



Développement d'une démarche d'évaluation des pratiques en endodontie

Pierre-Yves Cousson

► To cite this version:

Pierre-Yves Cousson. Développement d'une démarche d'évaluation des pratiques en endodontie. Médecine humaine et pathologie. Université d'Auvergne - Clermont-Ferrand I, 2015. Français. NNT : 2015CLF1DD01 . tel-01502545

HAL Id: tel-01502545

<https://theses.hal.science/tel-01502545>

Submitted on 5 Apr 2017

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.

UNIVERSITE D'Auvergne
ECOLE DOCTORALE DES SCIENCES DE LA VIE, SANTE, AGRONOMIE,
ENVIRONNEMENT

THESE
Pour obtenir le grade de
Docteur de l'Université d'Auvergne
Discipline : Odontologie

Soutenue le 22 Juillet 2015
Par Pierre-Yves Cousson

DEVELOPPEMENT D'UNE DEMARCHE D'EVALUATION DES PRATIQUES EN ENDODONTIE

JURY

Mr Le Professeur Jean-Jacques Lasfargues	Rapporteur externe
Mr Le Professeur Youssef Haïkel	Rapporteur externe
Mr le Docteur Stéphane Simon	Examineur
Mme le Professeur Stéphanie Tubert	Examineur
Mme le Professeur Martine Hennequin	Directeur

PLAN

1	INTRODUCTION.....	6
1.1	EVALUATION DES PRATIQUES PROFESSIONNELLES.....	6
1.2	AMELIORATION DES PRATIQUES PROFESSIONNELLES	6
1.3	OBJECTIF DE LA THESE	8
2	EVALUER LES PRATIQUES EN ENDODONTIE.....	8
2.1	POURQUOI EVALUER LES PRATIQUES EN ENDODONTIE ?	8
2.2	ETAPE 1 : QUELLE EST LA PRATIQUE IDEALE EN ENDODONTIE ?.....	10
2.3	ETAPE 2 : QUELS INDICATEURS FAUT-IL UTILISER POUR EVALUER LES TRAITEMENTS ENDODONTIQUES	11
2.3.1	<i>Evaluation radiologique post opératoire de la qualité du traitement.....</i>	<i>12</i>
2.3.2	<i>Suivi du traitement endodontique.....</i>	<i>13</i>
2.3.3	<i>Variables indépendantes affectant la qualité ou le résultat du traitement endodontique</i>	<i>15</i>
2.3.3.1	Technique radiographique.....	15
2.3.3.2	Type de dents	16
2.3.3.3	Diagnostic pulpaire.....	16
2.3.3.4	Index péri apical (PAI)	17
2.3.3.5	Evaluation de la difficulté du traitement endodontique.....	17
2.4	ETAPES 3, 4 ET 5 : EVALUATION DES PROCEDURES ENDODONTIQUES ET ETUDE DES FACTEURS AFFECTANT LEUR VARIABILITE	18
2.4.1	<i>Comparaison de la qualité des traitements endodontiques réalisés sous anesthésie générale par des seniors à celle des traitements réalisés en vigile par des étudiants</i>	<i>18</i>
2.4.1.1	Contexte scientifique de l'étude	18
2.4.1.2	Matériels et méthodes.....	19
2.4.1.3	Résultats.....	20
2.4.1.4	Discussion-conclusion.....	20
2.4.2	<i>Efficacité de traitements endodontiques réalisés sous anesthésie générale au CHU de Clermont-Ferrand.....</i>	<i>20</i>
2.4.2.1	Contexte scientifique de l'étude	20
2.4.2.2	Matériel et méthodes	20
2.4.2.3	Résultats.....	21
2.4.2.4	Discussion-conclusion.....	22
2.4.3	<i>Qualité et efficacité des traitements endodontiques réalisés par les étudiants au CHU de Clermont-Ferrand.....</i>	<i>23</i>
2.4.3.1	Contexte scientifique de l'étude	23
2.4.3.2	Matériel et méthodes	23
2.4.3.3	Résultats.....	23

2.4.3.4	Discussion-conclusion.....	24
2.4.4	<i>Synthèse des trois études d'évaluation.....</i>	26
2.5	ÉTAPE 6 : PROPOSITIONS D' ACTIONS D' AMELIORATION DES PRATIQUES	27
2.5.1	<i>Actions visant à améliorer la qualité des traitements endodontiques.....</i>	28
2.5.1.1	Evaluation prospective de la difficulté des traitements endodontiques	28
2.5.1.2	Indications de pulpotomies pour les dents vitales présentant un critère de difficulté du traitement endodontique	28
2.5.1.3	Utilisation de l'instrumentation mécanisée pour la préparation canalaire	29
2.5.1.4	Recours à un enseignant	30
2.5.1.5	Formalisation d'un arbre décisionnel.....	30
2.5.2	<i>Actions visant à améliorer les conditions du suivi des traitements</i>	32
2.5.2.1	Mise en place d'une procédure de rappel systématique	32
2.5.2.2	Gestion des échecs	32
3	MISE EN PLACE D' ACTIONS D' AMELIORATION.....	32
3.1	INDICATIONS DE PULPOTOMIE THERAPEUTIQUE.....	33
3.1.1	<i>Etat de la question</i>	33
3.1.2	<i>Conditions de mise en place.....</i>	35
3.1.2.1	Indications	35
3.1.2.2	Protocole opératoire.....	35
3.1.2.3	Critères d'évaluation du résultat de la pulpotomie	37
3.1.2.4	Etude préliminaire.....	38
3.2	RECOURS A L' INSTRUMENTATION ROTATIVE NiTi POUR LES TRAITEMENTS ENDODONTIQUES DES DENTS PLURI-RADICULEES	39
3.2.1	<i>Etat de la question</i>	39
3.2.2	<i>Conditions de mise en place.....</i>	39
3.2.2.1	Indications	39
3.2.2.2	Protocole opératoire.....	39
3.2.2.3	Critères d'évaluation.....	40
3.2.2.4	Etude préliminaire.....	40
4	CONCLUSION	40
5	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	42
6	ANNEXES	53
6.1	ANNEXE 1.....	53
6.2	ANNEXE 2.....	62
6.3	ANNEXE 3.....	72

RESUME

Ce travail décrit la mise en œuvre d'une démarche d'évaluation des pratiques professionnelles mise en place dans le service d'odontologie du CHU de Clermont-Ferrand afin de définir la qualité et le résultat des traitements endodontiques. Un cycle de Deming, ou cycle Plan-Do-Check-Act (PDCA) a été appliqué dans l'objectif de rechercher les facteurs influençant la qualité et le résultat des traitements endodontiques, et de proposer les améliorations susceptibles d'assurer un meilleur service au patient. La phase Plan d'un cycle PDCA est la phase d'évaluation des pratiques. Elle se déroule en 6 étapes. Au cours de l'étape 1, la pratique idéale pour la procédure a été évaluée, en référence aux recommandations académiques. L'étape 2 a consisté au choix d'indicateurs permettant d'évaluer la proportion de traitements endodontiques adéquats et le résultat du traitement endodontique. Au cours de l'étape 3, la qualité et le résultat des traitements endodontiques réalisés dans le service d'odontologie de Clermont-Ferrand ont été évalués à l'aide des indicateurs définis à l'étape 2. Les facteurs influençant la qualité et le résultat ont également été recherchés. Au terme de l'évaluation, deux actions d'amélioration ont été proposées. Il s'agit d'une part de la mise en place d'un arbre décisionnel des procédures du traitement, prenant en compte le type de dent, l'état pulpaire, et la difficulté prévisible du ou des canaux et d'autre part de l'organisation du rappel systématique des patients et de la gestion des traitements en échec. Au CHU de Clermont-Ferrand, la procédure d'amélioration des pratiques se poursuit par la mise en place de ces actions dans le contexte de la phase « Do » du cycle PDCA.

1 INTRODUCTION

1.1 Evaluation des pratiques professionnelles

En 2009, le législateur a voté la loi Hôpital Patients Santé Territoires (HPST) instaurant l'obligation de développement professionnel continu (DPC) pour l'ensemble des professionnels de santé (Loi n°2009-879 du 21 juillet 2009 portant réforme de l'hôpital et relative aux patients, à la santé et aux territoires) (1). Le développement professionnel continu (DPC) est un dispositif unique regroupant l'évaluation des pratiques professionnelles (EPP) et la formation continue (FC). Selon l'article 59 de la loi HPST, le DPC a pour objectifs « l'évaluation des pratiques professionnelles, le perfectionnement des connaissances, l'amélioration de la qualité et de la sécurité des soins ainsi que la prise en compte des priorités de santé publique et de la maîtrise médicalisée des dépenses de santé ». Selon l'article R. 4143-1 « Le développement professionnel continu comporte l'analyse, par les chirurgiens-dentistes, de leurs pratiques professionnelles ». Le décret n° 2011-2115 du 30 décembre 2011 relatif au DPC a été voté pour les chirurgiens-dentistes. En février 2013, un arrêté a fixé la liste des orientations nationales pour le DPC. Ces orientations visent entre autres à l'évaluation de la prise en charge diagnostique ou thérapeutique.

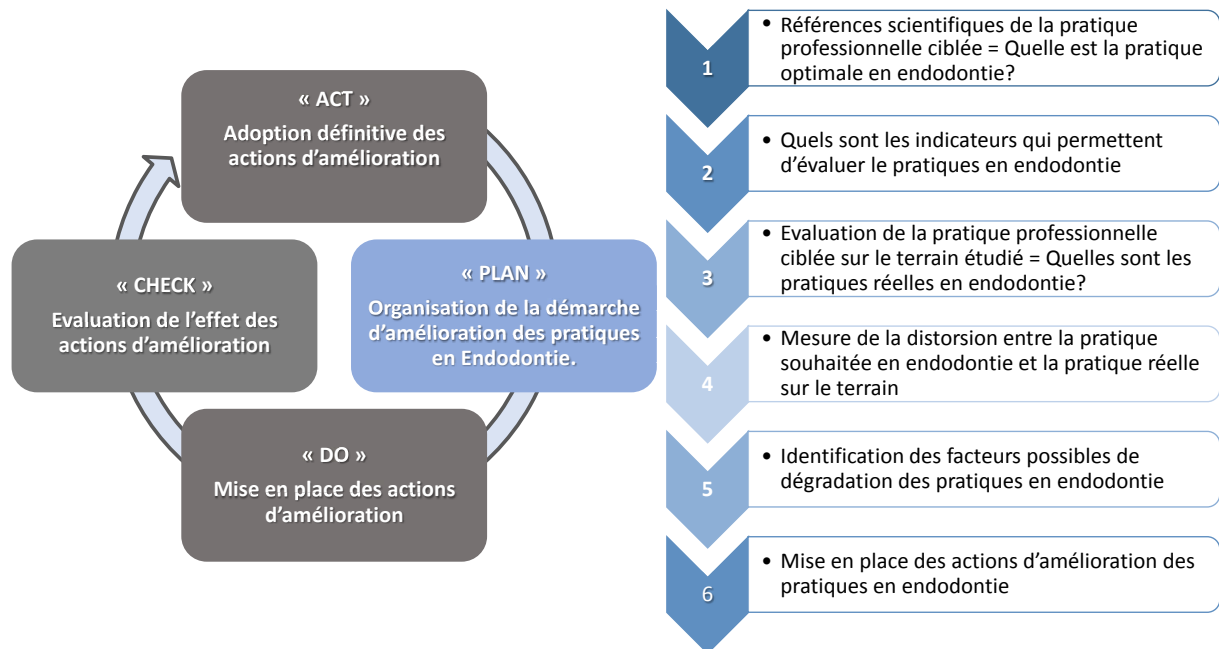
1.2 Amélioration des pratiques professionnelles

L'amélioration des pratiques professionnelles est une démarche universelle qui concerne tous les domaines d'activités. Cette approche de la gestion de la qualité a été développée initialement pour les entreprises afin d'améliorer leur compétitivité. Un des pères fondateurs de cette approche était Deming (2). L'objectif de Deming était d'améliorer la qualité et la production grâce à des processus répétables et stables. Par extension cette démarche s'est imposée dans le domaine médical. Il s'agit d'une part d'améliorer ses connaissances scientifiques afin ensuite d'améliorer la qualité et la sécurité des soins. C'est une démarche consistant à comparer régulièrement les procédures ou les résultats d'une pratique avec des références académiques ou scientifiques.

L'objectif alors est de contrôler les procédures médicales en s'assurant que l'on fournisse le résultat attendu de nos pratiques. La mise en place de procédures stables et répétables serait la garantie de résultats proches de ceux attendus par les références académiques. Elle a été développée dans certains domaines de la santé (3–5) mais aucune application n'a jusqu'alors été décrite en odontologie.

Cette démarche de contrôle qualité est souvent appelée « Cercle de Deming » ou « Cycle PDCA » (en anglais : Plan-Do-Check-Act cycle) ou encore « Roue de la qualité » (Figure 1).

Figure 1 : Représentation schématique des relations entre une procédure d'évaluation des pratiques en endodontie et un cycle de Deming visant l'amélioration des pratiques en endodontie.



Ce cycle PDCA se constitue donc de 4 phases consécutives :

1) Phase Plan : La phase Plan d'un cycle de PDCA est la phase d'organisation de la démarche d'amélioration des pratiques. C'est une phase essentielle au cours de laquelle les objectifs sont fixés, les outils d'évaluation sont choisis, et l'évaluation de la situation actuelle est réalisée. **Ainsi, la phase Plan d'un cycle de Deming est en elle-même une démarche d'évaluation des pratiques professionnelles.**

Au cours de cette phase, l'ensemble d'une procédure est analysé à travers 6 étapes différentes. Il est alors capital d'identifier les bons indicateurs de la pratique afin de ne pas faire d'erreurs d'interprétation qui compromettraient alors l'ensemble du cycle. Durant cette phase Plan, le recours aux recommandations scientifiques et à la littérature fondée sur la preuve a une place importante. En effet, c'est également une démarche de dentisterie fondée sur la preuve qui guide cette phase. L'analyse de la littérature conditionne toutes les étapes d'analyse.

- Etape 1 : lorsque la procédure cible du PDCA a été identifiée, il convient de déterminer quelle est la pratique idéale de cette procédure, en référence aux recommandations académiques ou à la littérature scientifique. Cette démarche définira ce que doit être un traitement de qualité en endodontie.

- Etape 2 : l'objectif de cette étape est le choix d'indicateurs permettant l'analyse de la procédure. A partir de l'analyse de la littérature scientifique, les indicateurs les plus pertinents sont retenus. Ces indicateurs caractérisent la pratique et sont utilisés lors des étapes ou phases suivantes.
- Etape 3 : c'est l'étape d'évaluation proprement dite. Les outils permettant le recueil des données sont mis en place. Ces données doivent fournir la mesure directe ou indirecte des indicateurs définis lors de l'étape 2.
- Etape 4 : l'objectif de cette étape est de déterminer quels sont les écarts entre la pratique mesurée et les données de la littérature.
- Etape 5 : l'objectif est de mettre en évidence les facteurs pouvant affecter la qualité ou le résultat des pratiques, afin de fournir des arguments utiles à l'étape suivante.
- Etape 6 : les propositions d'actions d'amélioration sont faites au cours de cette étape. Les facteurs de variation de la pratique font l'objet d'une analyse basée sur la preuve. Un groupe de consensus statue sur la pertinence des actions qui peuvent être mises en place pour améliorer les pratiques.

2) **Phase Do** : durant cette phase, les actions d'amélioration sont mises en place.

3) **Phase Check** : durant cette phase, l'évaluation de l'impact de la solution d'amélioration sur le problème est analysée. Les indicateurs sont ceux mis en place lors de l'étape d'évaluation de la phase Plan

4) **Phase Act** : mise en place définitive des actions d'amélioration.

1.3 Objectif de la thèse

Une démarche d'évaluation des pratiques professionnelles a été mise en place dans le service d'odontologie du CHU de Clermont-Ferrand afin de définir la qualité et le résultat des traitements endodontiques, dans l'objectif de rechercher d'une part les facteurs influençant ces traitements, et d'autre part les améliorations susceptibles d'assurer un meilleur service au patient.

2 EVALUER LES PRATIQUES EN ENDODONTIE

2.1 Pourquoi évaluer les pratiques en endodontie ?

Différentes études épidémiologiques transversales ont montré que, selon les pays, la prévalence des lésions apicales d'origine endodontique (LOE) variait de 40 à 68 % pour les

dents traitées endodontiquement (6–9). En France, en 2002, les examens de radiographies panoramiques ou pé ri-apicales de patients fréquentant le service d’odontologie de Nice et Paris ont permis d’évaluer respectivement l’état péri-apical de 1429 et 1026 dents traitées, et établissaient une prévalence de 30 % (10,11). Une revue d’études transversales a analysé 300861 dents, 10% étaient traitées endodontiquement et 36% présentaient une lésion apicale (12).

Le pourcentage de traitements répondant aux critères de qualité varierait de 13 à 40% (6,7,10,11,13–22). Or, la prévalence des lésions apicales est souvent associée à un traitement endodontique ne répondant pas aux critères de qualité (21,23–25). Une étude de suivi à 10 ans a montré que la probabilité de présenter radiologiquement une image apicale persistante était plus importante lorsque le traitement endodontique était trop court ou trop long, ou lorsqu’il y avait des vides au sein de l’obturation canalaire (26).

Au regard de la prévalence des lésions apicales et de la qualité technique insuffisante des traitements endodontiques, un problème de santé publique se pose. Un traitement endodontique de mauvaise qualité a des conséquences médicales et économiques. En effet, des publications récentes suggèrent que la LOE pourrait contribuer au développement d’une inflammation systémique par la mise en place d’une réaction immunitaire acquise et innée. Une étude a montré que le processus inflammatoire péri-apical entraîne, au niveau sanguin, la libération de certaines molécules de l’inflammation telles que la protéine C réactive, les interleukines IL-1,2,6, le diméthyl arginine asymétrique, les immunoglobulines A, G, et M (27). D’autres études ont souligné que la LOE pourrait présenter des comorbidités avec certaines maladies systémiques telles que les maladies cardiovasculaires ou le diabète du fait de l’état d’inflammation chronique (9,28–30). Enfin, la conséquence d’un échec d’un traitement endodontique pourrait également être fonctionnelle. L’avulsion d’une dent suite à un échec de traitement endodontique pourrait entraîner une incapacité masticatoire et des carences nutritionnelles chez les patients pour qui une réhabilitation prothétique ou implantaire est compromise pour des raisons économiques.

Au sein des structures hospitalo-universitaires, peu de données sont disponibles sur la qualité et le suivi des traitements endodontiques. C’est une démarche d’autant plus pertinente à l’hôpital où la majorité des actes est réalisée par des étudiants en formation initiale. Enfin, initier des étudiants à une démarche d’EPP les incite à réfléchir sur leur pratique et les prépare à la mise en application dans leur futur exercice.

Ainsi, les résultats des études épidémiologiques transversales et longitudinales et les obligations légales de mettre en place une évaluation des pratiques professionnelles doivent inciter les professionnels à réfléchir sur leurs pratiques.

2.2 Etape 1 : Quelle est la pratique idéale en endodontie ?

Lorsqu'une démarche d'EPP est engagée, il est nécessaire de déterminer comment est définie la procédure analysée selon les références académiques et les guides de bonnes pratiques. Ce sont ces standards académiques qui définissent les règles de bonnes pratiques. En endodontie, les objectifs et les moyens mis en œuvre au cours du traitement endodontique doivent répondre au guide de bonnes pratiques édicté par la Société Européenne d'Endodontie en 2006 (31) et par la Haute Autorité en Santé en 2008 en France (32). Le traitement endodontique a pour objectif de prévenir ou traiter les maladies de la pulpe et du péri-apex et ainsi retrouver une dent saine, asymptomatique et fonctionnelle sur l'arcade (32). Ces objectifs sont assurés par une mise en forme du canal permettant la circulation de la solution de désinfection (31). La pérennité de la désinfection est garantie grâce à une obturation canalaire et coronaire étanche. L'obturation hermétique et définitive de la dent, tant au niveau coronaire que radiculaire, prévient la nouvelle contamination du système canalaire (32). L'image radiologique rétro-alvéolaire post-opératoire immédiate de l'obturation radiculaire constitue le reflet de cette étape et valide la qualité technique du traitement endodontique. Un traitement endodontique satisfaisant les critères techniques académiques, doit être 1) dense, 2) se terminer dans les deux millimètres apicaux et 3) l'ensemble du réseau canalaire doit être obturé (32).

