Report. *J Endod.* févr 2011;37(2):265-8.
63. Jadhav G, Shah N, Logani A. Revascularization with and without Platelet-rich Plasma in Nonvital, Immature, Anterior Teeth: A Pilot Clinical Study. *J Endod.* déc 2012;38(12):1581-7.
64. Bezgin T, Yilmaz AD, Celik BN, Kolsuz ME, Sonmez H. Efficacy of Platelet-rich Plasma as a Scaffold in Regenerative Endodontic Treatment. *J Endod.* janv 2015;41(1):36-44.
65. Ray HL, Marcelino J, Braga R, Horwat R, Lisien M, Khaliq S. Long-term follow up of revascularization using platelet-rich fibrin. *Dent Traumatol.* févr 2016;32(1):80-4.
66. Flake NM, Gibbs JL, Diogenes A, Hargreaves KM, Khan AA. A Standardized Novel Method to Measure Radiographic Root Changes after Endodontic Therapy in Immature Teeth. *J Endod.* janv 2014;40(1):46-50.
67. Cvek M. A clinical report on partial pulpotomy and capping with calcium hydroxide in permanent incisors with complicated crown fracture. *J Endod.* janv 1978;4(8):232-7.
68. Aguilar P, Linsuwanont P. Vital Pulp Therapy in Vital Permanent Teeth with Cariously Exposed Pulp: A Systematic Review. *J Endod.* mai 2011;37(5):581-7.
69. Baranwal HC, Mittal N, Yadav J, Rani P, Pg NK. Outcome of partial pulpotomy verses full pulpotomy using biodentine in vital mature permanent molar with clinical symptoms indicative of irreversible pulpitis: A randomized clinical trial.
70. Keswani D, Pandey RK, Ansari A, Gupta S. Comparative evaluation of platelet-rich fibrin and mineral trioxide aggregate as pulpotomy agents in permanent teeth with incomplete root development: a randomized controlled trial. *J Endod.* mai 2014;40(5):599-605.
71. Eid A, Mancino D, Rekab MS, Haikel Y, Kharouf N. Effectiveness of Three Agents in Pulpotomy Treatment of Permanent Molars with Incomplete Root Development: A Randomized Controlled Trial. *Healthc Basel Switz.* 25 févr 2022;10(3):431.
72. D. Prasanthi N, Simpsy G, Chittem J, Sajjan G. Biological Approach in the Management of Permanent Molars with Irreversible Pulpitis Using Platelet-Rich Fibrin as a Pulpotomy Medicament: Case Reports with 2-Year Follow Up. *J Interdiscip Dent.* janv 2018;8(1):30-4.
73. Hiremath H, Saikalyan S, Kulkarni SS, Hiremath V. Second-generation platelet concentrate (PRF) as a pulpotomy medicament in a permanent molar with pulpitis: A case report. *Int Endod J.* 2012;45(1):105-12.
74. Patidar S, Kalra N, Khatri A, Tyagi R. Clinical and radiographic comparison of platelet-rich fibrin and mineral trioxide aggregate as pulpotomy agents in primary molars. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* oct 2017;35(4):367-73.
75. Nagendrababu V, Duncan HF, Tsesis I, Sathorn C, Pulikkotil SJ, Dharmarajan L, et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses for abstracts: best practice

for reporting abstracts of systematic reviews in Endodontology. *Int Endod J.* 10 avr 2019;iej.13118.

76. Moola S, Munn Z, Tufanaru C, Aromataris E, Sears K, Sfetcu R, Currie M, Qureshi R, Mattis P, Lisy K, Mu P-F. Chapter 7: Systematic reviews of etiology and risk. In: Aromataris E, Munn Z (Editors). *JBIManual for Evidence Synthesis*. JBI, 2020.

77. Pai S, Kamath AT, Bhagania M, Shenoy N, Saraswathi MV. Assessment of healing of a large radicular cyst using cone beam computed tomography: Two years follow-up. *World J Dent.* 2016;7(1):47-50.