Cependant, la qualité technique d'un traitement ne peut pas être le seul critère pour évaluer les bonnes pratiques en endodontie. Le traitement endodontique n'est qu'un moyen de guérir un problème infectieux pulpaire ou péri-apical. Le résultat d'un traitement endodontique ne peut être défini qu'après une période de suivi compte tenu du phénomène biologique de cicatrisation. La durée de la période de suivi post-opératoire est encore débattue, en fonction de différentes représentations conceptuelles du résultat à long terme des traitements endodontiques. D'une part, certains auteurs considèrent que le résultat du traitement endodontique est atteint lorsque l'os péri-apical est sain ou complètement guéri. Ces auteurs estiment qu'une période de suivi de 4 ans était nécessaire pour juger définitivement du résultat (31). D'autres auteurs considèrent que le résultat est atteint lorsque aucune lésion péri-apicale n'est apparue à l'issue du traitement ou n'a augmenté de volume en

post-opératoire. Ils considèrent comme résultat la dynamique du processus biologique. Ces auteurs limitent la durée de suivi à un an (33,34).

Les standards académiques ayant défini ce que devrait être un traitement endodontique de bonne qualité et son résultat, il est nécessaire de vérifier si la pratique correspond à ce qui est souhaité. Pour cela, il faut définir quels indicateurs peuvent être utilisés lors de l'évaluation de la pratique sur le terrain (étape 3). Les standards académiques étant immuables, il est nécessaire de rechercher dans la littérature si d'autres équipes ont évalué leur pratique et quels indicateurs ont été utilisés. Dans une démarche d'EPP, l'un des critères de choix des indicateurs est de permettre la comparaison avec les résultats d'autres études (étape 4).

2.3 Etape 2 : Quels indicateurs faut-il utiliser pour évaluer les traitements endodontiques

Cette étape visait à rechercher les publications relatives à la qualité et au suivi des traitements endodontiques, et aux indicateurs utilisés.

La recherche bibliographique a été entreprise tout d'abord sur la Cochrane Library avec le terme « endodontique ». Aucune revue n'a été publiée. Cette recherche s'est poursuivie sur PubMed avec les mots clés : [[qualité] ou [[résultat] et [suivi]] et [[traitement endodontique] ou [un traitement du canal radiculaire] ou [comblement canalaire]]. Enfin, une recherche ascendante a été menée à partir de la bibliographie de la méta-analyse de Ng et coll. en 2008 (24).

Les critères d'exclusion des articles étaient :

- le manque de précision dans le protocole, dans le type de critères d'évaluation utilisés, dans la présentation des résultats,
- les études avec de faibles effectifs (moins de 100 dents),
- les articles dont l'unité statistique était la racine et non la dent,
- les études non publiées en anglais,
- les études utilisant la tomographie à faisceau conique.

Un indicateur est un élément mesurable qui fournit des informations sur un phénomène. Il s'agit d'une variable quantitative. Un indicateur doit être mesurable par un outil fiable et valide pouvant être recueilli en routine. Utilisé dans le cadre d'un recueil systématique de données, il permet des comparaisons valides dans le temps et constitue un outil d'évaluation et de suivi de la qualité de la prise en charge des patients. Dans toutes les études, les indicateurs qui mesuraient la qualité et le résultat des traitements endodontiques étaient

respectivement la proportion de traitements endodontiques qui remplissaient les conditions d'un traitement endodontique de qualité et les proportions de traitements endodontiques qui satisfaisaient les critères de résultat. Cependant ces critères variaient en fonction des études.

2.3.1 Evaluation radiologique post opératoire de la qualité du traitement

Parmi les 40 études portant sur la qualité des traitements endodontiques, quatre critères ont été utilisés pour caractériser la qualité des traitements endodontiques : l'obturation du canal sur toute sa longueur (critère Longueur : L), tous les canaux doivent être obturés (critère Système: S), l'obturation doit être dense, homogène et sans bulle (critère Densité : D) et la conicité du canal doit être suffisante pour permettre à la solution d'irrigation d'atteindre la partie apicale du canal (critère Conicité : C). La catégorisation du critère "Longueur" variait selon les études. La limite apicale de l'obturation devait se terminer dans les 2 mm apicaux dans 34 études (6,7,11,14–21,35–57), dans les 3 mm apicaux dans 5 études (13,26,58–60) et entre 2 mm de l'apex et 1 mm au delà pour un auteur (61).

L'utilisation et l'association de ces critères pour caractériser la qualité du traitement endodontique variaient également en fonction des études. Huit études étaient basées sur la seule utilisation du critère « Longueur » (6,36,39,44,45,47,52,58), 20 études utilisaient pour caractériser la qualité du traitement endodontique les critères « Longueur » et « Densité » associés (7,11,13–18,26,37,38,41,42,48,49,51,53,55,59,60), 3 études associaient les critères « Longueur » « Densité » « Conicité » (19,35,43), et 9 associaient les critères « Longueur » « Système » « Densité » (20,21,40,46,50,54,56,57,61). Dix-sept études évaluaient les critères LD, LDC or LSD sur des radiographies rétro-alvéolaires (7,14,15,17,19–21,35,37,38,40,43,50,53,55–57). L'évaluation des deux critères S et C sur des radiographies rétro-alvéolaires est difficile et ces critères ont une faible sensibilité et spécificité en particulier pour les dents pluri-radiculées. Associer le critère « Système » ou « Conicité » à la « Longueur » et la « Densité » constitue une condition supplémentaire qui conduirait théoriquement à des valeurs inférieures pour le score associant les critères L et D (scores LD) que pour le score associant les critères L, S, et D (score LSD). Cependant, l'association des trois critères L, S et D est justifiée par le fait que ces trois critères correspondent à la définition d'un traitement de qualité, tel que défini à l'étape 1 de la phase 1.

Ainsi, le score LSD, calculé pour l'ensemble des traitements endodontiques réalisés, représente la proportion de traitements satisfaisant simultanément 3 critères radiologiques :

- La longueur d'obturation est considérée comme correcte lorsque l'image du matériau d'obturation se termine dans les deux derniers millimètres apicaux (critère L).

- L'intégralité du réseau canalaire est considérée comme traitée en l'absence d'image radiologique révélant l'existence d'un canal non traité et en se référant aux standards anatomiques. Tous les canaux radiologiquement visibles doivent être obturés (critère S).
- La densité de l'obturation est considérée comme correcte en l'absence de radioclarté au sein du matériau d'obturation, et en présence d'une continuité entre l'obturation et les parois latéro-radiculaires (critère D).

Pour les objectifs de l'étape 3, le score LSD a été retenu pour caractériser la qualité des traitements endodontiques. Cependant, compte tenu des besoins de comparaisons des résultats de cette évaluation avec les valeurs issues de la littérature, il a également été décidé de calculer le score LD. En cas de dents pluri-radiculées, le traitement a été considéré comme "échec" si tous les critères nécessaires au calcul de ces scores n'étaient pas satisfaits.

2.3.2 Suivi du traitement endodontique

Une lésion apicale est un phénomène dynamique et on ne peut pas conclure, à partir d'une radiographie à un instant donné, si la lésion est stable, en guérison ou en développement. Le résultat d'un traitement endodontique doit être évalué par une démarche clinique et radiologique des dents traitées et de leur environnement péri-apical. L'évaluation de la dynamique de la lésion ne peut se faire que par comparaison des limites anatomiques de la LOE entre 2 clichés radiologiques réalisés avant et après une période de suivi. L'évaluation radiologique repose sur des critères évaluant l'état de santé péri-apical.

Les études de suivi évaluant le résultat des traitements endodontiques sont basées sur l'évaluation de l'index péri-apical (PAI) avant le traitement endodontique et après une période de suivi. L'index péri-apical (PAI) décrit en 1986 par Orstavik et coll (62) permet de définir l'état de santé péri-apical grâce à une corrélation entre l'histologie apicale et l'apparence radiologique. Cet indice est surtout utilisé lors du suivi d'un traitement endodontique pour détecter une modification péri-apicale. Il se divise en 5 stades :

- Stade 1 : structure péri-apicale normale
- Stade 2 : léger changement dans la structure osseuse péri-apicale
- Stade 3 : modification de la structure osseuse avec perte de tissu minéralisé
- Stade 4 : parodontite apicale bien définie avec image apicale radioclaire
- Stade 5 : parodontite apicale sévère avec signes caractéristiques exacerbés

On considère le péri-apex sain pour les stades 1 et 2. On considère qu'il y a présence d'une pathologie péri-apicale pour les stades 3, 4 et 5. Pour les dents pluri-radiculées, la racine présentant le PAI le plus élevé a été utilisée. Les scores de PAI, mesurés sur des radiographies rétro-alvéolaires immédiatement à la fin du traitement (T0) et après une période de suivi (T1), sont comparés pour vérifier d'éventuelles modifications péri-apicales. En fonction des études, cette évaluation radiologique est associée avec une évaluation clinique. Lors de cette évaluation clinique, les signes recherchés sont la douleur à la palpation apicale, à la percussion et la présence ou non de fistule entre T0 et T1.

La terminologie utilisée pour catégoriser le résultat des traitements endodontiques varie beaucoup entre les études, de même que les conditions caractérisant un résultat favorable (34,56,60,63–70). Chaque étude a sa propre terminologie en utilisant 2 ou 3 catégories. Enfin, différentes terminologies sont associées aux mêmes conditions caractérisant un résultat favorable. Cela est dû aux différentes classifications proposées pour définir le résultat à long terme d'un traitement endodontique (33,63,71). Le résultat du traitement endodontique peut être la cicatrisation complète de la lésion (64,65,67–70). Une LOE est une réaction inflammatoire péri-apicale en réponse à une agression bactérienne intra-canalair. C'est la conséquence extra-radiculaire d'une infection intra-radiculaire. La LOE s'inscrit dans un processus dynamique pour lequel un suivi est nécessaire. Après le traitement endodontique d'une LOE, le délai de cicatrisation peut être très variable, pouvant prendre plusieurs années. La résolution radiographique complète peut se produire après de longues périodes, jusqu'à 20-27 ans (72). On peut donc difficilement affirmer que le traitement endodontique est un échec en l'absence de guérison.

Une autre conception peut être possible en considérant la dynamique de la lésion comme résultat d'un traitement endodontique. La dent traitée peut être saine, guérie ou en guérison. Cependant, on peut considérer que le traitement endodontique a eu un résultat favorable dans la mesure où le processus de cicatrisation est en cours. C'est sur ces constats que Wu et coll. ont proposé une nouvelle classification (33). On considère alors le traitement comme efficace dès l'amorce d'une réduction de la taille de la lésion à un an. Cette notion reprend dans une même catégorie les cas guéris, ou en cours de guérison et considère le résultat du traitement endodontique comme efficace. Le traitement endodontique a atteint son objectif. C'est cette classification qui sera retenue pour caractériser le résultat du traitement lors de l'étape 3.

Les avantages de l'utilisation de cette classification sont aussi de raccourcir la période de suivi de 4 ans à 1 an, ce qui semble cohérent avec les données de la littérature. Plusieurs auteurs se sont intéressés aux délais de cicatrisation et ont essayé de déterminer à partir de

quand l'évolution d'une lésion était prédictive de son résultat à long terme. Ainsi, Ørstavik (1996) décrit un pic d'incidence de guérison à 1 an (73). La guérison des lésions péri-apicales préexistantes est plus prononcée de 3 mois à 2 ans (74). L'image radiologique à 6 ou 9 mois, est prédictive de ce qui se passe à 10 ans (60). Une étude récente a montré un délai de cicatrisation d'environ un an pour des traitements endodontiques réalisés par des étudiants (34). D'autre part la réduction du délai à un an permettrait d'augmenter le taux de rappel, de réduire le nombre de rendez-vous, de radiographies de contrôle, ou de proposer des solutions précoces en cas d'échec du traitement endodontique. Enfin, cela permettrait une prise de décisions cliniques plus facile et reproductible.

L'indicateur « score d'efficacité » caractérise, en fonction de l'évolution des signes cliniques et radiologiques, le résultat d'un traitement endodontique (Tableau 1).

Tableau 1 : Critères d'efficacité, d'inefficacité et d'incertitude sur le résultat du traitement endodontique

Traitement efficace	Aucun signe clinique n'est présent avec absence ou, le cas échéant, une résolution complète ou partielle d'une éventuelle lésion apicale d'origine endodontique pré-existante avant le traitement (PAI à T0=1 et PAI à T1=1, ou PAI à T0=2 et PAI à T1≤2, ou PAI à T0=3 et PAI à T1≤2, ou PAI à T0=4 et PAI à T1≤3 ou PAI à T0=5 et PAI à T1≤4)
Traitement inefficace	Apparition ou développement d'une lésion apicale d'origine endodontique (PAI à T0=1 ou 2 et PAI à T1≥3, PAI à T0≥3 et PAI à T1≥4) et/ou apparition ou persistance de signes cliniques.
Traitement incertain	Absence de signes cliniques et d'évolution d'une éventuelle lésion apicale d'origine endodontique pré-existante avant le traitement (PAI à T0=1 et PAI à T1=2, PAI=3 ou 4 à T0 et T1)

2.3.3 Variables indépendantes affectant la qualité ou le résultat du traitement endodontique

2.3.3.1 Technique radiographique

La majorité des études ont utilisé la radiographie rétro-alvéolaire pour évaluer la qualité et réaliser le suivi des traitements endodontiques (7,13–15,17,19–21,26,34–40,43,48–50,52,53,55–57,59,60,63–70). En France, c'est le cliché de référence qui doit être réalisé à la fin du traitement endodontique afin de juger de la qualité du traitement, comme définie dans les références académiques (32). Seules 14 études ont utilisé la radiographie panoramique (6,11,16,18,41,42,44–47,51,54,58,61).

Au regard de la littérature, la tomographie par faisceau conique (CBCT) semble significativement plus sensible que la radiographie rétro-alvéolaire pour le diagnostic des

lésions péri-apicales (75). Les résultats de qualité et de suivi des traitements endodontiques seraient affectés par la faible sensibilité de la radiographie 2D (75–78). Une étude rétrospective de deux ans a évalué le résultat des traitements endodontiques en fonction de la qualité de l'obturation canalaire en utilisant la radiographie rétro-alvéolaire ou le CBCT (25). Pour 41% des racines, les mesures de la limite du traitement endodontique par radiographie rétro-alvéolaire ne correspondaient pas aux mesures par CBCT. Ainsi 76,3% des traitements courts à la radiographie rétro-alvéolaire s'avéraient atteindre exactement le foramen lors d'une évaluation par CBCT. La destruction osseuse péri-apicale associée à l'infection endodontique peut être identifiée à l'aide d'un CBCT plus précocement que sur les radiographies rétro-alvéolaires (75,79). Cependant, malgré la différence d'interprétation, la résolution complète des lésions péri-apicales préopératoires était de 87% avec la radiographie rétro-alvéolaire pour 81% avec le CBCT. Par conséquent, les résultats des mesures réalisées sur des radiographies rétro-alvéolaires ne peuvent être comparées aux résultats des mesures réalisées au CBCT. Ainsi, outre le choix des indicateurs nécessaires à l'évaluation de la qualité et du résultat des traitements endodontiques, il convient également de statuer sur la technique radiologique utilisée lors de l'EPP. Les évaluations par CBCT sont plus précises pour le diagnostic et la réalisation d'objectifs thérapeutiques dans des cas cliniques précis, mais malgré sa faible sensibilité, la radiographie 2D reste un indicateur fiable dans les enquêtes épidémiologiques ou dans les études cliniques observationnelles. La société Européenne d'endodontie, a d'ailleurs récemment limité l'usage du CBCT aux situations cliniques présentant des éléments contradictoires, et confirmé l'intérêt de l'usage de la radiographie conventionnelle pour les actes de routine (80). La démarche d'EPP évalue les pratiques sur le terrain, sans les modifier. Pour cette raison, les évaluations radiographiques des traitements endodontiques seront faites sur des radiographies rétro-alvéolaires.

2.3.3.2 Type de dents

Les dents ont été distribuées selon trois groupes : incisives et canines, prémolaires ou molaires.

2.3.3.3 Diagnostic pulpaire

Le diagnostic pulpaire résultant d'un tableau sémiologique exhaustif a été évalué par chaque étudiant débutant le traitement endodontique pour chaque dent traitée.

Dans un but statistique, les différents états pulpaires ont été regroupés en plusieurs catégories: dent vivante, et autres diagnostics.

2.3.3.4 Index péri apical (PAI)

Développé par Ørstavik et coll. en 1986, le PAI permet de définir l'état de santé péri-apical grâce à une corrélation entre l'histologie apicale et l'apparence radiologique (62). Cet indice est surtout utilisé lors du suivi d'un traitement endodontique pour détecter une modification péri-apicale. Cinq stades sont définis allant d'un péri-apex sain à la présence d'une lésion apicale exacerbée : le stade 1 est décrit lors de la présence d'une structure péri-apicale normale, le stade 2 lors d'un léger changement dans la structure osseuse péri-apicale, le stade 3 lors d'une modification de la structure osseuse avec perte de tissu minéralisé, le stade 4 lors d'une parodontite apicale bien définie avec image apicale radioclaire et le stade 5 lors d'une parodontite apicale sévère avec signes caractéristiques exacerbés.

Dans cette étude, les stades ont été classés en 2 groupes suivant l'importance de l'atteinte apicale :

Groupe 1 : stade 1 et stade 2, le péri-apex est considéré comme sain

Groupe 2 : stade 3, 4 et 5 : présence d'une pathologie péri-apicale.

2.3.3.5 Evaluation de la difficulté du traitement endodontique

La grille de l'AAE (American Association of Endodontist) a été utilisée pour évaluer la difficulté d'un traitement endodontique (81). Elle identifie les facteurs de risque selon trois domaines :

- Les informations liées au patient : l'histoire médicale (ASA), la coopération, le degré d'ouverture buccale et le réflexe nauséeux.
- Les informations sur le diagnostic et le traitement de la dent : l'état pulpaire, les difficultés radiologiques, la position sur l'arcade, l'isolation de la dent, les aberrations morphologiques de la couronne, la morphologie radiculaire et canalaire, l'apparence radiologique du canal, la présence éventuelle de résorption.
- Des considérations additionnelles : traumatisme, traitement endodontique précédent, état endo-parodontal.

Pour tous ces critères de difficulté, la grille répertorie trois niveaux de difficulté : minimale, modérée et élevée. Quand plusieurs niveaux de difficulté étaient observés pour un critère, on considérait que la dent était, pour ce critère, de la difficulté la plus haute rapportée. Dues à leur trop grande variabilité, car renseignées par les étudiants exclusivement sans possibilité de vérification, les données liées au patient n'ont pas été incluses dans l'étude.

2.4 Etapes 3, 4 et 5 : Evaluation des procédures endodontiques et étude des facteurs affectant leur variabilité

Les objectifs de l'étape 3 étaient d'évaluer, à l'aide des indicateurs définis à l'étape 2, la qualité et le résultat des traitements endodontiques. L'étape 4 a visé à établir quel écart existe entre les résultats de ces études et les données de la littérature. L'étape 5 a cherché à établir quels facteurs pouvaient affecter la qualité et le résultat des traitements endodontiques.

Deux activités principales sources d'indications de traitements endodontiques au sein du CHU de Clermont-Ferrand ont été évaluées : l'activité de soins développée par les étudiants en formation initiale dans le cadre de leur stage hospitalier et l'activité de soins sous anesthésie générale (AG) assurée par des praticiens hospitaliers. Dans ces deux situations, les principes de réalisation d'un traitement endodontique étaient les mêmes, l'unique différence étant les procédures de préparation canalaire, l'instrumentation étant manuelle en polyclinique étudiante, et essentiellement rotative dans la pratique des seniors travaillant sous anesthésie générale. La démarche d'évaluation a été menée en parallèle dans ces deux secteurs d'activités, et les critères d'évaluation mis en place étaient strictement identiques. Par souci de simplification, les étapes 3, 4 et 5 sont présentées conjointement et explicitées par les résumés de trois articles qui sont présentés en annexes 1 à 3.

Les différentes étapes ont été développées dans le cadre d'une étude de cohorte ouverte et prospective hors Recherche Biomédicale, qui a fait l'objet d'une autorisation du Comité d'Ethique des Centres d'Investigation Clinique de l'Inter-Région Rhône-Alpes Auvergne (Soins dentaires Evaluation de la qualité des soins dentaires conservateurs réalisés dans le service d'Odontologie du CHU de Clermont-Ferrand, CE-CIC-GREN-11/17).

2.4.1 Comparaison de la qualité des traitements endodontiques réalisés sous anesthésie générale par des seniors à celle des traitements réalisés en vigile par des étudiants

La publication de cette étude est portée en annexe 1

2.4.1.1 Contexte scientifique de l'étude

En dépit de l'amélioration globale de la santé orale dans les pays industrialisés, des disparités importantes peuvent exister selon les tranches d'âge ou selon certaines catégories de la population, particulièrement pour les groupes humains n'ayant pas accès à la prévention ou/et aux soins. Les personnes en situation de précarité, les personnes présentant un trouble anxieux lié au contexte du soin dentaire, les personnes présentant des troubles cognitifs,

mentaux, psychomoteurs constituent des catégories de patients à besoins spécifiques en raison des difficultés sociales, médicales, physiques ou psychiques rendant compliquée leur prise en charge médicale. Ces patients cumulent généralement un besoin important en soins, de faibles revenus, des difficultés pour coopérer pour les soins en particulier s'ils doivent être réitérés. On note une prévalence plus élevée de dents absentes dans cette population que dans la population générale, conduisant à un risque accru de troubles de la mastication et de la déglutition. La réhabilitation prothétique conventionnelle ou implantaire est souvent compromise en raison des difficultés économiques ou comportementales.

Dans ces populations, le traitement endodontique est la principale alternative à l'avulsion. L'objectif est de conserver le maximum de dents fonctionnelles et ainsi préserver la fonction masticatoire. Cependant pour ces patients, si l'alternative à l'avulsion reste le traitement endodontique, celui-ci n'est pas toujours réalisable à l'état vigile en raison de difficultés comportementales ou cognitives. Ainsi, d'autres procédures de prise en charge doivent être trouvées, évaluées et valorisées. C'est pourquoi la prise en charge sous anesthésie générale pour les soins conservateurs chez ces patients se développe actuellement. Depuis quelques années, les soins conservateurs et les traitements endodontiques font partie des pratiques mises en œuvre durant l'anesthésie générale pour préserver les dents et la fonction masticatoire (82). Cependant peu de données sont disponibles dans la littérature concernant l'évaluation de la prise en charge et des soins réalisés pour des patients adultes sous anesthésie générale. Les objectifs du traitement endodontique sont les mêmes qu'à l'état vigile et doivent répondre aux guides de bonne pratique édictés (32).

L'objectif de cette première étude était de vérifier la faisabilité du recueil des données, et la pertinence des analyses nécessaires à l'évaluation des traitements endodontiques réalisés au CHU de Clermont-Ferrand au cours de l'année 2008-2009 pour les traitements réalisés par les étudiants dans le cadre de la polyclinique, et entre avril 2006 et mars 2010 pour les traitements réalisés par les praticiens sous anesthésie générale.

2.4.1.2 Matériels et méthodes

Les données radiographiques péri-apicales post-opératoires immédiates ont été recueillies pour 255 dents permanentes traitées sous anesthésie générale au cours d'une période de 4 ans (groupe AG, 125 patients) et pour 246 dents permanentes traitées sous anesthésie locale pendant 7 mois (groupe AL, 180 patients). La qualité du traitement endodontique était jugée radiographiquement à partir du score LSD. Le type de dent, l'état pulpaire et l'indice péri-

apical (PAI) ont été considérés comme des variables indépendantes pour la qualité du traitement.

2.4.1.3 Résultats

La proportion de traitements corrects (score LSD) était de 63% dans les deux groupes et variait selon le type de dent. Ce score était plus faible pour les molaires que pour les autres dents (38% vs 68% pour le groupe AG (OR=0,29; 95% CI [0,13-0,64]) et 52% vs 71% pour le groupe AL (OR=0,45; 95% CI [0,26-0,79]) (Tableau 2).

Tableau 2: Nombre des dents qui ont satisfait les critères de qualité dans le groupe dents traitées sous anesthésie générale par des seniors (groupe AG) et le groupe de dents traitées au fauteuil sous anesthésie locale par des étudiants (groupe AL) (*: les dents pour lesquelles certaines données manquaient ont été exclues)

manquants ont été exclus)							
	Groupe AG			Groupe AL			
	Total*	Tous les critères de qualité sont satisfaits (score LSD)		Total*	Tous les critères de qualité sont satisfaits (score LSD)		Comparaisons OR; 95%CI []
		N	(%)		N	(%)	
Incisives et canines	120	88	(73)	65	45	(69)	1,22; [0,63-2,39]
Prémolaires	57	33	(57)	82	59	(72)	0,53; [0,26-1,09]
Molaires	31	12	(38)	86	45	(52)	0,58; [0,26-1,3]
	208	133	(63)	233	149	(63)	0,99; [0,68-1,47]

2.4.1.4 Discussion-conclusion

Cette étude confirme la faisabilité des traitements endodontiques sous anesthésie générale mais d'autres études doivent être menées pour évaluer l'efficacité à long terme des traitements endodontiques réalisés sous anesthésie générale.

2.4.2 Efficacité de traitements endodontiques réalisés sous anesthésie générale au CHU de Clermont-Ferrand

La publication de cette étude est portée en annexe 2

2.4.2.1 Contexte scientifique de l'étude

Cette étude prospective utilise le critère d'efficacité pour évaluer les résultats des traitements endodontiques effectués sous anesthésie générale entre mars 2006 et décembre 2012, en distinguant les pulpotomies (groupe P) et les traitements canaux (groupe TE).

2.4.2.2 Matériel et méthodes

La qualité radiologique du traitement a été évaluée grâce au score LSD. L'évolution de l'indice péri-apical (PAI) entre la date du traitement (T0) et la date du contrôle (T1) a été

utilisée pour catégoriser le traitement endodontique comme efficace, incertain ou inefficace. Le suivi des traitements a été réalisé au cours de période variant entre 1-6 mois, 6-24 mois et plus de 2 ans. La difficulté du traitement endodontique a été évaluée grâce à la fiche de difficulté édictée par l'AAE (81). Les variables explicatives étaient la durée du suivi et les critères relatifs à la dent pouvant affecter le résultat du traitement endodontique tels que le type de dents, le diagnostic pulpaire, la difficulté du traitement. Parmi les 614 traitements endodontiques réalisés sous anesthésie générale, 225 (193 traitements canalaires et 32 pulpotomies) ont été ré-examinés après des périodes de suivi variant entre 1-6 mois (71 cas), 6-24 mois (77 cas) et plus de 2 ans (77 cas).

2.4.2.3 Résultats

A T0, le groupe de suivi était représentatif de l'ensemble de la cohorte en terme de type de dent, niveau de difficulté du traitement endodontique, état de santé péri-apical ou de qualité technique du traitement. (Tableau 3).

Le score LSD était de 55% et la proportion de traitements difficiles de 33%. La proportion des traitements endodontiques efficaces était de 87%, tandis que 9% étaient incertains et 4% étaient inefficaces (Tableau 3).

A l'exception d'une pulpotomie réalisée sur une dent immature et réévaluée après 1 mois, qui de ce fait a été classée « incertaine », toutes les pulpotomies ont été catégorisées « efficaces ». Le taux d'efficacité n'était pas dépendant de la durée du suivi. Le type de dent, le diagnostic pulpaire, le niveau de difficulté du traitement endodontique, le statut péri-apical et la longueur d'obturation n'influençaient pas statistiquement l'efficacité des traitements endodontiques réalisés sous anesthésie générale.

Tableau 3 : Comparaison de la distribution des traitements endodontiques réalisés sous anesthésie générale à T0 pour la cohorte entière et le groupe de suivi (TE : Traitement Endodontique; P: pulpotomie; NA: non applicable) (ns: non significatif)

	Cohorte entière			Groupe de suivi			Chi 2
	groupe TE	groupe P	Total	groupe TE	groupe P	Total	
	n=527 n (%)	n=87 n (%)	n=614 n (%)	n=193 n (%)	n=32 n (%)	n=225 n (%)	
Type de dents							
Incisive & Canine	281 (53%)	2 (2%)	283 (46%)	113 (59%)	1 (3%)		ns
Prémolaire	121 (23%)	2 (2%)	123 (20%)	44 (23%)	0 (0%)	44 (20%)	
Molaire	125 (24%)	83 (96%)	208 (34%)	36 (18%)	31 (97%)	67 (29%)	
Difficulté du traitement							
Minimale	68 (13%)	1 (1%)	69 (11%)	33 (17%)	2 (6%)	35 (16%)	ns
Modérée	276 (53%)	22 (25%)	298 (49%)	100 (52%)	5 (16%)	105 (47%)	
Elevée	175 (33%)	63 (73%)	238 (39%)	56 (29%)	25 (78%)	81 (36%)	
Données manquantes	8 (1%)	1 (1%)	9 (1%)	4 (2%)	0 (0%)	4 (1%)	
Etat pulpaire							
Pulpe vivante	112 (21%)	38 (44%)	150 (24%)	56 (29%)	24 (75%)	80 (36%)	p<0.01
Nécrose	306 (58%)	0 (0%)	306 (50%)	91 (47%)	0 (0%)	91 (40%)	
Incertain	73 (14%)	49 (56%)	121 (20%)	34 (18%)	8 (25%)	42 (19%)	
Retraitement	24 (5 %)	NA	24 (4%)	12 (6%)	NA	12 (5%)	
Données manquantes	12 (2%)	0 (0%)	13 (2%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	
Index Péri-apical (PAI)							
PAI ≤ 2	312 (59%)	60 (69%)	372 (61%)	101 (52%)	30 (94%)	131 (58%)	ns
PAI > 2	178 (34%)	0 (0%)	178 (29%)	79 (41%)	0 (0%)	79 (35%)	
Dent immature	2 (0.4%)	18 (21%)	20 (3%)	0 (0%)	2 (6%)	2 (1%)	
Données manquantes	35 (6.6%)	9 (10%)	44 (7%)	13 (7%)	0 (0%)	13 (6%)	
Qualité du traitement							
Critère L = 0	298 (57%)	NA	NA	110 (57%)	NA	NA	ns
Critère S = 0	480 (91%)	NA	NA	185 (96%)	NA	NA	p<0.05
Critère D = 0	470 (89%)	NA	NA	175 (91%)	NA	NA	ns
Score LD	291 (55%)	NA	NA	106 (55%)	NA	NA	ns
Score LSD	291 (55%)	NA	NA	104 (54%)	NA	NA	ns

2.4.2.4 Discussion-conclusion

La proportion de traitements efficaces était comparable aux taux de guérison retrouvés dans la littérature. Les traitements endodontiques réalisés sous anesthésie générale devraient donc être encouragés et constituer une alternative aux avulsions. La pulpotomie, dans des cas de traitements endodontiques jugés difficiles sur dents permanentes vivantes, devraient être encouragée comme une alternative au traitement endodontique. Contrairement à ce qui est retrouvé dans la littérature, l'efficacité des traitements n'était pas influencée par la qualité technique ou la longueur d'obturation.

2.4.3 Qualité et efficacité des traitements endodontiques réalisés par les étudiants au CHU de Clermont-Ferrand.

La publication de cette étude est portée en annexe 3

2.4.3.1 Contexte scientifique de l'étude

Dans les services d'odontologie, les soins endodontiques sont réalisés par des étudiants selon les standards académiques de la HAS sous la supervision d'un enseignant-praticien hospitalier. En France, Lupi Pegurier et coll. rapportaient un pourcentage de succès de 32% à la faculté de Nice, et Moussa Badran et al. de 30,3% à Reims (11,38). Concernant l'activité des étudiants, différentes études réalisées au sein des universités dentaires, ont montré des taux de succès allant de 13 à 33%, en ayant comme critères d'évaluation la longueur, la densité, l'homogénéité et les erreurs iatrogènes (35,83,84). Cette étude a pour objectif d'évaluer la qualité et l'efficacité des traitements endodontiques réalisés durant la période 2010-2013 par les étudiants de 4^e, 5^e et 6^e année au sein du service d'odontologie du CHU de Clermont-Ferrand.

2.4.3.2 Matériel et méthodes

Les patients ayant bénéficié d'un traitement endodontique au CHU de Clermont-Ferrand durant la période 2010-2013 ont reçu systématiquement un courrier à un an les invitant à prendre rendez-vous pour un suivi clinique et radiologique de leur traitement. La qualité radiologique du traitement endodontique a été évaluée grâce au score LSD immédiatement après la fin du traitement endodontique (T0). Un an après, le résultat du traitement endodontique a été évalué par le score d'efficacité (T1). Les variables explicatives étaient les critères relatifs à la dent pouvant affecter le résultat du traitement endodontique tels que le type de dents, le diagnostic pulpaire, la difficulté du traitement. Les données recueillies auprès des trois cohortes de patients constituées respectivement pendant trois années consécutives 2010-2013 ont été regroupées pour constituer une seule cohorte de traitements endodontiques évalués en post-opératoire (groupe T0) et un an après la fin du traitement (groupe T1).

2.4.3.3 Résultats

Durant 3 ans, 2701 traitements endodontiques chez 1821 patients (925 hommes et 896 femmes; âge moyen : $44,4 \pm 17,5$ années) ont été évalués à T0 et 384 traitements endodontiques chez 268 patients (129 hommes et 139 femmes; âge moyen : $57,8 \pm 15,2$ années) ont été évalués à T1. La durée moyenne de suivi était de $16,9 \pm 5,7$ mois.

Le pourcentage de traitements satisfaisant les critères de qualité était de 55,5% (Tableau 4) et 65.6% des traitements endodontiques étaient efficaces (Tableau 5).

2.4.3.4 Discussion-conclusion

Concernant la qualité du traitement, le pourcentage de traitement répondant aux critères de qualité est plutôt élevé par rapport aux données de la littérature. Le résultat en revanche est faible même s'il est difficile de le comparer aux autres études, compte tenu de la variabilité des classifications. Les facteurs qui affectaient négativement la qualité des traitements endodontiques étaient les dents postérieures, les dents avec des canaux non visibles radiologiquement, les dents vitales, et les dents dont les canaux présentaient une courbure marquée. Concernant le résultat des traitements endodontiques, le PAI préopératoire était le seul facteur qui affectait l'efficacité du traitement.

Tableau 4: Distribution de dents avec un traitement satisfaisant les critères de qualité (score LSD) pour le groupe selon le type de dents, l'apparence radiographique du canal, la difficulté du traitement, la morphologie canalaire, le statut pulpaire, le PAI préopératoire et l'année de l'étudiant (n= 2701). Score LSD: limite apicale de l'obturation dans les 2 mm apicaux (L), l'ensemble du système canalaire est obturé (S), et la densité de l'obturation est homogène et sans bulle (D).

	Nombre de dents de qualité adéquate (score LSD)	Significativité (test Chi 2)
Type de dents (n=2623)		
Incisives and canines (n=731)	550 (75,2%)	p<0,001
Prémolaires (n=892)	578 (64,8%)	
Molaires (n=1000)	370 (37%)	
Apparence radiographique du canal (n=2614)		
Visible (n=1902)	1270 (66,8%)	p<0,001
Réduit (n=344)	144 (41,9%)	
Non visible (n=368)	79 (21,5%)	
Difficulté du traitement (n=2566)		
Minimale (n=426)	264 (62%)	ns
Modérée (n=759)	423 (55,7%)	
Elevée (n=1381)	777 (56,3%)	
Morphologie canalaire (n=2616)		
Sans courbure (n=1963)	1245 (63,4%)	p<0,001
Courbure modérée (n=509)	198 (38,9%)	
Courbure importante (n=144)	50 (34,7%)	
Etat pulpaire (n=2598)		
Pulpe vivante (n=905)	484 (53,5%)	p<0,001
Autres (n=1693)	1000 (59,1%)	
Indice péri-apical (PAI) (n=2618)		
PAI ≤ 2 (n=1380)	798 (57,8%)	ns
PAI > 2 (n=1238)	699 (56,4%)	
Année de l'étudiant (n=2623)		
4° année	381 (58,4%)	ns
5° année	866 (57,2%)	
6° année	251 (54,8%)	

Tableau 5 : Distribution pour le groupe T1 des traitements selon les 3 catégories de résultat d'un traitement endodontique selon le type de dents, la qualité du traitement, la difficulté du traitement, le PAI pré-opératoire et l'année de l'étudiant (n= 384).

	Efficace % (n)	Incertain % (n)	Inefficace % (n)	Test Chi 2
Type de dents (n=343)				
Incisives and canines (n=109)	64,2% (70)	20,2% (22)	15,6% (17)	ns
Prémolaires (n=113)	63,7% (72)	17,7% (20)	18,6% (21)	
Molaires (n=121)	68,6% (83)	17,4% (21)	14% (17)	
Qualité du traitement (n=332)				
Critères LSD satisfait (n=189)	63,5% (120)	19% (36)	17,5% (33)	ns
Au moins un critère non satisfait (n=143)	67,1% (96)	18,2% (26)	14,7% (21)	
Difficulté du traitement (n=331)				
Minimale (n=46)	56,5% (26)	19,6% (9)	23,9% (11)	ns
Modérée (n=80)	58,8% (47)	21,2% (17)	20% (16)	
Elevée (n=205)	69,3% (142)	17,6% (36)	13,2% (27)	
Indice périapical (n=343)				
PAI ≤ 2 (n=211)	70,6% (149)	10% (21)	19,4% (41)	p<0,0001
PAI > 2 (n=132)	57,6% (76)	31,8% (42)	10,6% (14)	
Année de l'étudiant (n=343)				
4° année	65,1% (99)	17,1% (26)	17,8% (27)	ns
5° année	65,9% (120)	19,2% (35)	14,8% (27)	
6° année	66,7% (6)	22,2% (2)	11,1% (1)	

2.4.4 Synthèse des trois études d'évaluation

Les résultats essentiels de ces trois évaluations sont rassemblés dans le Tableau 6.

Le score LSD est resté assez stable entre les différentes études et que le type de dents influençait statistiquement la qualité du traitement. De plus, certains facteurs de difficulté propre à la dent tels que la morphologie et la radioclarité canalaire affectaient la qualité du traitement.

Dans l'étude 3, on notait un pourcentage moins élevé de traitements efficaces pour les traitements endodontiques réalisés par les étudiants. Seuls le PAI pré-opératoire et la difficulté globale du traitement affectaient le résultat du traitement. Chez les praticiens (étude 2), aucun facteur n'affectait le résultat du traitement endodontique.

Tableau 6 : Synthèse des résultats des 3 études d'évaluation de la qualité et du résultat des traitements endodontiques (TE) réalisés au CHU de Clermont-Ferrand (* (s) facteur testé et significativement lié avec les variations du score LSD et/ ou du % d'efficacité ; (ns) facteur testé et sans relation). TE : traitement endodontique

Etude/contexte	Qualité des TE (Score LSD)	Facteurs de variation de la qualité *	Résultat des TE (% TE efficaces)	Durée du suivi	Facteurs de variation de l'efficacité*
Etude 1 : TE réalisés sous AG par des seniors	63% (n=255)	PAI (ns) Type de dents (s)	ND	ND	
TE réalisés en vigile par des étudiants	63% (n=246)		ND	ND	
Etude 2 : Efficacité des TE réalisés sous AG par des seniors	55% (n=614)		75% (n=52)	1-6 mois	Type de dents (ns) Etat pulpaire (ns) Difficulté du traitement (ns) Digue (ns)
			88% (n=64)	6-24mois	Prise de radio (ns) Morphologie coronaire (ns) Morphologie canalaire (ns) Radioclarité du canal (ns)
			90% (n=77)	>24 mois	Résorption (ns) Antécédent de TE (ns) Etat endo-parodontal (ns) PAI pré-opératoire (ns) Score LSD (ns) Durée du suivi (ns)
Etude 3 : Qualité et efficacité des TE réalisés par les étudiants	55,5% (n=2701)	Type de dents (s) Etat pulpaire (s) Difficulté du traitement (ns) Digue (ns) Prise de radio (ns) Morphologie coronaire (ns) Morphologie canalaire (s) Radio-clarté du canal (s) Résorption (ns) Antécédent de TE (ns) Etat endo-parodontal (ns) Année de l'étudiant (ns) PAI pré-opératoire (ns)	65,6% (n=384)	16,9±5,7 mois	Type de dents (ns) Etat pulpaire (ns) Difficulté du traitement (s) Digue (ns) Prise de radio (ns) Morphologie coronaire (ns) Morphologie canalaire (ns) Radioclarité du canal (ns) Résorption (ns) Antécédent de TE (ns) Etat endo-parodontal (ns) Année de l'étudiant (ns) PAI pré-opératoire (s) Score LSD (ns)

2.5 Étape 6 : Propositions d'actions d'amélioration des pratiques

L'objectif de cette étape était de proposer de nouvelles procédures en tenant compte des facteurs qui agissaient sur la qualité et l'efficacité des traitements endodontiques. A ce stade, l'étude des variables explicatives des variations du score LSD d'une part, et du score d'efficacité d'autre part, a été particulièrement utile pour proposer la mise en place de 6 actions visant à améliorer les pratiques en endodontie au CHU de Clermont-Ferrand.

2.5.1 Actions visant à améliorer la qualité des traitements endodontiques

2.5.1.1 Evaluation prospective de la difficulté des traitements endodontiques

Dans les différentes études réalisées dans le service d'odontologie de Clermont-Ferrand, le score LSD était statistiquement influencé par le type de dents. Les molaires présentaient un pourcentage de traitements endodontiques de mauvaise qualité statistiquement plus élevé que les incisives-canines. Dans de précédentes études, le taux d'échec pour les molaires variaient de 53,4% à 76,6% (53,85,86). La position de la dent sur l'arcade entraînerait une difficulté d'accès pouvant expliquer que les résultats soient moins bons pour les secteurs postérieurs.