78. E D, Kumar A, Tewari RK, Mishra SK, Iftekhhar H. Management of large preiapical lesion with the combination of second generation platelet extract and hydroxyapatite bone graft: a report of three cases. *J Clin Diagn Res JCDR.* janv 2015;9(1):ZD24-27.

79. Parikh B, S. N, P. V. A comparative evaluation of healing with a computed tomography scan of bilateral periapical lesions treated with and without the use of platelet-rich plasma. *Indian J Dent Res.* 5 juin 2011;22(3):547-50.

80. Viganò R, Disconzi M, Bertini E, Viganò L, Casu C. B.P.F.C.® Bio-Plasma® with Pure Growth Factors (BioPlasma®) Used for the Treatment of a Persistent Great Periapical Lesion of an Endodontically Treated Tooth: A New Therapeutic Option. *Case Rep Dent.* 29 juin 2020;1-6.

81. Meschi N, EzEldeen M, Garcia AET, Lahoud P, Van Gorp G, Coucke W, et al. Regenerative Endodontic Procedure of Immature Permanent Teeth with Leukocyte and Platelet-rich Fibrin: A Multicenter Controlled Clinical Trial. *J Endod.* nov 2021;47(11):1729-50.

82. Gaviño Orduña JF, Caviedes-Bucheli J, Manzanares Céspedes MC, Berástegui Jimeno E, Martín Biedma B, Segura-Egea JJ, et al. Use of Platelet-rich Plasma in Endodontic Procedures in Adults: Regeneration or Repair? A Report of 3 Cases with 5 Years of Follow-up. *J Endod.* août 2017;43(8):1294-301.

83. Prasad J, de Ataide I de N, Chalakkal P, Likhyan LK. Comparison between the Outcomes of Two Platelet-Rich Concentrates on Apexogenesis in Young Permanent Incisors Requiring Endodontic Retreatment. *Contemp Clin Dent.* juin 2018;9(Suppl 1):S156-9.

84. Ulusoy AT, Turedi I, Cimen M, Cehreli ZC. Evaluation of Blood Clot, Platelet-rich Plasma, Platelet-rich Fibrin, and Platelet Pellet as Scaffolds in Regenerative Endodontic Treatment: A Prospective Randomized Trial. *J Endod.* mai 2019;45(5):560-6.

85. Yoshpe M, Kaufman AY, Lin S, Ashkenazi M. Regenerative endodontics: a promising tool to promote periapical healing and root maturation of necrotic immature permanent molars with apical periodontitis using platelet-rich fibrin (PRF). *Eur Arch Paediatr Dent Off J Eur Acad Paediatr Dent.* juin 2021;22(3):527-34.

86. Yadav P, Pruthi PJ, Naval RR, Talwar S, Verma M. Novel use of platelet-rich fibrin matrix and MTA as an apical barrier in the management of a failed revascularization case. *Dent Traumatol Off Publ Int Assoc Dent Traumatol.* août 2015;31(4):328-31.

87. Schultz MB, Sinclair DA. When stem cells grow old: phenotypes and mechanisms of stem cell aging. *Development.* 1 janv 2016;143(1):3-14.

88. Arora A, Bhesania D, Kapoor S, Kaur H. A 5 years' follow-up of root anatomy-based maturogenesis achieved in infected immature molars using regenerative techniques - A case series. *J Conserv Dent JCD*. août 2020;23(4):422-7.
89. Kritika S, Sujatha V, Srinivasan N, Renganathan SK, Mahalaxmi S. Prospective cohort study of regenerative potential of non vital immature permanent maxillary central incisors using platelet rich fibrin scaffold. *Sci Rep*. 1 juill 2021;11(1):13679.
90. Nawal RR, Utneja S, Sharma V, Yadav S, Talwar S. Long-term follow-up of traumatized immature necrotic permanent teeth treated with regenerative endodontic protocol using platelet-rich fibrin: A prospective case series. *J Conserv Dent JCD*. août 2020;23(4):417-21.
91. Sakthivel S, Gayathri V, Anirudhan S, Roja RJS. Platelet-rich fibrin and collagen matrix for the regeneration of infected necrotic immature teeth. *J Clin Transl Res*. 16 juill 2020;6(1):1-5.
92. Meza G, Urrejola D, Saint Jean N, Inostroza C, López V, Khoury M, et al. Personalized Cell Therapy for Pulpitis Using Autologous Dental Pulp Stem Cells and Leukocyte Platelet-rich Fibrin: A Case Report. *J Endod*. févr 2019;45(2):144-9.
93. Agence Nationale d'Accréditation et d'Evaluation en Santé (ANAES). *Acta Endosc*. avr 1998;28(2):151-5.
94. Alawwad M, Altinawi M, Rekab M, Kosyрева T, Almokaddam H, Katbeh I. A randomised clinical radiological study using platelet rich fibrin and MTA in pulpotomy of first permanent immature molars. *J Clin Diagn Res*. 2020;14(11):ZC01-5.