De plus, les différentes études réalisées au CHU de Clermont-Ferrand ont montré que la morphologie canalaire et l'apparence radiographique du canal influençaient négativement la qualité du traitement. On notait également dans l'étude 3 que plus de dents pluri-radiculées ont été soignées et qu'un tiers des traitements étaient difficiles. Certains auteurs ont montré que ces aspects canaux affectaient significativement la qualité du traitement et le résultat à long terme (34,37,53,87). L'anatomie, les courbures et calcifications canales représentaient des difficultés pour la détermination de la longueur de travail et la mise en forme canalaire (37,87,88).

Ainsi, compte tenu de l'impact des facteurs de difficulté sur la qualité des traitements, la première action visant à améliorer les pratiques en endodontie consisterait en une évaluation systématique de la difficulté du traitement avant de le débiter à l'aide de la grille de difficulté éditée par l'AAE (81). En fonction de cette évaluation, il en découlera différentes modalités de traitement.

2.5.1.2 Indications de pulpotomies pour les dents vitales présentant un critère de difficulté du traitement endodontique

La pulpotomie totale est une technique de thérapeutique de maintien de la vitalité pulpaire. Elle consiste en l'ablation complète du tissu pulpaire caméral et au coiffage de la pulpe radiculaire avec un matériau biocompatible permettant sa cicatrisation et le maintien de la vitalité de la dent (31). La pulpotomie est possible grâce à la cicatrisation du tissu pulpaire, caractérisée d'un point de vue histologique par la formation d'un pont dentinaire (89–92). En effet, une pulpe vivante présentant une inflammation réversible dans un environnement aseptique, est douée de capacité de cicatrisation. Une dentine tertiaire dite réactionnelle est synthétisée par les odontoblastes initiaux. Lorsque ceux-ci sont détruits, les cellules souches mésenchymateuses de la pulpe se différencient en néo-odontoblastes, qui peuvent alors

former une dentine tertiaire, appelée dentine réparatrice. L'inflammation pulpaire pourrait participer au processus de cicatrisation et de maintien de la vitalité de la pulpe (93). Cependant, la difficulté resterait d'évaluer le caractère réversible de l'inflammation. En revanche, d'un point de vue clinique, de nombreuses études ont démontré un bon taux de succès pour les pulpotomies sur dents permanentes vitales (94). La proportion de dents traitées par pulpotomie présentant un résultat favorable après 6 mois était de 97% après 6 mois (56) ou de 89,7% après 27 mois (95) tandis que le taux de survie après 24 mois était de 82% (96). Ces résultats pourraient inciter à développer davantage cette thérapeutique comme alternative au traitement endodontique.

La deuxième action visant à améliorer les pratiques en endodontie consisterait à indiquer la pulpotomie comme traitement endodontique des molaires ou prémolaires matures vivantes présentant des difficultés canalaire anatomiques ou radiologiques.

2.5.1.3 Utilisation de l'instrumentation mécanisée pour la préparation canalair

L'accès au tiers apical peut être difficile en raison d'un certain nombre de facteurs per-opératoires comme les courbures canalaire ou la réduction de la lumière canalair (87). De ce fait, lors de la mise en forme canalair, le tiers apical peut rester inaccessible et ne peut pas être désinfecté efficacement (34,97,98). En outre, pour les dents nécrosées, les bactéries les plus virulentes, retrouvées au sein d'un biofilm, sont situées au niveau des deux derniers millimètres apicaux (99–101). Il est donc nécessaire que la mise en forme et la désinfection aient lieu tout au long du canal au risque d'affecter le résultat à long terme. La persistance de bactéries au niveau apical est une cause d'échecs ou de récives de phénomènes infectieux (102).

La mise en forme canalair a été pendant longtemps effectuée avec des instruments en acier inoxydable de façon manuelle. Cependant, l'instrumentation manuelle présentait des inconvénients en raison de la rigidité de l'alliage utilisé. Certaines études ont montré des erreurs dans le respect de l'anatomie canalair lors de la mise en forme comme le stripping ou le redressement des canaux (103,104). En présence de canaux courbes, ces instruments auraient tendance à t ravailler de manière asymétrique dans le canal entraînant un redressement de l'axe du canal (105). Le choix du t ype d'instrumentation, manuelle ou rotative, semblerait affecter la qualité du traitement endodontique (106). Ainsi, l'utilisation d'instruments en nickel titane pourrait améliorer la qualité des traitements endodontiques pour les dents difficiles (104,107). En effet, les instruments en Nickel-Titane (NiTi) présente une super-élasticité et une flexibilité qui leur confèrent un avantage dans la négociation des

canaux courbes. Quelques études ont été réalisées pour comparer l'impact de l'instrumentation (instrument acier versus NiTi) sur la survenue d'erreurs pouvant apparaître au cours du traitement. Moins d'erreurs procédurales sont survenues lorsque l'instrumentation NiTi était utilisée, même si davantage de fractures ont été notées (103,108). De même, certaines études ont analysé l'impact de la mise en place d'une instrumentation NiTi sur la qualité des traitements endodontiques. La qualité des traitements était significativement améliorée avec les instruments NiTi, le score LD variant de 38% à 51% (55), et le score LDC de 49,2% à 50,8% (107). Une amélioration du résultat à long terme variant de 60 à 77% a été également notée (104,109). L'instrumentation NiTi offrirait donc un meilleur service rendu au patient.

La troisième action visant à améliorer les pratiques en endodontie consisterait à utiliser des instruments NiTi pour la réalisation des traitements endodontiques des dents ayant au moins un des canaux avec une difficulté modérée ou élevée.

2.5.1.4 Recours à un enseignant

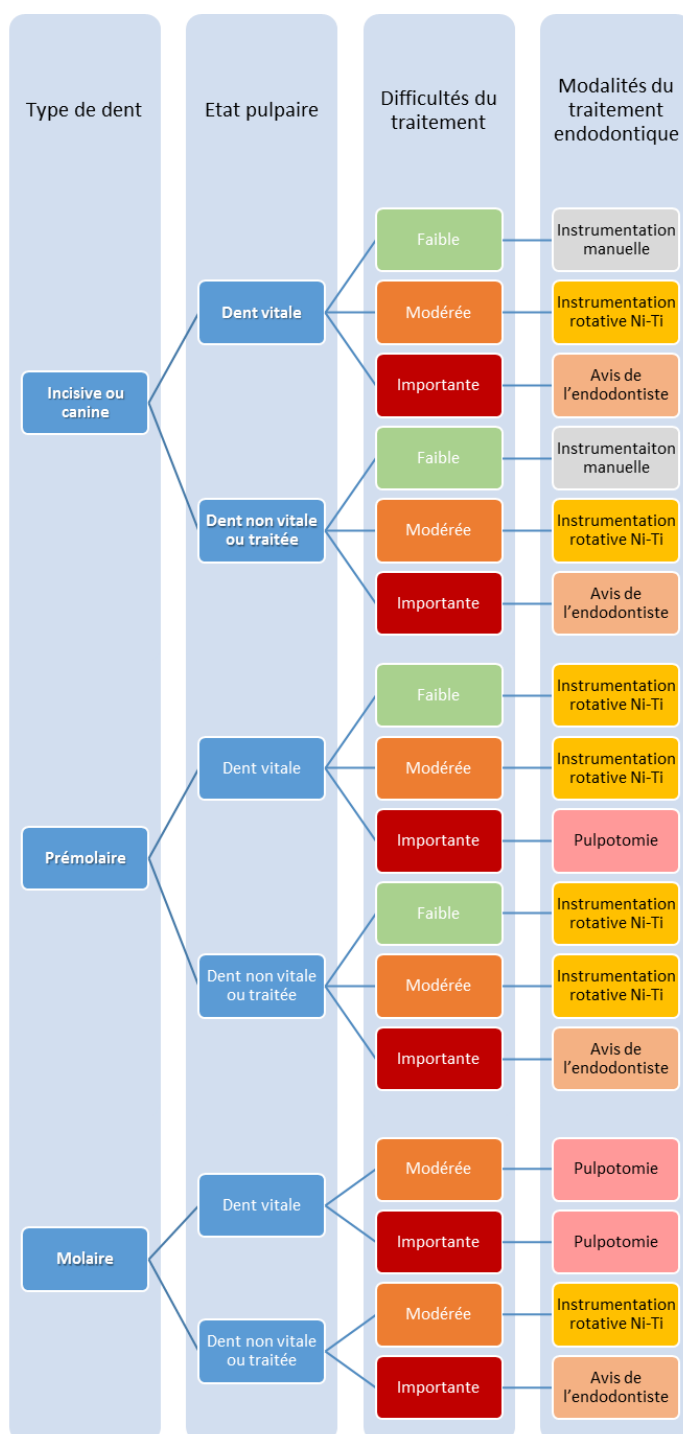
La quatrième action visant à améliorer les pratiques en endodontie consisterait à solliciter l'avis d'un endodontiste pour certains cas difficiles très spécifiques ne pouvant pas être résolus avec l'une des procédures précédentes.

Après évaluation de la difficulté, l'enseignant aurait le choix soit d'intervenir lors de la session de soins avec l'étudiant, soit d'adresser le patient à un étudiant de troisième cycle, soit prendre en charge le patient dans ses propres vacations cliniques.

2.5.1.5 Formalisation d'un arbre décisionnel

Un arbre décisionnel, prenant en compte les facteurs influant sur la qualité du traitement endodontique a été élaboré pour faciliter le choix des modalités du traitement pour l'étudiant qui se prépare à débiter un traitement endodontique (Figure 2). Une fois mis en place, cet outil pourrait constituer non seulement une aide technique pour l'étudiant, mais permettrait également d'harmoniser les pratiques entre les encadrants.

Figure 2 : Arbre décisionnel indiquant les modalités du traitement endodontique adaptées au type de la dent, à son état pulpaire et à la difficulté prévisible du traitement. Cet arbre peut être spécifiquement adapté à un service hospitalo-universitaire en remplaçant le recours à l'endodontiste par le recours à l'enseignant.



2.5.2 Actions visant à améliorer les conditions du suivi des traitements

2.5.2.1 Mise en place d'une procédure de rappel systématique

L'amélioration de la pratique professionnelle en endodontie ne concerne pas seulement l'aspect technique du traitement mais également la prise en charge du patient. Dans les études réalisées au sein du CHU de Clermont-Ferrand, un fort pourcentage de traitements pour lesquels le résultat est resté inconnu a été observé à cause du faible taux de rappel des patients. Or l'indication du traitement endodontique est souvent liée à une infection pulpaire ou péri-apical. Une récurrence infectieuse en cas d'échec de ces traitements ne peut donc pas être exclue. Par ailleurs, ces traitements ayant été réalisés en milieu hospitalo-universitaire, il est impératif de former les futurs chirurgiens-dentistes à une démarche de qualité et de service rendu au patient. Le patient pourrait ainsi être informé dès la fin du traitement des risques d'échec et de la nécessité d'un suivi régulier.

La cinquième action visant à améliorer les pratiques en endodontie consisterait à mettre en place un rappel systématique de tous les patients à un an, afin d'augmenter le nombre de patients revus et la prise en charge des échecs.

2.5.2.2 Gestion des échecs

Les traitements inefficaces ou incertains constituent un risque infectieux potentiel local ou systémique. Un service hospitalier rattaché à une faculté de chirurgie dentaire a pour objectif de soigner les patients, conformément aux données acquises de la science et de former des étudiants à être de futurs professionnels de santé. Il est fondamental de s'assurer que des soins réalisés par des étudiants en formation, même s'ils sont supervisés par un enseignant, soient techniquement corrects.

La sixième action visant à améliorer les pratiques en endodontie consisterait à gérer les échecs des traitements. Les traitements inefficaces devraient être re-traités par un étudiant de troisième cycle ou un endodontiste. Les traitements incertains après un an devraient faire l'objet d'une réévaluation à un an.

3 MISE EN PLACE D'ACTIONS D'AMELIORATION

Lorsque les résultats d'une procédure d'EPP traduisent des pratiques insuffisantes en qualité et/ou quantité, des actions d'amélioration des pratiques doivent être proposées. Dans le cadre d'un PDCA, cette phase de proposition d'actions est la dernière étape de la phase « Plan », les actions proposées devant être mises en place lors de la phase « Do ».

Dans le service d'Odontologie du CHU de Clermont-Ferrand, deux mesures ont été mises en place actuellement. Il s'agit d'une part du recours à l'instrumentation rotative NiTi pour tous les traitements de dents pluri-radiculées qu'ils soient réalisés par les étudiants en polyclinique ou par les seniors en consultation directe en vigile, sous sédation ou sous anesthésie générale, et d'autre part, de l'indication de pulpotomie au lieu du traitement endodontique pour les molaires pulpées chez les patients traités sous anesthésie générale ou sous sédation par midazolam intraveineux. Les effets de ces actions d'amélioration peuvent être appréciés par les résultats d'études préliminaires présentées ci-dessous.

3.1 Indications de pulpotomie thérapeutique

3.1.1 Etat de la question

Face à un traitement endodontique difficile pour lequel le risque d'échec est important, l'indication de pulpotomie permettrait d'éviter la phase critique d'instrumentation canalaire. La pratique de la pulpotomie sur les dents permanentes matures ne figure pas parmi les standards des bonnes pratiques. Historiquement, c'est une procédure qui a été pratiquée avant l'émergence des concepts de l'endodontie, et qui, pratiquée dans des conditions d'asepsie non contrôlées, avait une efficacité imprévisible. La technique consiste à sectionner les filets radiculaires à l'entrée des canaux, et à coiffer ces sections avec un matériau permettant la cicatrisation pulpaire, l'hydroxyde de calcium ou l'eugénate étant le plus souvent utilisés. Cette pratique est encore utilisée sur des dents lactéales et dans certaines conditions sur les dents permanentes immatures, mais est officiellement proscrite des bonnes pratiques endodontiques sur les dents permanentes matures. Certains praticiens ont redécouvert cette pratique, et l'indique dans certaines situations après avoir réactualisé son protocole conformément aux exigences de l'asepsie et aux connaissances actuelles sur le pouvoir de régénération pulpaire (56,96,110). Les résultats des évaluations des pulpotomies réalisées sous anesthésie générale au CHU de Clermont-Ferrand ont été présentés dans l'article 2 qui supporte cette thèse. Les taux de succès étaient cohérents à ceux retrouvés dans la littérature (94,96,110). Cependant, avant de pouvoir proposer systématiquement la pulpotomie comme une alternative au TE pour les dents permanentes vitales dans le service d'odontologie en polyclinique étudiante, il convient d'en justifier le protocole clinique.

Actuellement, deux problématiques alimentent les discussions relatives à la pratique de la pulpotomie : le degré de l'inflammation pulpaire et le matériau utilisé pour le coiffage de la pulpe radiculaire. Il semblerait que le succès de tels traitements soit lié à l'état pulpaire. Pour certains auteurs, la pulpotomie pourrait être indiquée sur pulpe saine, lors d'effraction

pulpaire ou en cas d'hyperhémie pulpaire. Des publications récentes ont montré que la pulpotomie pouvait également être réalisée en cas de pulpite irréversible (94,110,111).

Le débat concernant le matériau devant être utilisé pour coiffer la pulpe sectionnée est relativement large, et plusieurs matériaux sont discutés. Théoriquement, ces matériaux doivent induire ou favoriser un pont dentinaire, prévenir la contamination bactérienne, être biocompatible et étanche (112,113). De fait, le matériau de choix utilisé pendant des décennies était l'hydroxyde de calcium (Ca(OH)_2). Son action repose sur son pouvoir alcalin. Le tissu pulpaire adjacent subit une nécrose de coagulation liée à son pH alcalin (114). Le pH alcalin active l'enzyme phosphatase alcaline, permettant la formation de ponts de dentine lorsque l'hydroxyde de calcium est au contact de la pulpe. Cependant, ces ponts dentinaires semblent défectueux histologiquement (115,116).

L'eugénate modifié à la résine (IRM[®]) est également utilisé lors des thérapeutiques de maintien de la vitalité pulpaire. Il possède en effet une manipulation facile ainsi qu'un bon temps de prise, il est antiseptique et antimicrobien et n'entraîne pas de calcification canalaire. Il est toujours recommandé sur les dents lactéales (117).

Dans les années 90, le développement des phosphates tricalciques à des fins de coiffage a ouvert la voie des indications de ce matériau pour les pulpotomies sur dent vitales. Deux types de ciment minéraux sont actuellement sur le marché : le MTA, (Mineral Trioxide Aggregate) dérivé du ciment de Portland (118,119) et la Biodentine[™]. Le MTA est essentiellement composé de silicate dicalcique et tricalcique, d'aluminate tricalcique, d'aluminoferrite tétracalcique et d'oxyde de bismuth (120,121). Des études *in vivo* et *in vitro* ont montré une excellente biocompatibilité, une capacité d'adhésion du MTA à la dentine préexistante, une activité dentinogénique, une toxicité minimale pour la pulpe, une meilleure capacité d'étanchéité par rapport à l'amalgame, l'hydroxyde de calcium et l'IRM[®], et une résistance à la compression égale à celle de l'IRM[®] (116,119,121,122). Son contact avec la pulpe entraîne une adhérence et une activation de la phosphatase alcaline et de l'ostéocalcine permettant la formation de dentine (123). La formation des ponts dentinaires est plus rapide, de meilleure qualité, et on note une moindre hyperhémie pulpaire qu'avec l'hydroxyde de calcium (119,120,122). Enfin, à l'interface dentine - MTA, il semblerait qu'une réaction physico-chimique se produise via la libération d'ions calcium conduisant à une précipitation de cristaux d'hydroxyapatite (124).

La Biodentine[™] est un nouveau ciment minéral développé depuis quelques années. La composition de la Biodentine[™] est proche de celle du MTA. La poudre est constituée de silicate dicalcique et tricalcique, d'oxyde de calcium, d'oxyde ferrique. La poudre ne contient

plus d'aluminosilicate et on note l'ajout de chlorure de calcium dans le liquide. Par rapport au MTA, son temps de prise est raccourci (9 à 12 minutes) et ses propriétés mécaniques sont meilleures (125). Initialement conçue pour être utilisée en tant que substitut dentinaire, les indications d'utilisation de la Biodentine™ sont les mêmes que celles du MTA. Outre ses bonnes propriétés mécaniques, ce matériau possède une bonne étanchéité, clé du succès des pulpotomies. Ce matériau bioactif, utilisé en coiffage pulpaire, stimule la formation de dentine réparatrice (126–128).

A Clermont-Ferrand, l'IRM® a été le matériau retenu pour réaliser les pulpotomies des dents permanentes vitales soignées sous anesthésie générale. Malgré son absence de pouvoir dentino-inducteur, ce matériau présente un temps de prise court et un pouvoir antibactérien. Il est peu onéreux et encore largement recommandé pour la réalisation des pulpotomies des dents temporaires. Aucune étude n'a montré son absence d'indication pour la réalisation des pulpotomies des dents permanentes.

3.1.2 Conditions de mise en place

3.1.2.1 Indications

Depuis janvier 2009, les pulpotomies ont été réalisées lors de procédures de soins sous anesthésie générale comme alternative au traitement endodontique dans les cas où le bilan radiologique révélait des difficultés techniques ne pouvant être surmontées dans les conditions de temps et d'accessibilité imposés par l'anesthésie générale : canaux courbes, calcifications intracanales, canaux multiples, ou indication de traitement posée en fin d'intervention. Lorsque les patients sont soignés sous anesthésie générale, il n'est pas possible de préciser le diagnostic pulpaire. La pulpotomie est indiquée pour limiter les risques d'urgence postopératoire dans les cas suivants : des lésions carieuses avec proximité pulpaire, des effractions pulpaires avérées ou suspectées, et des pathologies pulpaires irréversibles avérées ou suspectées.

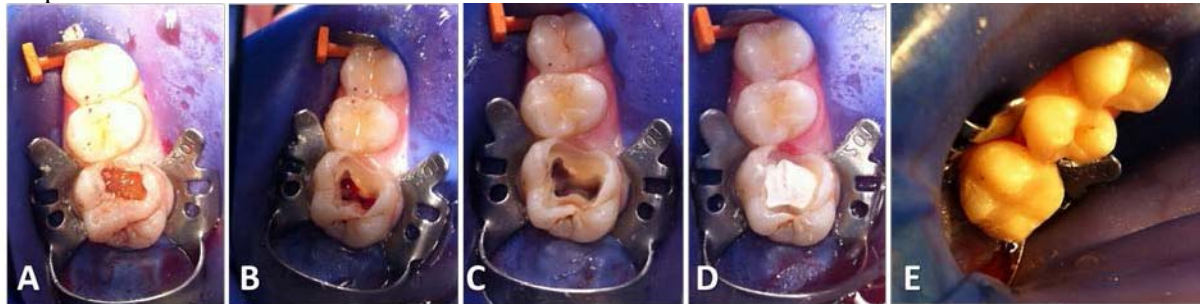
3.1.2.2 Protocole opératoire

La procédure suivie lors de la réalisation des pulpotomies sur dents permanentes matures sous anesthésie générale au CHU de Clermont-Ferrand est la suivante (Figure 3):

- Isolation : réalisée par la mise en place systématique de la digue
- Curetage et effraction pulpaire : réalisée avec une fraise boule carbure de tungstène montée sur contre-angle bleu sous irrigation

- Préparation de la cavité d'accès : réalisée avec la fraise Zekrya endo montée sur turbine sous irrigation (image B, Figure 3)
- Irrigation : réalisée avec une solution d'hypochlorite de sodium à 2,5% de l'effraction pulpaire jusqu'à la mise en place du matériau de coiffage
- Préparation des entrées canalaires : réalisée avec les forêts de Gates numéro 3 ou 4 (image C, Figure 3)
- Coiffage de la pulpe radiculaire : mise en place d'un eugénate modifié à la résine (IRM[®])
- Obturation coronaire : lorsque l'IRM[®] a pris, il est réduit en hauteur afin de n'obturer que le volume de la chambre pulpaire : tous les excès d'IRM[®] sont nettoyés sur les parois coronaires (image D, Figure 3). Afin d'assurer l'étanchéité de la pulpotomie, un ciment verre ionomère de haute viscosité (Fuji IX[®]) est placé en substitut dentinaire.
- Restauration coronaire : deux aspects justifient la réalisation d'une restauration coronaire immédiate et définitive de la dent suite à la réalisation de la pulpotomie. Tout d'abord, le faible degré de coopération des patients soignés sous anesthésie générale oblige la restauration définitive de la dent durant l'intervention. Ensuite, on peut émettre l'hypothèse que restaurer et mettre en fonction à l'aide de restaurations étanches participent au succès de la pulpotomie. En fonction de l'état de délabrement, les dents sont reconstituées à l'aide de composite, d'amalgame collé au ciment au verre ionomère ou de coiffe préformée acier scellée au ciment au verre ionomère. La restauration des molaires ou prémolaires suite à une pulpotomie liée à des lésions carieuses de stade 3 ou 4 est réalisée par des matériaux en phase d'insertion plastique (amalgame collé au CVI de basse viscosité ou composite). Les lésions de stade 4, qui impliquent la disparition d'au moins une cuspide et/ou d'une ou des crêtes marginales, posent le problème des reconstitutions occlusales et proximales fonctionnelles. Dans ces cas, le recours aux coiffes préformées en acier inoxydable après réalisation d'une base au CVI de haute viscosité permet la restauration de la dent.

Figure 3 : Protocole opératoire en images de la pulpotomie sur dent permanente observé au CHU de Clermont-Ferrand. A : lésions carieuse initiale ; B : ouverture camérale ; C : préparation des entrées canalaire au forêt de Gates#3 ; D : pansement pulpaire à l'IRM™ ; E : reconstitution par base CVI et composite.



3.1.2.3 Critères d'évaluation du résultat de la pulpotomie

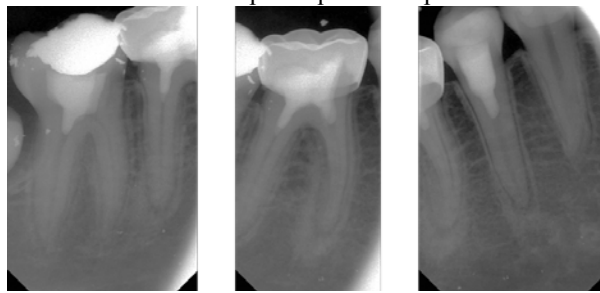
Une étude prospective est en place afin d'évaluer le résultat à long terme des pulpotomies réalisées sous anesthésie générale au CHU de Clermont-Ferrand.

- La pulpotomie est considérée comme **efficace** lorsque radiologiquement PAI à T0=1 et PAI à T1=1, ou PAI à T0=2 et PAI à T1≤2, ou PAI à T0=3 et PAI à T1≤2, pour toutes les racines identifiables sur la radiographie.
- La pulpotomie est considérée comme **inefficace** lorsqu'il y a apparition de signes cliniques ou lorsque radiologiquement PAI à T0=1 ou 2 et PAI à T1≥3, pour au moins l'une des racines.
- La pulpotomie est considérée comme **incertaine** en cas d'absence de signes cliniques et lorsque radiologiquement PAI à T0=1 et PAI à T1=2, pour au moins l'une des racines.

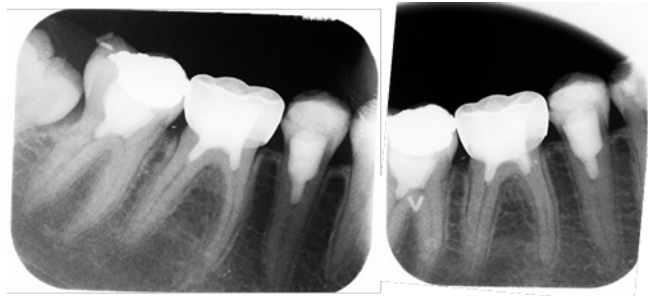
La Figure 4 illustre le résultat à long terme de pulpotomies réalisées sous anesthésie générale chez une patiente anxieuse et présentant un réflexe nauséeux.

Figure 4 : Traitement par pulpotomie de 45, 46 et 47 réalisées sous anesthésie générale chez une patiente de 17 ans présentant une phobie des soins dentaires avec réflexe nauséeux. L'absence de normalisation possible dans la présentation des documents radiographiques est liée aux besoins spécifiques de la patiente.

Radiovisiographie postopératoire réalisée sous anesthésie générale



Contrôle radiographique par plaques au phosphore après 16 mois, patiente à l'état vigile



3.1.2.4 Etude préliminaire

Les analyses intermédiaires ont montré que, entre janvier 2009 et jusqu'à mars 2015, 574 pulpotomies ont été réalisées sous anesthésie générale, 135 ont été réévaluées, 125 (92,6%) ont été efficaces. Parmi les 129 pulpotomies sur molaires, 36 ont été efficaces au-delà de 1 an (Tableau 7).

Tableau 7 : Distribution des dents traitées par pulpotomie selon les critères d'efficacité du traitement et en fonction du délai de suivi et du type de dents (n=140, 5 données manquantes). Durées des périodes de suivi : A : ≤ 6 mois ; B : $>6\text{mois}<1\text{an}$; C : $\geq 1\text{ an}<2\text{ans}$; D : $\geq 2\text{ans}$

	Incisive-Canine (n=1)				Prémolaires (n=5)				Molaires (n= 129)			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Efficace (n=125)	1				3	2			54	29	21	15
Incertain (n= 3)									2	1		
Inefficace (n=2)									1	1		
Apexification (n=5)									3	2		

3.2 Recours à l'instrumentation rotative NiTi pour les traitements endodontiques des dents pluri-radiculées

3.2.1 Etat de la question

Différents systèmes d'instruments NiTi sont disponibles. Deux concepts s'affrontent, les instruments fonctionnant en rotation continue et ceux en mouvement réciproque. L'inconvénient principal des instruments NiTi utilisés en rotation continue est la fracture en fatigue suite à des utilisations répétées (129,130). Des mono-instruments à usage unique ont été développés permettant de réduire le temps de travail et la fatigue instrumentale (131). Certains de ces instrument fonctionnent selon un mouvement alternatif inspiré du concept des forces équilibrées décrite par Roane en 1985 (132). Ce mouvement limite les risques de fractures lors de la préparation canalaire en limitant l'effet vissage de l'instrument contre les parois canalaire, problème inhérent à la rotation continue (133,134). Certaines études ont montré que la courbure des canaux était mieux respectée avec l'instrumentation unique en mouvement alterné (134–136). Pour l'heure, aucune étude *in vivo* n'existe sur l'amélioration de la qualité ou du résultat à long terme du traitement endodontique avec ces mono-instruments.

Dans le service d'odontologie de Clermont-Ferrand, le choix du WaveOne® a été fait pour plusieurs raisons. C'est un instrument unique et à usage unique, ce qui limite le risque de fracture instrumentale et évite un processus de stérilisation de la lime. L'instrument unique permet également d'avoir un protocole d'utilisation assez simple à mettre en place auprès des étudiants. Le mouvement alterné et l'alliage du matériau permettraient un meilleur respect des courbures canalaire. Enfin, le service d'odontologie de Clermont-Ferrand bénéficie du soutien de Denstply-Maillefer dans le cadre de son programme de soutien aux facultés dentaires.

3.2.2 Conditions de mise en place

3.2.2.1 Indications

Dans le service d'odontologie de Clermont-Ferrand, l'utilisation systématique du système WaveOne® pour les dents pluri-radiculées a été mise en place à partir de février 2014.

3.2.2.2 Protocole opératoire

Le protocole mis en place dans le service d'odontologie de Clermont-Ferrand est le suivant. Après pose du champ opératoire, la cavité d'accès est réalisée à l'aide de la fraise Zekrya endo. L'exploration canalaire est réalisée avec une lime K (diamètre 0,10 ou 0,15

mm). Lors de l'exploration canalaire, si la lime K10 présente une grande résistance à la progression, il est conseillé de choisir un instrument WaveOne® Small (021/.06). La lime WaveOne® Primary (025/.08) est recommandée pour la majorité des canaux radiculaires. Si lors de l'exploration canalaire, une lime K20 progresse facilement, il convient de choisir l'instrument WaveOne® Large (040/.08). Il convient ensuite de déterminer la longueur de travail, puis le parage canalaire est réalisé avec le WaveOne® sous irrigation abondante à l'hypochlorite de sodium à 2,5%. L'obturation canalaire est réalisée par thermo-compactage avec des cônes de Gutta-Percha, à 2%, du diamètre correspondant à l'instrument.

3.2.2.3 Critères d'évaluation

Les conditions d'évaluation sont identiques à celles décrites dans l'étape 3 de la procédure d'EPP.

3.2.2.4 Etude préliminaire

L'analyse préliminaire montre que parmi les 661 traitements endodontiques réalisés entre le 01/09/2013 et le 01/07/2014, 543 traitements ont pu être évalués. Parmi les 148 traitements endodontiques réalisés avec le système WaveOne® entre février et juin 2014, 61 traitements étaient corrects radiologiquement soit un score LSD de 41,2%. Parmi les 112 molaires traitées avec le système WaveOne® durant cette période, le score LSD était de 36,6% soit 41 traitements répondant aux critères de qualité. Le score LSD est assez faible mais il s'agissait des premiers mois de la mise en place de ce système. Cette étude se poursuit actuellement et les résultats seront exploités en novembre 2015 pour la qualité et novembre 2016 pour l'efficacité.

4 CONCLUSION

Une démarche d'EPP nécessite de mettre en place des indicateurs pertinents évaluant une procédure, un diagnostic ou une technique. Dans un objectif de santé publique, l'évaluation d'une pratique vise moins à valider une technique ou une pratique que de la remettre en cause afin de l'améliorer. En ce qui concerne les pratiques en endodontie, l'amélioration des traitements endodontiques vise à diminuer les avulsions et le nombre des retraitements. Ces deux objectifs servent à la fois les intérêts des individus par préservation de leur capital biologique, et ceux de la communauté par limites des coûts de santé.

Ces études ont montré que les indicateurs qualité et efficacité d'un traitement endodontique permettent de caractériser facilement les procédures au sein d'un service

hospitalier, mais la démarche est parfaitement reproductible dans n'importe quel secteur d'activité, cabinet ou centre de soin privé ou public. Ces études doivent inciter à une évaluation systématique de la qualité et de l'efficacité des traitements, basée sur une imagerie bidimensionnelle, simple et peu coûteuse.

Cette thèse détaille les étapes de l'évaluation d'une pratique professionnelle qui constituent la phase Plan d'un cycle de Deming. Au CHU de Clermont-Ferrand, l'objectif désormais est de finaliser la phase Do en mettant en place toutes les propositions d'actions décrites lors de l'étape 6. Pour ce faire, l'existence de certains freins doit être vérifiée. Ainsi, la mise en place d'une procédure de rappel systématique pose des problèmes éthiques et médico-économiques, relatifs à la facturation de ces retraitements, en particulier lorsque les dents concernées par des traitements inefficaces ont déjà été restaurées par des couronnes qui ont fait l'objet d'un acte hors nomenclature. Par ailleurs, la mise en place de la grille de difficulté du traitement endodontique, et l'application de l'arbre décisionnel implique une démarche collaborative active qui nécessite une action d'information, de sensibilisation et de calibration. Quoi qu'il en soit, la suite de ce projet fait l'objet d'une évaluation continue, conformément aux principes du PDCA, et les effets de la mise en place des actions d'amélioration que cette thèse propose feront l'objet de publications ultérieures.

5 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Loi n° 2009-879 du 21 juillet 2009 portant réforme de l'hôpital et relative aux patients, à la santé et aux territoires. 2009 [cité 21 mai 2015]. Disponible sur http://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_758816/fr/loi-relative-au-dispositif-de-dpc.
2. Best M, Neuhauser D. W Edwards Deming: father of quality management, patient and composer. *Qual Saf Health Care*. 2005;14(4):310- 2.
3. Wang L-R, Wang Y, Lou Y, Li Y, Zhang X-G. The role of quality control circles in sustained improvement of medical quality. *SpringerPlus*. 2013;2(1):141.
4. Haute Autorité de Santé. Indicateurs de pratique clinique-Infarctus du myocarde (IDM) « Des 1ers signes au suivi à 1 an ». 2012 mars [cité 21 mai 2015]. Disponible sur: http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2012-07/04_indicateurs_idm_actualisation_2012_vf.pdf
5. De Roodenbeke E, Preker AS. Learning from the Oslo Congress. *World Hosp Health Serv*. 2013;49(4):3.
6. De Moor RJG, Hommez GMG, De Boever JG, Delmé KIM, Martens GEI. Periapical health related to the quality of root canal treatment in a Belgian population. *Int Endod J*. 2000;33(2):113- 20.
7. Dugas NN, Lawrence HP, Teplitzky PE, Pharoah MJ, Friedman S. Periapical health and treatment quality assessment of root-filled teeth in two Canadian populations. *Int Endod J*. 2003;36(3):181- 92.
8. Kirkevang L - L, Væth M, Hörsted- Bindslev P, Wenzel A. Longitudinal study of periapical and endodontic status in a Danish population. *Int Endod J*. 2006;39(2):100- 7.
9. Segura-Egea J-J, Castellanos-Cosano L, Machuca G, López-López J, Martín-González J, Velasco-Ortega E, et al. Diabetes mellitus, periapical inflammation and endodontic treatment outcome. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2012;17(2):e356- 61.
10. Boucher Y, Matossian L, Rilliard F, Machtou P. Radiographic evaluation of the prevalence and technical quality of root canal treatment in a French subpopulation. *Int Endod J*. 2002;35(3):229- 38.
11. Lupi-Pegurier L, Bertrand M-F, Muller-Bolla M, Rocca JP, Bolla M. Periapical status, prevalence and quality of endodontic treatment in an adult French population. *Int Endod J*. 2002;35(8):690- 7.
12. Pak JG, Fayazi S, White SN. Prevalence of Periapical Radiolucency and Root Canal Treatment: A Systematic Review of Cross-sectional Studies. *J Endod*. 2012;38(9):1170- 6.

13. Kirkevang LL, Ørstavik D, Hörsted-Bindslev P, Wenzel A. Periapical status and quality of root fillings and coronal restorations in a Danish population. *Int Endod J.* 2000;33(6):509- 15.
14. Hommez GMG, Coppens CRM, De Moor RJG. Periapical health related to the quality of coronal restorations and root fillings. *Int Endod J.* 2002;35(8):680- 9.
15. Segura- Egea JJ, Jiménez- Pinzón A, Poyato- Ferrera M, Velasco- Ortega E, Ríos- Santos JV. Periapical status and quality of root fillings and coronal restorations in an adult Spanish population. *Int Endod J.* 2004;37(8):525- 30.
16. Loftus JJ, Keating AP, McCartan BE. Periapical status and quality of endodontic treatment in an adult Irish population. *Int Endod J.* 2005;38(2):81- 6.
17. Stassen IGK, Hommez GMG, De Bruyn H, De Moor RJG. The relation between apical periodontitis and root-filled teeth in patients with periodontal treatment need. *Int Endod J.* 2006;39(4):299- 308.
18. Kayahan MB, Malkondu Ö, Canpolat C, Kaptan F, Bayırlı G, Kazazoglu E. Periapical health related to the type of coronal restorations and quality of root canal fillings in a Turkish subpopulation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontics.* 2008;105(1):e58- 62.
19. Tarim Ertas E, Ertas H, Sisman Y, Sagsen B, Er O. Radiographic assessment of the technical quality and periapical health of root-filled teeth performed by general practitioners in a Turkish subpopulation. *ScientificWorldJournal.* 2013;2013:514841.
20. Moreno JO, Alves FRF, Gonçalves LS, Martinez AM, Rôças IN, Siqueira Jr. JF. Periradicular Status and Quality of Root Canal Fillings and Coronal Restorations in an Urban Colombian Population. *J Endod.* 2013;39(5):600- 4.
21. Song M, Park M, Lee C-Y, Kim E. Periapical Status Related to the Quality of Coronal Restorations and Root Fillings in a Korean Population. *J Endod.* 2014;40(2):182- 6.
22. Touboul V, Germa A, Lasfargues J-J, Bonte E. Outcome of Endodontic Treatments Made by Postgraduate Students in the Dental Clinic of Bretonneau Hospital. *Int J Dent.* 2014;2014:e684979.
23. Schaeffer MA, White RR, Walton RE. Determining the optimal obturation length: a meta-analysis of literature. *J Endod.* 2005;31(4):271- 4.
24. Ng Y - L, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature – Part 2. Influence of clinical factors. *Int Endod J.* 2008;41(1):6- 31.
25. Liang Y-H, Li G, Shemesh H, Wesselink P, Wu M-K. The association between

complete absence of post-treatment periapical lesion and quality of root canal filling. *Clin Oral Investig*. 2012;16(6):1619-26.

26. Kirkevang L-L, Væth M, Wenzel A. Ten-year follow-up of root filled teeth: a radiographic study of a Danish population. *Int Endod J*. 2014;47(10):980-8.

27. Gomes MS, Blattner TC, Sant'Ana Filho M, Grecca FS, Hugo FN, Fouad AF, et al. Can Apical Periodontitis Modify Systemic Levels of Inflammatory Markers? A Systematic Review and Meta-analysis. *J Endod*. 2013;39(10):1205- 17.

28. Cotti E, Dessì C, Piras A, Flore G, Deidda M, Madeddu C, et al. Association of endodontic infection with detection of an initial lesion to the cardiovascular system. *J Endod*. 2011;37(12):1624- 9.

29. Cotti E, Dessì C, Piras A, Mercurio G. Can a chronic dental infection be considered a cause of cardiovascular disease? A review of the literature. *Int J Cardiol*. 2011;148(1):4- 10.

30. Caplan DJ, Chasen JB, Krall EA, Cai J, Kang S, Garcia RI, et al. Lesions of endodontic origin and risk of coronary heart disease. *J Dent Res*. 2006;85(11):996- 1000.

31. European Society of Endodontology. Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. *Int Endod J*. 2006;39(12):921- 30.

32. Haute Autorité de Santé. Traitement endodontique, rapport d'évaluation technologique. 2008 [cité 03 juin 2015]. Disponible sur http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2009-01/rapport_traitement_endodontique.pdf.

33. Wu M-K, Wesselink P, Shemesh H. New terms for categorizing the outcome of root canal treatment. *Int Endod J*. 2011;44(11):1079- 80.

34. Azim AA, Griggs JA, Huang GT-J. The Tennessee study: factors affecting treatment outcome and healing time following nonsurgical root canal treatment. *Int Endod J*. 2015. doi: 10.1111/iej.12429. [Epub ahead of print].

35. Er O, Sagsen B, Maden M, Cinar S, Kahraman Y. Radiographic technical quality of root fillings performed by dental students in Turkey. *Int Endod J*. 2006;39(11):867- 72.

36. Estrela C, Leles CR, Hollanda ACB, Moura MS, Pécora JD. Prevalence and risk factors of apical periodontitis in endodontically treated teeth in a selected population of Brazilian adults. *Braz Dent J*. 2008;19(1):34- 9.

37. Dadresanfar B, Mohammadzadeh Akhlaghi N, Vatanpour M, Atef Yekta H, Baradaran Mohajeri L. Technical Quality of Root Canal Treatment Performed By Undergraduate Dental Students. *Iran Endod J*. 2008;3(3):73- 8.