Collège des Sciences de la Santé

UFR des Sciences Odontologiques

Serment

En présence de mes Maîtres et de mes condisciples, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de l'art dentaire.

Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un honoraire au-dessus de mon travail. Ma langue taira les secrets qui me seront confiés. Admis à l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe.

Mes connaissances et mon état ne serviront ni à diffuser des propos non avérés, ni à corrompre les mœurs, ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des conditions de croyance, de nation et de race viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Je promets et je jure de conformer strictement ma conduite professionnelle aux principes et aux règles prescrites par le code de déontologie.

Si je remplis ce serment sans l'enfreindre, qu'il me soit donné de jouir heureusement de la vie et de ma profession, honoré à jamais parmi les hommes. Si je le viole et que je me parjure, puissé-je avoir un sort contraire.



Vu, Le Président du Jury,

Date, Signature :

Vu, la Directrice de l'UFR des Sciences Odontologiques,

Date, Signature :

Vu, le Président de l'Université de Bordeaux,

Date, Signature :

Titre : Les dérivés plaquettaires et leur utilisation en endodontie : une revue systématique de la littérature.

Résumé : L'objectif de cette revue systématique était de mettre en évidence l'utilisation des dérivés plaquettaires dans les techniques endodontiques et d'évaluer leur efficacité sur le succès au cours du temps. Une recherche a été effectuée sur les bases de données Pubmed, Scopus, DOSS, WoS, Embase et Cochrane. Une série de critères d'inclusion et d'exclusion ont permis la sélection des articles. Une évaluation du risque de biais a également été réalisée.

20 articles ont été inclus dans cette étude, 6 traitant de la chirurgie endodontique, 1 de l'avulsion réimplantation intentionnelle, 10 d'apexogénèse et 3 de pulpotomie.

Tous les articles montrent des taux de réussite très intéressants, sans cependant trouver de différence significative entre les différents dérivés plaquettaires.

En conclusion, les dérivés plaquettaires semblent avoir des propriétés intéressantes pour leur utilisation dans le domaine de l'endodontie, mais de plus amples études avec un niveau de preuve plus élevé doivent être menées.

Mots clés : PRP, PRF, Dérivés plaquettaires, Endodontie, Chirurgie endodontique, Avulsion réimplantation intentionnelle, Apexogénèse, Pulpotomie.

Title : Platelet concentrate and their use in endodontics : a systematic review.

Abstract : The aim of this systematic review was to highlight the use of platelet concentrates in endodontic techniques and to evaluate their effectiveness over time. A search was performed on Pubmed, Scopus, DOSS, WoS, Embase and Cochrane databases. A series of inclusion and exclusion criteria were used to select the articles. An assessment of the risk of bias was also performed.

20 articles were included in this review, 6 dealing with endodontic surgery, 1 with intentional replantation, 10 with apexogenesis and 3 with pulpotomy.

All of them show very good success rates, but no significant difference was found between the different platelet concentrate.

To conclude, platelet concentrate seem to have interesting properties for their use in the field of endodontics, but further studies with a higher level of evidence are needed.

Keywords : PRP, PRF, Platelet concentrate, Endodontics, Endodontic surgery, Intentional replantation, Apexogenesis, Pulpotomy.