38. Moussa-Badran S, Roy B, Bessart du Parc AS, Bruyant M, Lefevre B, Maurin JC.

Technical quality of root fillings performed by dental students at the dental teaching centre in Reims, France. *Int Endod J*. 2008;41(8):679- 84.

39. Burke FM, Lynch CD, Ní Ríordáin R, Hannigan A. Technical quality of root canal fillings performed in a dental school and the associated retention of root-filled teeth: a clinical follow-up study over a 5-year period. *J Oral Rehabil*. 2009;36(7):508- 15.

40. Tavares PBL, Bonte E, Boukpepsi T, Siqueira JF, Lasfargues J-J. Prevalence of apical periodontitis in root canal-treated teeth from an urban French population: influence of the quality of root canal fillings and coronal restorations. *J Endod*. 2009;35(6):810- 3.

41. Covello F, Franco V, Schiavetti R, Clementini M, Mannocci A, Ottria L, et al. Prevalence of apical periodontitis and quality of endodontic treatment in an Italian adult population. *Oral Implantol*. 2010;3(4):9- 14.

42. Asgary S, Shadman B, Ghalamkarpour Z, Shahravan A, Ghoddusi J, Bagherpour A, et al. Periapical Status and Quality of Root canal Fillings and Coronal Restorations in Iranian Population. *Iran Endod J*. 2010;5(2):74- 82.

43. Balto H, Al Khalifah S, Al Mugairin S, Al Deeb M, Al-Madi E. Technical quality of root fillings performed by undergraduate students in Saudi Arabia. *Int Endod J*. 2010;43(4):292- 300.

44. Peters LB, Lindeboom JA, Elst ME, Wesselink PR. Prevalence of apical periodontitis relative to endodontic treatment in an adult Dutch population: a repeated cross-sectional study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontics*. 2011;111(4):523- 8.

45. Al-Omari MA, Hazaa A, Haddad F. Frequency and distribution of root filled teeth and apical periodontitis in a Jordanian subpopulation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontics*. 2011;111(1):e59- 65.

46. Kamberi B, Hoxha V, Stavileci M, Dragusha E, Kuçi A, Kqiku L. Prevalence of apical periodontitis and endodontic treatment in a Kosovar adult population. *BMC Oral Health*. 2011;11:32.

47. Mukhaimer R, Hussein E, Orafi I. Prevalence of apical periodontitis and quality of root canal treatment in an adult Palestinian sub-population. *Saudi Dent J*. 2012;24(3-4):149- 55.

48. İlğüy D, İlğüy M, Fişekçioğlu E, Ersan N, Tanalp J, Dölekoğlu S. Assessment of Root Canal Treatment Outcomes Performed by Turkish Dental Students: Results After Two Years. *J Dent Educ*. 2013;77(4):502- 9.

49. Adebayo ET, Ahaji LE, Nnachetta RN, Nwankwo O, Akabogu-Okpeseyi N, Yaya MO, et al. Technical quality of root canal fillings done in a Nigerian general dental clinic.

BMC Oral Health. 2012;12:42.

50. Alsaleh I, Cousson P-Y, Nicolas E, Hennequin M. Is endodontic treatment performed under general anaesthesia technically acceptable? *Clin Oral Investig*. 2012;16(6):1599- 606.
51. Jersa I, Kundzina R. Periapical status and quality of root fillings in a selected adult Riga population. *Stomatologija*. 2013;15(3):73-7.
52. Tchorz JP, Brandl M, Ganter PA, Karygianni L, Polydorou O, Vach K, et al. Pre-clinical endodontic training with artificial instead of extracted human teeth: does the type of exercise have an influence on clinical endodontic outcomes? *Int Endod J*. 2014. doi : 10.1111/iej.12385. [Epub ahead of print]
53. Moradi S, Gharechahi M. Radiographic quality of root canal treatment performed by 6th year undergraduate students in Mashhad, Iran. *Dent Res J*. 2014;11(3):364- 9.
54. Alafif H. Impact of the quality of coronal restoration and root canal filling on the periapical health in adult syrian subpopulation. *Indian J Dent*. 2014;5(2):75- 80.
55. Koch M, Wolf E, Tegelberg Å, Petersson K. Effect of education intervention on the quality and long-term outcomes of root canal treatment in general practice. *Int Endod J*. 2014 doi: 10.1111/iej.12367. [Epub ahead of print].
56. Cousson P-Y, Nicolas E, Hennequin M. A follow-up study of pulpotomies and root canal treatments performed under general anaesthesia. *Clin Oral Investig*. 2014;18(4):1155- 63.
57. Craveiro MA, Fontana CE, de Martin AS, Bueno CE da S. Influence of Coronal Restoration and Root Canal Filling Quality on Periapical Status: Clinical and Radiographic Evaluation. *J Endod*. 2015;41(6):836-40.
58. Huuonen S, Vehkalahti MM, Nordblad A. Radiographic assessments on prevalence and technical quality of endodontically-treated teeth in the Finnish population, aged 30 years and older. *Acta Odontol Scand*. 2012;70(3):234- 40.
59. Vukadinov T, Blažić L, Kantardžić I, Lainović T. Technical Quality of Root Fillings Performed by Undergraduate Students: A Radiographic Study. *Sci World J*. 2014;2014:e751274.
60. Pirani C, Chersoni S, Montebugnoli L, Prati C. Long-term outcome of non-surgical root canal treatment: a retrospective analysis. *Odontology*. 2014 doi 10.1007/s10266-014-0159-0 [Epub ahead of print].
61. Ozkurt Z, Kayahan MB, Sunay H, Kazazoğlu E, Bayirli G The effect of the gap between the post restoration and the remaining root canal filling on the periradicular status in a Turkish subpopulation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontics*.

2010;110(1):131- 5.

62. Orstavik D, Kerekes K, Eriksen HM. The periapical index: a scoring system for radiographic assessment of apical periodontitis. *Endod Dent Traumatol.* 1986;2(1):20- 34.
63. Friedman S, Löst C, Zarrabian M, Trope M. Evaluation of success and failure after endodontic therapy using a glass ionomer cement sealer. *J Endod.* 1995;21(7):384- 90.
64. Peak JD, Hayes SJ, Bryant ST, Dummer PM. The outcome of root canal treatment. A retrospective study within the armed forces (Royal Air Force). *Br Dent J.* 2001;190(3):140- 4.
65. Hoskinson SE, Ng Y-L, Hoskinson AE, Moles DR, Gulabivala K. A retrospective comparison of outcome of root canal treatment using two different protocols. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontics.* 2002;93(6):705- 15.
66. Friedman S, Abitbol S, Lawrence HP. Treatment outcome in endodontics: the Toronto Study. Phase 1: initial treatment. *J Endod.* 2003;29(12):787- 93.
67. Quadros ID, Gomes BPFA, Zaia AA, Ferraz CCR, Souza-Filho FJ. Evaluation of Endodontic Treatments Performed by Students in a Brazilian Dental School. *J Dent Educ.* 2005;69(10):1161- 70.
68. Imura N, Pinheiro ET, Gomes BPFA, Zaia AA, Ferraz CCR, Souza-Filho FJ. The Outcome of Endodontic Treatment: A Retrospective Study of 2000 Cases Performed by a Specialist. *J Endod.* 2007;33(11):1278- 82.
69. De Chevigny C, Dao TT, Basrani BR, Marquis V, Farzaneh M, Abitbol S, et al. Treatment Outcome in Endodontics: The Toronto Study--Phase 4: Initial Treatment. *J Endod.* 2008;34(3):258- 63.
70. Ricucci D, Russo J, Rutberg M, Burleson JA, Spångberg LSW. A prospective cohort study of endodontic treatments of 1,369 root canals: results after 5 years. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontics.* 2011;112(6):825- 42.
71. Messer HH, Yu VSH. Terminology of endodontic outcomes. *Int Endod J.* 2013;46(3):289- 91.
72. Molven O, Halse A, Fristad I, MacDonald-Jankowski D. Periapical changes following root-canal treatment observed 20–27 years postoperatively. *Int Endod J.* 2002;35(9):784- 90.
73. Orstavik D. Time-course and risk analyses of the development and healing of chronic apical periodontitis in man. *Int Endod J.* 1996;29(3):150- 5.
74. Huuonen S, Ørstavik D. Radiographic follow-up of periapical status after endodontic treatment of teeth with and without apical periodontitis. *Clin Oral Investig.* 2013;17(9):2099-104.

75. Patel S. New dimensions in endodontic imaging: Part 2. Cone beam computed tomography. *Int Endod J.* 2009;42(6):463- 75.
76. Wu M-K, Shemesh H, Wesselink PR. Limitations of previously published systematic reviews evaluating the outcome of endodontic treatment. *Int Endod J.* 2009;42(8):656- 66.
77. Patel S, Wilson R, Dawood A, Foschi F, Mannocci F. The detection of periapical pathosis using digital periapical radiography and cone beam computed tomography – Part 2: a 1-year post-treatment follow-up. *Int Endod J.* 2012;45(8):711- 23.
78. Durack C, Patel S. Cone beam computed tomography in endodontics. *Braz Dent J.* 2012;23(3):179- 91.
79. Paula-Silva FWG de, Wu M-K, Leonardo MR, Bezerra da Silva LA, Wesselink PR. Accuracy of Periapical Radiography and Cone-Beam Computed Tomography Scans in Diagnosing Apical Periodontitis Using Histopathological Findings as a Gold Standard. *J Endod.* 2009;35(7):1009- 12.
80. Patel S, Durack C, Abella F, Roig M, Shemesh H, Lambrechts P, et al. European Society of Endodontology position statement: The use of CBCT in Endodontics. *Int Endod J.* 2014;47(6):502- 4.
81. Simon DS. Endodontic case difficulty assessment: the team approach. *Gen Dent.* 1999;47(4):340- 4.
82. Jamjoom MM, al-Malik MI, Holt RD, el-Nassry A. Dental treatment under general anaesthesia at a hospital in Jeddah, Saudi Arabia. *Int J Paediatr Dent.* 2001;11(2):110- 6.
83. Hayes SJ, Gibson M, Hammond M, Bryant ST, Dummer PM. An audit of root canal treatment performed by undergraduate students. *Int Endod J.* 2001;34(7):501- 5.
84. Balto K. Root-filled teeth with adequate restorations and root canal treatment have better treatment outcomes. *Evid-Based Dent.* 2011;12(3):72- 3.
85. Khabbaz MG, Protogerou E, Douka E. Radiographic quality of root fillings performed by undergraduate students. *Int Endod J.* 2010;43(6):499- 508.
86. Unal GC, Kececi AD, Kaya BU, Tac AG. Quality of root canal fillings performed by undergraduate dental students. *Eur J Dent.* 2011;5(3):324- 30.
87. Tang L, Sun T, Gao X, Zhou X, Huang D. Tooth anatomy risk factors influencing root canal working length accessibility. *Int J Oral Sci.* 2011;3(3):135- 40.
88. Özbaş H, Aşçı S, Aydın Y. Examination of the prevalence of periapical lesions and technical quality of endodontic treatment in a Turkish subpopulation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontics.* 2011;112(1):136-42.
89. Nair PNR, Duncan HF, Pitt Ford TR, Luder HU. Histological, ultrastructural and

quantitative investigations on the response of healthy human pulps to experimental capping with Mineral Trioxide Aggregate: a randomized controlled trial. *Int Endod J*. 2009;42(5):422- 44.

90. Möller AJ, Fabricius L, Dahlén G, Ohman AE, Heyden G. Influence on periapical tissues of indigenous oral bacteria and necrotic pulp tissue in monkeys. *Scand J Dent Res*. 1981;89(6):475- 84.

91. Kakehashi S, Stanley Hr, Fitzgerald Rj. The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1965;20:340- 9.

92. Cotton WR. Bacterial contamination as a factor in healing of pulp exposures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1974;38(3):441- 50.

93. Cooper PR, Takahashi Y, Graham LW, Simon S, Imazato S, Smith AJ. Inflammation–regeneration interplay in the dentine–pulp complex. *J Dent*. 2010;38(9):687- 97.

94. Aguilar P, Linsuwanont P. Vital Pulp Therapy in Vital Permanent Teeth with Cariously Exposed Pulp: A Systematic Review. *J Endod*. 2011;37(5):581- 7.

95. Asgary S, Eghbal MJ, Ghoddusi J. Two-year results of vital pulp therapy in permanent molars with irreversible pulpitis: an ongoing multicenter randomized clinical trial. *Clin Oral Investig*. 2014;18(2):635- 41.

96. Simon S, Perard M, Zanini M, Smith AJ, Charpentier E, Djole SX, et al. Should pulp chamber pulpotomy be seen as a permanent treatment? Some preliminary thoughts. *Int Endod J*. 2013;46(1):79-87.

97. Endal U, Shen Y, Knut Å, Gao Y, Haapasalo M. A High-resolution Computed Tomographic Study of Changes in Root Canal Isthmus Area by Instrumentation and Root Filling. *J Endod*. 2011;37(2):223- 7.

98. Lloyd A, Uhles JP, Clement DJ, Garcia-Godoy F. Elimination of Intracanal Tissue and Debris through a Novel Laser-activated System Assessed Using High-resolution Micro–computed Tomography: A Pilot Study. *J Endod*. 2014;40(4):584- 7.

99. Anderson AC, Hellwig E, Vespermann R, Wittmer A, Schmid M, Karygianni L, et al. Comprehensive analysis of secondary dental root canal infections: a combination of culture and culture-independent approaches reveals new insights. *PloS One*. 2012;7(11):e49576.

100. Noiri Y, Ehara A, Kawahara T, Takemura N, Ebisu S. Participation of Bacterial Biofilms in Refractory and Chronic Periapical Periodontitis. *J Endod*. 2002;28(10):679- 83.

101. Siqueira Jr JF, Rôças IN. Clinical Implications and Microbiology of Bacterial Persistence after Treatment Procedures. *J Endod*. 2008;34(11):1291- 301.

102. Villanueva LEC de P. *Fusobacterium nucleatum* in endodontic flare-ups. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontics*. 2002;93(2):179- 83.
103. Sonntag D, Guntermann A, Kim SK, Stachniss V. Root canal shaping with manual stainless steel files and rotary Ni–Ti files performed by students. *Int Endod J*. 2003;36(4):246- 55.
104. Schäfer E, Bürklein S. Impact of nickel–titanium instrumentation of the root canal on clinical outcomes: a focused review. *Odontology*. 2012;100(2):130- 6.
105. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod*. 2004;30(8):559- 67.
106. Schäfer E, Schulz-Bongert U, Tulus G. Comparison of hand stainless steel and nickel titanium rotary instrumentation: a clinical study. *J Endod*. 2004;30(6):432- 5.
107. Abu-Tahun I, Al-Rabab'ah MA, Hammad M, Khraisat A. Technical quality of root canal treatment of posterior teeth after rotary or hand preparation by fifth year undergraduate students, The University of Jordan. *Aust Endod J*. 2014;40(3):123- 30.
108. Pettiette MT, Metzger Z, Phillips C, Trope M. Endodontic complications of root canal therapy performed by dental students with stainless-steel K-files and Nickel-titanium hand files. *J Endod*. 1999;25(4):230- 4.
109. Cheung GSP, Liu CSY. A retrospective study of endodontic treatment outcome between nickel-titanium rotary and stainless steel hand filing techniques. *J Endod*. 2009;35(7):938- 43.
110. Asgary S, Eghbal MJ, Fazlyab M, Baghban AA, Ghoddusi J. Five-year results of vital pulp therapy in permanent molars with irreversible pulpitis: a non-inferiority multicenter randomized clinical trial. *Clin Oral Investig*. 2015;19(2):335-41.
111. Asgary S, Eghbal MJ. Treatment outcomes of pulpotomy in permanent molars with irreversible pulpitis using biomaterials: A multi-center randomized controlled trial. *Acta Odontol Scand*. 2013;71(1):130-6.
112. Witherspoon DE. Vital Pulp Therapy with New Materials: New Directions and Treatment Perspectives—Permanent Teeth. *J Endod*. 2008;34(7, Supplement):S25- 8.
113. Tabarsi B, Parirokh M, Eghbal MJ, Haghdoost AA, Torabzadeh H, Asgary S. A comparative study of dental pulp response to several pulpotomy agents. *Int Endod J*. 2010;43(7):565- 71.
114. Dammaschke T, Stratmann U, Wolff P, Sagheri D, Schäfer E. Direct Pulp Capping with Mineral Trioxide Aggregate: An Immunohistologic Comparison with Calcium Hydroxide in Rodents. *J Endod*. 2010;36(5):814- 9.

115. Aeinehchi M, Eslami B, Ghanbariha M, Saffar AS. Mineral trioxide aggregate (MTA) and calcium hydroxide as pulp-capping agents in human teeth: a preliminary report. *Int Endod J*. 2003;36(3):225- 35.
116. Witherspoon DE, Small JC, Harris GZ. Mineral trioxide aggregate pulpotomies: a case series outcomes assessment. *J Am Dent Assoc*. 2006;137(5):610- 8.
117. Hui-Derksen EK, Chen C-F, Majewski R, Tootla RGH, Boynton JR. Retrospective record review: reinforced zinc oxide-eugenol pulpotomy: a retrospective study. *Pediatr Dent*. 2013;35(1):43- 6.
118. Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Ford TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J Endod*. 1995;21(7):349- 53.
119. Roberts HW, Toth JM, Berzins DW, Charlton DG. Mineral trioxide aggregate material use in endodontic treatment: A review of the literature. *Dent Mater*. 2008;24(2):149- 64.
120. Camilleri J, Pitt Ford TR. Mineral trioxide aggregate: a review of the constituents and biological properties of the material. *Int Endod J*. 2006;39(10):747- 54.
121. Parirokh M, Torabinejad M. Mineral Trioxide Aggregate: A Comprehensive Literature Review—Part I: Chemical, Physical, and Antibacterial Properties. *J Endod*. 2010;36(1):16- 27.
122. Parirokh M, Torabinejad M. Mineral Trioxide Aggregate: A Comprehensive Literature Review—Part III: Clinical Applications, Drawbacks, and Mechanism of Action. *J Endod*. 2010;36(3):400- 13.
123. Paranjpe A, Zhang H, Johnson JD. Effects of Mineral Trioxide Aggregate on Human Dental Pulp Cells after Pulp-capping Procedures. *J Endod*. 2010;36(6):1042- 7.
124. Sarkar NK, Caicedo R, Ritwik P, Moiseyeva R, Kawashima I. Physicochemical basis of the biologic properties of mineral trioxide aggregate. *J Endod*. 2005;31(2):97- 100.
125. Malkondu Ö, Kazandağ MK, Kazazoğlu E. A Review on Biodentine, a Contemporary Dentine Replacement and Repair Material. *BioMed Res Int* 2014;2014:160951.
126. De Rossi A, Silva LAB, Gatón-Hernández P, Sousa-Neto MD, Nelson-Filho P, Silva RAB, et al. Comparison of Pulpal Responses to Pulpotomy and Pulp Capping with Biodentine and Mineral Trioxide Aggregate in Dogs. *J Endod*. 2014;40(9):1362- 9.
127. Camilleri J. Staining Potential of Neo MTA Plus, MTA Plus, and Biodentine Used for Pulpotomy Procedures. *J Endod* 2015 Apr 14. doi: 10.1016/j.joen.2015.02.032. [Epub ahead of print]
128. Zanini M, Sautier JM, Berdal A, Simon S. Biodentine Induces Immortalized Murine Pulp Cell Differentiation into Odontoblast-like Cells and Stimulates Biomineralization. *J*

Endod. 2012;38(9):1220- 6.

129. Alapati SB, Brantley WA, Svec TA, Powers JM, Nusstein JM, Daehn GS. Proposed Role of Embedded Dentin Chips for the Clinical Failure of Nickel-Titanium Rotary Instruments. J Endod. 2004;30(5):339- 41.

130. Plotino G, Grande NM, Cordaro M, Testarelli L, Gambarini G. A Review of Cyclic Fatigue Testing of Nickel-Titanium Rotary Instruments. J Endod. 2009;35(11):1469- 76.

131. Pereira ESJ, Gomes RO, Leroy AMF, Singh R, Peters OA, Bahia MGA, et al. Mechanical behavior of M-Wire and conventional NiTi wire used to manufacture rotary endodontic instruments. Dent Mater. 2013;29(12):e318- 24.

132. Roane JB, Sabala CL, Duncanson MG Jr. The «balanced force» concept for instrumentation of curved canals. J Endod. 1985;11(5):203- 11.

133. Khurana P, Nainan MT, Sodhi KK, Padda BK. Change of working length in curved molar root canals after preparation with different rotary nickel-titanium instruments. J Conserv Dent. 2011;14(3):264-8.

134. Saber SEDM, Nagy MM, Schäfer E. Comparative evaluation of the shaping ability of WaveOne, Reciproc and OneShape single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth. Int Endod J. 2015;48(1):109- 14.

135. Berutti E, Chiandussi G, Paolino DS, Scotti N, Cantatore G, Castellucci A, et al. Canal Shaping with WaveOne Primary Reciprocating Files and ProTaper System: A Comparative Study. J Endod. 2012;38(4):505- 9.

136. Dhingra A, Kochar R, Banerjee S, Srivastava P. Comparative evaluation of the canal curvature modifications after instrumentation with One Shape rotary and Wave One reciprocating files. J Conserv Dent. 2014;17(2):138- 41.

6 ANNEXES

6.1 Annexe 1

Alsaleh I, Cousson PY, Nicolas E, Hennequin M. Is endodontic treatment performed under general anaesthesia technically acceptable? Clin Oral Invest. 2012;16:1599–1606

Is endodontic treatment performed under general anaesthesia technically acceptable?

Iyad Alsaleh · Pierre-Yves Cousson ·
Emmanuel Nicolas · Martine Hennequin

Received: 12 July 2011 / Accepted: 12 December 2011 / Published online: 24 December 2011
© Springer-Verlag 2011

Abstract

Objectives Undertaking endodontic treatment under general anaesthesia (GA) is often described as difficult and hazardous, but no study reports on safe and efficacious conditions for endodontic treatment under GA. This study aims to evaluate whether compromises made for the endodontic treatment of permanent teeth under GA are acceptable. It describes the quality of endodontic treatment undertaken in two series of consecutive patients treated either under GA or local anaesthesia (LA).

Materials and methods Post-operative data sheets and periapical radiographs were collected for 255 permanent teeth treated under GA during a 4-year period (GA group, 125 patients with special needs) and for 246 permanent teeth treated under local anaesthesia over 7 months (LA group, 180 healthy patients). The radiographic criteria for quality of endodontic treatment (RCQET) were considered satisfactory when (1) the root filling was within 2 mm of the apex; (2) the filling displayed no voids or defects; and (3) all the visible canals had been obturated. The type of tooth, pulpal status and periapical status were considered independent variables for RCQET.

Results The proportion of satisfactory RCQET reached 63% in both groups and differed by type of tooth, being significantly lower for molars than for other teeth.

Conclusion From a technical point of view, compromises made for the endodontic treatment of permanent teeth under GA are acceptable. Further studies should be conducted to evaluate the long-term success of endodontic treatment performed under GA.

Clinical relevance This study supports the feasibility of endodontic treatment for patients treated under GA.

Keywords Dental · Endodontics · General anaesthesia · Endodontic treatment · Conservative treatment · Special needs patients · Permanent teeth

Introduction

In many countries, general anaesthesia (GA) is indicated for patients unable to cooperate when receiving dental treatment in conventional dental settings [1]. General anaesthesia may also be indicated for patients presenting with extensive dental infection, traumatic injury, young children, patients with general medical problems, patients who suffer from dental phobia, patients with mental or physical limitations and those living at distance from dental services [2, 3]. For all these indications, GA is considered an alternative to sedation, to care performed under restraint or to the absence of care.

Whether these options are true alternatives is debatable. The implication is that GA offers similar conditions for delivering the same quantity and quality of dental care. GA is generally indicated for full mouth rehabilitation. It is often the case that GA allows a greater quantity of treatment to be provided in a single session than other

I. Alsaleh · P.-Y. Cousson · E. Nicolas · M. Hennequin
Clermont Université, Université d'Auvergne,
Faculté de Chirurgie Dentaire,
EA 3847, 11, Bd Charles de Gaulle,
63000 Clermont-Ferrand, France

P.-Y. Cousson · E. Nicolas · M. Hennequin
CHU de Clermont-Ferrand,
Service d'Odontologie,
63003 Clermont-Ferrand, France

M. Hennequin (✉)
CH Guy Thomas, Unité Fonctionnelle de Chirurgie Ambulatoire,
63003 Riom, France
e-mail: martine.hennequin@u-clermont1.fr

procedures. Previous descriptive studies report that extractions and restorative and endodontic treatment may be performed under GA. The typical quantity of treatment reported in a single dental GA session varied between 10 and 22 treated or extracted teeth [4–8]. Few data are available in the literature on the quality of dental treatment provided under GA. More particularly in endodontics, pulp therapy is reported without distinction between pulpotomy and root canal treatment [4, 5, 7–9].

There is a specific challenge in describing quality of treatment for patients who require GA for their dental treatment. The risk of failure for dental treatment performed under GA must be minimised as GA cannot be repeated frequently, unlike treatment under local anaesthesia. In addition, the risk for infectious complication is high in this population which has a higher prevalence of systemic diseases such as congenital cardiac disease, immune deficiency or diabetes or internal prostheses. To manage this risk, the dental clinicians working under general anaesthesia often prioritise extractions over conservative treatment [4, 10, 11]. Most patients with cognitive or mental deficiencies cannot master the use of dentures and do not have the necessary financial resources for fixed prosthetics or implants. In this population with neuromotor disabilities, multiple extractions and edentulousness exacerbate nutritional problems. Dental care of high technical quality is thus required in patients treated under GA so as to avoid extractions.

Endodontic procedures can be complex and difficult to undertake under general anaesthesia. Limited mouth opening, tongue protrusion due to intubation, the short duration of the session, uncertain diagnosis due to inability of the patients to describe signs and symptoms and the need to achieve a maximum amount of treatment at each session are all problems that become greater when working under GA. Guidelines exist in several countries to define high quality endodontic treatment [12–15]. It is recognised that shaping, disinfection, root and crown sealing are essential for high quality endodontic treatment. In all cases, guidelines have been formulated in the context of a cooperative patient treated in a conventional dental setting, i.e. awake and compliant with local anaesthesia (LA) and rubber dam placement, and able to communicate. Conditions for achieving the same quality standard for endodontic treatment (ET) under the conditions of GA have not been described. It seems reasonable to assume that compromises are made in undertaking endodontic treatment under GA. In most cases GA is indicated for full mouth rehabilitation, including all restorative, endodontic and surgical procedures. Endodontics, particularly on molars, is time consuming. The conditions for endodontics under GA are so difficult that the operator often has to choose between extraction or a series of technical compromises. Rubber dam placement,

conditions for accessing the canals, pulpal diagnosis, respect of instrumental sequences, determination of apical length, the time taken and quantity of irrigation, and coronal restoration are steps that can be more or less modified in order to shorten the time required for endodontics under GA.

Consequently, we were led to hypothesise that compromises made for endodontic treatment of permanent teeth under GA would induce a decrease of the technical quality of ET performed under GA. Two steps are necessary to test this hypothesis. Firstly we must compare postoperatively the technical quality of ET performed under GA to the academic standards for ET. Secondly, a follow-up study would be necessary to evaluate the long-term success rate of ET provided under GA. This first study aims to compare postoperatively the equivalence of the number of ETs reaching the recommended clinical standards between a group of patients receiving ET under GA and a group of patients being treated under local anaesthesia in the general dental setting.

Materials and methods

Data collection

This is a retrospective observational study based on clinical data from therapeutic procedures; the use of which was authorised by the local ethical committee (Comité d’Ethique des Centres d’Investigation Clinique de l’inter-région Rhône-Alpes-Auvergne (CE-CIC-GREN-11/17) and Commission Nationale Informatique et Libertés. Post-operative data sheets were anonymously collected for patients treated under GA from April 2006 to March 2010 (GA group). To achieve the aim of the study, the quality of the treatment performed in the same hospital (by students under supervision) was considered to be more pertinent than data reported in previous articles from other French dental faculties [16, 17]. A comparison group was made up with consecutive outpatients who had received at least one endodontic treatment in the dental clinic from October 2008 to April 2009 (LA group).

Procedures

The endodontic procedures undertaken under GA and under LA are listed in Table 1. Procedures for endodontic treatment varied widely between the groups, except for the disinfection and filling steps. In the GA group, the treatment was performed by a single senior practitioner, while the fifth year students, supervised by a teacher, provided the treatment for the LA group. In the LA group, the procedures were standardised according to academic criteria, while in

Table 1 Procedures in endodontic treatment performed under general anaesthesia (GA) or local anaesthesia (LA)

Treatment steps	Procedures for endodontics under GA ^a	Procedures for endodontics under LA
Operators	Operator: 1 senior dental surgeon; dental assistant: 1; 1 nurse	Operator: fifth year student; assistant: none; supervisor: 1 teacher in endodontics and restorative dentistry
Aspiration	Surgical aspiration	Surgical aspiration
Preoperative radiographs	Argentice film with or without film holder use	Argentice film with film holder use
Operatory endodontic field	With or without rubber dam (approximately 80% vs 20%, respectively)	Rubber dam systematically
Determination of working length	Preoperative argentice radiograph or apex locator or no determination	Preoperative argentice radiograph
Irrigation and disinfection	2,5% NaOCl and EDTA (Glyde®) at least 30 ml per canal	2,5% NaOCl and EDTA (Glyde®) at least 30 ml per canal
Cleaning and shaping	Crown down with hand files (Gates 4-3-2, or ultrasonic file. Sequential manual instrumentation: K-Files 15-20-25-30-35) or sequential rotary instrumentation (Ni-Ti instruments (Protaper®, or Revo-S®)	Crown down with hand files (Gates 4-3-2 and sequential manual instrumentation: K-Files 15-20-25-30-35)
Drying	Sterile paper points	Sterile paper points
Root-filling techniques	1 master cone of gutta-percha with sealer (sealite®); lateral compaction of the master cone and 2 accessory cones and thermomechanical compaction	1 master cone of gutta-percha with sealer (sealite®); Lateral compaction of the master cone and 2 accessory cones and thermomechanical compaction
Immediate crown restoration	Permanent restoration (composite, amalgam, glass ionomer cement or preformed crown)	Temporary restoration (cavit®, IRM® or glass ionomer cement) or permanent restoration (composite)
Duration	From 10 to 35 min depending on the type of tooth and the time devoted to the whole GA intervention	From 1 to 4 2-h sessions depending on the type of tooth and the difficulties of the case

^a Depending on cases

the GA group they were modified to fit the available time and the other dental care that had to be provided. These procedural differences were direct consequences of the circumstances under which dental treatment was provided for the group. Despite these differences, the ultimate aim, to achieve satisfactory endodontic outcomes, was the same in both groups.

Study criteria

The type of tooth, the pulpal status and the periapical index (PAI) [18] were used as independent variables. The variables studied were the relationship between the extremity of the root filling material (either the sealer or gutta-percha) and the radiographical apex, the density of the root filling material and the extent to which the root filling filled the canal system (Table 2). Academic standards were considered as reached when all the following conditions occurred: (1) the root filling was within 2 mm of the radiographical apex; (2) no voids or defects along the canal walls were

apparent on radiograph; and, (3) all radiographically visible radicular canals were filled.

In both groups, the technical quality of ET was evaluated on post-operative radiographs taken in the dental session in which the ET was performed. All radiographs were evaluated under optimal condition for the best possible radiographic contrast. Two observers (IA and PYC) were calibrated to evaluate the study criteria using a set of 100 radiographs randomly selected from the 501 radiographs taken during the study. Both examiners scored the radiographs twice at a 1-month interval. External and internal reliability with regard to the radiographic parameters were assessed by calculating Cohen's Kappa. The inter-examiner agreement gave Kappa values of 0.71 for obturation length, 0.47 for density and 0.69 for PAI. For length, density and PAI, the intra-examiner agreements gave Kappa values of 0.65, 0.47 and 0.70 for observer PYC and 0.82, 0.93 and 0.85 for observer IA. For the criterion “obturation of the whole canal system”, the examiners were in full agreement for test and retest evaluations.

Table 2 Study criteria for quality of endodontic treatments in both groups

	Criteria
Type of tooth	Maxillary or mandibular incisors or canines Maxillary or mandibular premolars Maxillary or mandibular molars
Pulpal status ^a	A Vital pulp B Necrosis C Treated
Periapical index	1 Normal periapical structures 2 Small changes in bone structure 3 Changes in bone structure with some mineral loss 4 Periodontitis with well defined radiolucent area 5 Severe periodontitis, exacerbating features
Length of root filling	0=Root filling ended ≤ 2 mm from radiographical apex 1=Root filling ended > 2 mm from radiographical apex 2=Overfilling
Root filling density	0=No voids lateral or apical to the root filling, root filling homogenous 1=Voids are present
Full treatment of the canal system	0=All expected canals were treated 1=At least one canal was neither catheterized nor filled

^a Initial pulpal status was not categorised into academic diagnostic groups because this could not be accurately evaluated in the patients with special needs who constituted the GA group. In consequence, the possible diagnoses for pulpal status were allocated to one of three categories

Statistical methods

Results are reported in terms of proportions and odds ratios (ORs). Chi-squared was used for distribution comparisons. Outcomes between GA- and LA groups were compared with ORs and 95% confidence intervals (95% CI).

Results

There were 255 permanent tooth root fillings in the GA group of 125 patients (67 women; mean age 28.5 ± 13.5 years and 58 men; mean age $\pm$ SD: 28.6 ± 12.7 years). GA was indicated due to inability to cooperate in the normal clinical setting, with or without sedation. The group included 92 patients (70%) with neuromotor disabilities (mean age 31 ± 11.8 years), 26 patients (26.3%) with dental anxiety or phobia (mean age 23 ± 11.5 years), 2 elderly persons with dementia (mean age 83.5 ± 2.1 years) and 5 patients for whom the reasons for GA were not available. The mean

duration of the intervention was 120 ± 38 min, with a mean of 11.6 ± 5.5 items of care performed per intervention. The LA group included 246 root canal fillings performed in permanent teeth for 180 patients (100 men; 43.9 ± 16.8 years and 80 women; mean age 44.5 ± 18.4 years).

The initial pulpal and periapical status of the treated teeth in both groups are presented in Table 3. The distribution of the type of tooth differed significantly between the groups; the GA group included more incisors and canines and fewer premolars and molars than did the LA group ($p < 0.001$).

The numbers of teeth that satisfied the criteria for length of root filling, root filling density and complete filling of the canal system are shown in Table 4, and the proportion of teeth meeting each criterion are reported in Table 5. Overall, the likelihood of satisfying the criterion “length of root filling” was the same in the GA group (67%) as in the LA group (72%). The distribution of cases on the criterion “root filling density” differed statistically significantly between groups, reaching 93% in the GA group and 80 % in the LA group. This distribution varied by the type of tooth: incisors and canines satisfied this criterion in the GA group (94%) more frequently than in the LA group (83%). Satisfaction with the quality criteria for the completion of the treatment for the full canal system did not differ between groups for all types of teeth together and was respectively 97% and 99% in the GA and LA groups.

The proportion of root fillings that simultaneously met the standard for radiographic quality of endodontic treatments (RQET) on all three criteria did not differ between groups, 63% in both the GA and LA groups, for all teeth together (Table 6). The probability of a root filling being of RQET standard differed by the type of tooth; it was lower for molars than for other types of tooth in both groups (38% vs 68% in the GA group (OR=0.29; 95% CI [0.13, 0.64]) and 52% vs 71% in the LA group (OR=0.45; 95% CI [0.26, 0.79]).

In both groups, periapical status was significantly associated with the likelihood of the filling being of satisfactory quality for RQET. For all types of tooth, the chances of meeting the recommended clinical standards of high quality endodontic treatment in the three criteria decreased when the PAI was > 2 from 67% to 47% in the GA group (OR=2.33; 95% CI [1.22, 4.48] and from 66% to 49% in LA group (OR=2.10; 95% CI [1.05, 4.19]).

Discussion

This is the first study to report data on the quality of endodontic treatment performed under general anaesthesia. It shows that the quality of such treatment is comparable with that performed under LA in conventional settings. The proportion of teeth meeting all three criteria for RQET

Table 3 Distribution of the teeth treated under either general anaesthesia (GA group) or local anaesthesia (LA group) according to the initial pulpal status and the periapical index

	GA Group, <i>N</i> (%)				LA Group, <i>N</i> (%)			
	Incisor and canine <i>N</i> =152	Premolar <i>N</i> =60	Molar <i>N</i> =43	Total <i>N</i> =255	Incisor and canine <i>N</i> =67	Premolar <i>N</i> =86	Molar <i>N</i> =93	Total <i>N</i> =246
Pulpal status								
Vital pulp	58 (40)	19 (31.7)	7 (17.1)	84 (34.1)	36 (53.7)	39 (45.3)	46 (50)	121 (49.4)
Necrosis	77 (53.1)	41 (68.3)	33 (80.5)	151 (61.4)	9 (13.4)	17 (19.7)	9 (9.8)	35 (14.3)
Retreatment	10 (6.9)	0	1 (2.4)	11 (4.5)	22 (32.8)	30 (34.8)	37 (40.2)	89 (36.3)
Total	145 (58.9)	60 (24.4)	41 (16.7)	246 (100)	67 (27.3)	86 (35.1)	92 (37.6)	245 (100)
Periapical index								
1	80 (65.6)	36 (63.2)	11 (33.3)	127 (59.9)	28 (45.2)	38 (48.1)	34 (42.5)	100 (42.3)
2	18 (14.7)	9 (15.8)	6 (18.2)	33 (15.6)	16 (25.8)	29 (36.7)	32 (40)	77 (34.8)
3	8 (6.6)	9 (15.8)	9 (27.3)	26 (12.3)	9 (14.5)	8 (10.1)	6 (7.5)	23 (10.4)
4	12 (9.8)	1 (1.7)	6 (18.2)	19 (8.9)	5 (8)	1 (1.3)	3 (3.7)	9 (4.1)
5	4 (3.3)	2 (3.5)	1 (3)	7 (3.3)	4 (6.5)	3 (3.8)	5 (6.3)	12 (5.4)
Total	122 (57.5)	57 (26.9)	33 (15.6)	212 (100)	62 (28.1)	79 (35.7)	80 (36.2)	221 (100)

depends on the type of tooth; it was lower in both groups for molars than for other teeth. At least from a technical point of view, compromises made for the endodontic treatment of permanent teeth under GA are acceptable. For patients with special needs participating in oral rehabilitation with a conservative approach, this study confirms the feasibility of endodontic treatment under general anaesthesia.

In this study, treatment performed under LA by supervised dental students is used as a standard for quality comparison with the treatment performed under GA. There are many cross-

sectional studies concerning the quality of endodontic treatment performed by either dental practitioners or students [16, 17, 19–27]. When the criterion “length of filling” is considered, respectively 72% and 67% for the LA group and the GA group were within 2 mm of the radiographical apex. This is higher than the proportions reported in other studies, which varied greatly from 40.7% to 69% [16, 17, 19–21, 24]. When the criterion “root filling density” is considered, 80% and 93% for LA group and GA group, respectively, reached the standard for quality, while other studies reported lower proportions [16, 17, 20, 21,

Table 4 Distribution of the teeth treated under either general anaesthesia (GA group) or local anaesthesia (LA group) according to the quality criteria for endodontic treatment (codes are explained in Table 2)

	GA Group, <i>N</i> (%)				LA Group, <i>N</i> (%)			
	Incisor and canine <i>N</i> =152	Premolar <i>N</i> =60	Molar <i>N</i> =43	Total <i>N</i> =255	Incisor and canine <i>N</i> =67	Premolar <i>N</i> =86	Molar <i>N</i> =93	Total <i>N</i> =246
Length of root filling								
0	90 (75)	35 (61.4)	15 (48.4)	140 (54.9)	52 (80)	61 (74.4)	53 (60.2)	166 (70.6)
1	14 (11.7)	19 (33.3)	9 (29.1)	42 (16.4)	3 (4.6)	15 (18.3)	21 (23.9)	39 (16.6)
2	16 (13.3)	3 (5.3)	7 (22.5)	26 (10.1)	10 (15.4)	6 (7.3)	9 (10.2)	25 (10.6)
Miscellaneous	–	0	0	0	–	0	5 (5.7)	5 (2.2)
Total	120 (57.7)	57 (27.4)	31 (14.9)	208 (100)	65 (27.7)	82 (34.9)	88 (37.4)	235 (100)
Root filling density								
0	113 (94.2)	55 (96.5)	25 (80.6)	193 (92.2)	54 (83.1)	73 (89)	60 (68.2)	187 (79.6)
1	7 (5.8)	2 (3.5)	6 (19.4)	15 (7.2)	11 (16.9)	9 (11)	28 (31.8)	48 (20.4)
Total	120 (57.7)	57 (27.4)	31 (14.9)	208 (100)	65 (27.7)	82 (34.9)	88 (37.4)	235 (100)
Full treatment of the canal system								
0	120 (99.2)	55 (96.5)	30 (90)	205 (97.2)	65 (100)	82 (100)	86 (97.7)	233 (99.1)
1	1 (0.8)	2 (3.5)	3 (10)	6 (2.8)	0	0	2 (2.3)	2 (0.9)
Total	121 (57.3)	57 (27)	33 (15.7)	211 (100)	65 (27.7)	82 (34.9)	88 (37.4)	235 (100)

Table 5 Comparison of the numbers of teeth meeting each criterion of quality for endodontic treatment in both groups

Criteria (condition)	Type of teeth	GA group		LA Group		Comparisons OR; 95% CI [] (+, differences are significant)
		Total ^a	Condition satisfied <i>N</i> (%)	Total ^a	Condition satisfied <i>N</i> (%)	
Length of root filling (between 0 and 2 mm)	Incisors and canines	120	90 (75)	65	52 (80)	0.75; [0.37, 1.54]
	Premolars	57	35 (62)	82	61 (74)	0.54; [0.26, 1.13]
	Molars	31	15 (48)	83	53 (64)	0.53; [0.23, 1.22]
	Total	208	140 (67)	230	166 (72)	0.79; [0.53, 1.19]
Root filling density (no void, no defect)	Incisors and canines	120	113 (94)	65	54 (83)	3.51; [1.27, 9.69] (+)
	Premolars	57	55 (96)	82	73 (89)	2.76; [0.79, 9.63]
	Molars	31	25 (81)	88	60 (68)	1.83; [0.74, 4.52]
	Total	208	193 (93)	235	187 (80)	2.94; [1.73, 5.02] (+)
Full treatment of the canal system (all expected canals were treated)	Incisors and canines	121	120 (99)	65	65 (100)	
	Premolars	57	55 (96)	82	82 (100)	
	Molars	33	30 (90)	88	86 (98)	0.18; [0.02, 1.34]
	Total	211	205 (97)	235	233 (99)	0.32; [0.08, 1.31]

^a Teeth for which some data were missing were excluded

24, 26, 27]. Finally, 63% in both groups met all the criteria for recommended quality treatment. These rates are higher than those reported in other studies that varied from 30.3% to 47.4% [16, 19, 26]. Different factors may explain the varying reported proportions of endodontic treatment meeting the quality criteria. The technical implementation of endodontic procedures, the level of experience of the students and the conditions of supervision are important factors for quality endodontic treatment. Moreover, the distribution of the type of tooth and of the type of treatment, with greater proportions of posterior teeth and of retreatments tending to reduce the rate of high quality endodontic treatment, can contribute to bias when comparing the results reported in different studies. In this study, the treatment of all the teeth followed the same technical endpoint for disinfection and obturation, but there were differences between the groups with respect to the experience of the clinician (students in the LA group, a senior practitioner in the GA group) and a greater proportion of anterior teeth in the GA group. These factors could explain the unexpectedly high rate of success in the GA group. It could also be hypothesised that the indications for

endodontic treatment differed between the groups. This study did not include a criterion for evaluation of the technical difficulties due to curved roots, supplementary canals, pulp stones, canal obliteration, differences in root and canal axis and apical resorption [28]. It could be argued that the indications for endodontic treatment under GA were limited to the simplest cases.

Despite these considerations, this study demonstrated that endodontic treatment could be undertaken under GA, with a reasonable rate of technical success, at least in the short term. A variety of other endodontic treatment parameters, restorative factors and biological variables may influence the endodontic outcome. According to the European Society of Endodontology [29], the assessment of endodontic treatment requires clinical as well as radiographical follow-up at regular intervals [17]. It was demonstrated that 20% of the root-filled teeth which originally were diagnosed as periapically healthy nevertheless developed apical periodontitis during the observation period [20]. Consequently, such a cross-sectional study can give only a post-operative picture of the technical results of endodontics performed under GA. Further studies should be conducted to

Table 6 Comparison of the numbers of teeth meeting all the quality criteria for endodontic treatment in both groups

	GA Group		LA Group		Comparisons OR; 95%CI []
	Total ^a	All quality criteria are satisfied <i>N</i> (%)	Total ^a	All quality criteria are satisfied <i>N</i> (%)	
Incisors and Canines	120	88 (73)	65	45 (69)	1.22; [0.63, 2.39]
Premolars	57	33 (57)	82	59 (72)	0.53; [0.26, 1.09]
Molars	31	12 (38)	86	45 (52)	0.58; [0.26, 1.3]
	208	133 (63)	233	149 (63)	0.99; [0.68, 1.47]

^a Teeth for which some data were missing were excluded

evaluate the long-term evolution of endodontic treatment performed under GA.

In conclusion, the practice of endodontic treatment under GA should be encouraged when indicated. Recent instrumental advances in endodontics could help to rationalise the procedures of ET under GA. The use of rotating Ni-Ti instrumentation [30] and the determination of canal length with apex locators [31, 32] would help to shorten the time devoted to ET performed under GA and would improve the safety and efficacy of the treatment. In such conditions, the indications for ET under GA would have an impact on oral health in some groups of people. In many situations, patients who are referred for dental treatment under GA have cognitive, behavioural and/or neuromotor problems that increase the need for conservative dental treatment and, when necessary, for endodontics. Patients with special needs have a higher prevalence of missing teeth than the general population [33] leading to an increased risk of eating and chewing disorders. Prosthetic and implant rehabilitation may be compromised for behavioural and economic reasons. In this population, endodontic treatment is the main alternative to extraction, and it is a real challenge to perform good quality endodontic treatment in this population, with a view to retaining functional teeth and good masticatory function. Moreover, developing endodontics in the context of special care dentistry also has political goals. Recent advances in implantology and advances in the prevention of caries have led to a narrowing of the indications for endodontics in healthy patients [34]. More evidence-based studies in the field of endodontic procedures that could widen the indications for endodontic care in special needs patients could lead to the promotion of endodontics in public health dentistry.

Acknowledgments The authors acknowledge Dr Dominique Roux for his help in providing the listing of endodontic treatments performed by dental students and Drs Laurent Vallet, Christian Monteillard and Francine Papot, anaesthetists, for their collaboration in the organisation of the special dental care unit in the Hospital Guy Thomas, Riom, France. Special thanks to Dr PJ Riordan (Write2Publish, <http://correction-home.fr>) for English language correction.

Conflicts of interest The authors do not have any conflicts of interest.

References

1. Dougherty N (2009) The dental patient with special needs: a review of indications for treatment under general anesthesia. *Spec Care Dentist* 29:17–20
2. Nunn JH, Davidson G, Gordon PH, Storrs J (1995) A retrospective review of a service to provide comprehensive dental care under general anesthesia. *Spec Care Dentist* 15:97–101
3. Pohl Y, Filippi A, Geiger G, Kirschner H, Boll M (1996) Dental treatment of handicapped patients using endotracheal anesthesia. *Anesth Prog* 43:20–23
4. Hennequin M, Faulks D, Roux D (2000) Accuracy of estimation of dental treatment need in special care patients. *J Dent* 28:131–136
5. Lee P-Y, Chou M-Y, Chen Y-L, Chen L-P, Wang C-J, Huang W-H (2009) Comprehensive dental treatment under general anesthesia in healthy and disabled children. *Chang Gung Med J* 32:636–642
6. Haubek D, Fuglsang M, Poulsen S, Rølling I (2006) Dental treatment of children referred to general anaesthesia-association with country of origin and medical status. *Int J Paediatr Dent* 16:239–246
7. Tsai C-L, Tsai Y-L, Lin Y-T, Lin Y-T (2006) A retrospective study of dental treatment under general anesthesia of children with or without a chronic illness and/or a disability. *Chang Gung Med J* 29:412–418
8. Loyola-Rodriguez JP, Zavala-Alonso V, Gonzalez-Alvarez CL, Juarez-Lopez LA, Patiño-Marin N, Gonzalez CD (2009) Dental treatment under general anesthesia in healthy and medically compromised developmentally disabled children: a comparative study. *J Clin Pediatr Dent* 34:177–182
9. Jamjoom MM, al-Malik MI, Holt RD, el-Nassry A (2001) Dental treatment under general anaesthesia at a hospital in Jeddah, Saudi Arabia. *Int J Paediatr Dent* 11:110–116
10. Mitchell L, Murray JJ (1985) Management of the handicapped and the anxious child: a retrospective study of dental treatment carried out under general anaesthesia. *J Paediatr Dent* 1:9–14
11. Maestre C (1996) The use of general anaesthesia for tooth extraction in young handicapped adults in France. *Br Dent J* 180:297–302
12. European Society of Endodontology (2006) Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. *Int Endod J* 39:921–930
13. Kim S, Kratchman S (2006) Modern endodontic surgery concepts and practice: a review. *J Endod* 32:601–623
14. American Association of Endodontists (1996) When patients run hot and cold: guidelines for endodontic diagnosis. Colleagues for Excellence, Chicago, Endodontics
15. Hui KC, Chen NN, Koh ET, Lam ECE, Lim KC, Sum CP (2004) Guidelines for root canal treatment. *Singapore Dent J* 26:60–62
16. Moussa-Badran S, Roy B, Bessart du Parc AS, Bruyant M, Lefevre B, Maurin JC (2008) Technical quality of root fillings performed by dental students at the dental teaching centre in Reims, France. *Int Endod J* 41:679–684
17. Lupi-Pegurier L, Bertrand M-F, Muller-Bolla M, Rocca JP, Bolla M (2002) Periapical status, prevalence and quality of endodontic treatment in an adult French population. *Int Endod J* 35:690–697
18. Ørstavik D, Kerekes K, Eriksen HM (1986) The periapical index: a scoring system for radiographic assessment of apical periodontitis. *Endod Dent Traumatol* 2:20–34
19. De Moor RJ, Hommez GM, De Boever JG, Delmé KI, Martens GE (2000) Periapical health related to the quality of root canal treatment in a Belgian population. *Int Endod J* 33:113–120
20. Kirkevang LL, Ørstavik D, Hörsted-Bindslev P, Wenzel A (2000) Periapical status and quality of root fillings and coronal restorations in a Danish population. *Int Endod J* 33:509–515
21. Hommez GM, Coppens CRM, De Moor RJG (2002) Periapical health related to the quality of coronal restorations and root fillings. *Int Endod J* 35:680–689
22. Boucher Y, Matossian L, Riiliard F, Machtou P (2002) Radiographic evaluation of the prevalence and technical quality of root canal treatment in a French subpopulation. *Int Endod J* 35:229–238
23. Loftus JJ, Keating AP, McCartan BE (2005) Periapical status and quality of endodontic treatment in an adult Irish population. *Int Endod J* 38:81–86
24. Segura-Egea JJ, Jiménez-Pinzón A, Poyato-Ferrera M, Velasco-Ortega E, Ríos-Santos JV (2004) Periapical status and quality of root fillings and coronal restorations in an adult Spanish population. *Int Endod J* 37:525–530

25. Frisk F, Hugoson A, Hakeberg M (2008) Technical quality of root fillings and periapical status in root filled teeth in Jönköping, Sweden. *Int Endod J* 41:958–968
26. Barrieshi-Nusair KM, Al-Omari MA, Al-Hiyasat AS (2004) Radiographic technical quality of root canal treatment performed by dental students at the Dental Teaching Center in Jordan. *J Dent* 32:301–307
27. Dugas NN, Lawrence HP, Teplitsky PE, Pharoah MJ, Friedman S (2003) Periapical health and treatment quality assessment of root-filled teeth in two Canadian populations. *Int Endod J* 36:181–192
28. American Association of Endodontists (2005) Endodontic case difficulty assessment form and guidelines. American Association of Endodontists, Chicago
29. European Society of Endodontology (1994) Consensus report of the European Society of Endodontology on quality guidelines for endodontic treatment. *Int Endod J* 27:115–124
30. Guelzow A, Stamm O, Martus P, Kielbassa AM (2005) Comparative study of six rotary nickel-titanium systems and hand instrumentation for root canal preparation. *Int Endod J* 38:743–752
31. Janner SFM, Jeger FB, Lussi A, Bornstein MM (2011) Precision of endodontic working length measurements: a pilot investigation comparing cone-beam computed tomography scanning with standard measurement techniques. *J Endod* 37:1046–1051
32. Ravanshad S, Adl A, Anvar J (2010) Effect of working length measurement by electronic apex locator or radiography on the adequacy of final working length: a randomized clinical trial. *J Endod* 36:1753–1756
33. Glassman P, Miller CE (2003) Preventing dental disease for people with special needs: the need for practical preventive protocols for use in community settings. *Spec Care Dentist* 23:165–167
34. Bateman G, Barclay CW, Saunders WP (2010) Dental dilemmas: Endodontics or dental implants? *Dent Update* 37: 579–582, 585–586, 589–590

6.2 Annexe 2

Cousson PY, Nicolas E, Hennequin M. A follow up study of pulpotomies and root canal treatments performed under general anaesthesia. Clin Oral Invest. 2014;18(4):1155-63

A follow-up study of pulpotomies and root canal treatments performed under general anaesthesia

Pierre-Yves Cousson · Emmanuel Nicolas ·
Martine Hennequin

Received: 6 March 2013 / Accepted: 11 August 2013 / Published online: 1 September 2013
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

Abstract

Objectives A previous study considered whether the proportions of clinically satisfactory root canal treatments (RCT) done under general anaesthesia (GA) or under local anaesthesia were equivalent, but the proportion of treatment with long-term satisfactory endodontic outcomes remains unknown. Moreover, no evaluation of pulpotomies performed under GA has been reported.

Materials and methods From 614 endodontic treatments (ETs) performed on permanent teeth under GA, 225 [193 RCT and 32 pulpotomies (P)] were examined after follow-up periods of 1–6 months (71 cases), 6–24 months (77 cases) and over 2 years (77 cases). Changes in the periapical index between the treatment date (T0) and the control time (T1) allowed the treatment to be classified as “success,” “uncertain outcome” or “failure.” Explicative variables for success of ET were the duration of follow-up and tooth-related criteria expected to affect the outcomes of endodontic treatment.

Results Overall, 87 % of ETs were scored as “success,” while 9 % were uncertain and 4 % were failures. There was no difference in the distribution of success in relation with the type of tooth, the pulpal status, the level of endodontic difficulty, the periapical status or the technical quality of RCT. The

proportion of endodontic cases with high level of difficulties was higher in the P group than in the RCT group.

Conclusion Longer follow-ups and higher numbers of cases are needed to analyse the factors affecting success and failure in endodontic treatments performed under GA.

Clinical relevance The relatively high rates of success of pulpotomies and RCT support undertaking endodontic treatment under GA.

Keywords Endodontics · Follow-up · General anaesthesia · Pulpotomy · Root canal treatment

Introduction

It is commonly accepted that endodontic procedures can be complex and difficult to undertake under general anaesthesia (GA). Limited mouth opening, tongue protrusion due to intubation, the short duration of the session, uncertain diagnosis due to the inability of patients to describe symptoms and the need to complete a maximum amount of treatment at each session are all problems that are greater when working under GA. A previous study [1] considered whether the proportions of clinically satisfactory root canal treatments done under GA or under local anaesthesia in a general practice setting were equivalent. It reported that 63 % of root canal treatments were technically satisfactory in both groups and that this rate was significantly lower for molars than for other teeth. The study supported the feasibility of root canal treatment (RCT) in patients treated under GA, but the proportion of treatment that achieves satisfactory endodontic treatment (ET) outcomes remains unknown. Moreover, pulpotomies are sometimes indicated in vital permanent teeth treated under GA in order to reduce the duration of the intervention but currently no evaluation for such treatments has been reported.

A variety of other parameters, such as restorative factors and the biological variables related to individuals with special

P.-Y. Cousson · E. Nicolas · M. Hennequin
CROC-EA 4847, Clermont Université, Université d’Auvergne,
BP 10448, 63000 Clermont-Ferrand, France

P.-Y. Cousson · E. Nicolas · M. Hennequin
Service d’Odontologie, Unité Fonctionnelle de soins spécifiques,
CHU Clermont-Ferrand, 63003 Clermont-Ferrand, France

M. Hennequin
Service de Chirurgie Ambulatoire, CH Guy Thomas,
63200 Riom, France

M. Hennequin (✉)
Dental Faculty, CROC-EA 4847,
11 Boulevard Charles de Gaulle, 63000 Clermont-Ferrand, France
e-mail: martine.hennequin@udamail.fr

needs who require GA for their dental care, may influence the endodontic outcome. According to the European Society of Endodontology [2], the assessment of endodontic treatment requires clinical as well as radiographical follow-up at regular intervals [3]. It has been demonstrated that healing of pre-existing peri-apical lesions is most pronounced from 3 months to 2 years [4]. Thus, a cross-sectional study can give only a postoperative picture of the technical results of endodontic treatment performed under GA and cannot guarantee the treatment outcomes in the long-term. This follow-up study aimed to describe the results of pulpotomies and root canal treatments in a cohort of patients treated under GA.

Materials and methods

Data collection

This was an observational open cohort study based on clinical data from therapeutic procedures; the use of which was authorised by the local ethical committee (Comité d’Ethique des Centres d’Investigation Clinique de l’inter-région Rhône-Alpes-Auvergne (CE-CIC-GREN-11/17). From April 2006 to December 2012, any patient attending the special needs unit of the University Dental Hospital of Clermont-Ferrand regularly was proposed for inclusion if he or she had received at least one endodontic treatment (either a pulpotomy or a root canal treatment) on a permanent tooth during a previous dental care session under GA. In order to control the procedures for endodontic treatment, patients who had received endodontic treatment under general anaesthesia in another dental service were not included. For each included patient, the postoperative radiograph taken at the end of the endodontic treatment during the GA session was collected and duplicated for the study. The date of the GA session during which the endodontic treatment was performed constituted the beginning of the follow-up period (T0).

At each consecutive routine appointment for the included patient, a new clinical and radiographic examination of the treated tooth was attempted. Clinical examinations were conducted to verify (a) that the tooth was still present in the arch, (b) the lack of dental pain or pain related behaviours declared by the patient or his or her career, and (c) the lack of clinical symptoms of infectious disease related to the endodontic treatments of interest (oedema, fistula and tooth motility). The radiographic examination undertaken after the longest follow-up period was retained (T1) and included in the group of endodontic treatments that had been followed up (follow-up group). The follow-up period varied greatly among patients, depending on their conditions for accessing dental care. Some patients had regular checkups, while others were only seen when they had infectious or traumatic problems. Moreover, depending on the patient’s abilities to cope with the

examination, the patient could be examined either awake or under relative analgesia. For patients who could not cooperate under these conditions, the clinical and radiographic examination was delayed and completed at a later treatment session under midazolam sedation or general anaesthesia. Neither midazolam sedation nor general anaesthesia was indicated only for the radiographic examination goals of this study.

For each endodontic treatment, the study criteria were evaluated using the postoperative radiograph, taken during the GA session (at T0) for the whole cohort, and on the radiograph after the longest follow-up postoperative period (at T1) for the follow-up group. Depending on the type of endodontic treatment that was performed, both the whole cohort and the follow-up group were categorised respectively as the RCT group for root canal treatments and the P group for pulpotomies.

Patients

The flow diagram of the patients and treatments included in the cohort is presented in Fig. 1. During the study period, 646 ETs were completed in 269 consecutive patients. Thirty-two treatments (19 patients) were excluded due to absence of usable pre or postoperative radiographs. The final cohort provided 614 endodontic treatments (87 pulpotomies and 527 root canal treatments) performed in 250 patients (123 men, mean age $\pm$ SD 26.8 ± 12.4 years and 127 women, mean age 29.2 ± 14.5 years). Among them, 147 adults had mental or cognitive deficiencies, 71 adults and 11 adolescents had dental fear or phobia, six adults were medically indicated for GA and three elderly persons had dementia. Reasons for GA were not available for 12 patients. The mean duration of a treatment session was 113.4 ± 35 min, with a mean of 12.8 ± 5.3 items of care performed per session.

Ninety-six patients (224 treatments) were never seen again after the GA session. Among the 154 patients (390 treatments) who had had at least one postoperative consultation with clinical

Number of endodontic treatments (patients)...

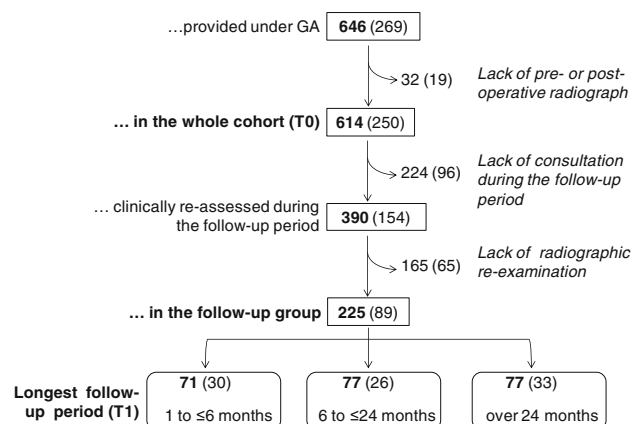


Fig. 1 The flow diagram of the patients and treatments included in the cohort

examination, 65 (165 treatments) could not cope with radiographic evaluation. Consequently, the follow-up group was constituted with patients who had had regular dental checkup and were cooperative enough for a radiographic examination with or without nitrous oxide sedation and with those other uncooperative patients who were indicated either for midazolam sedation or for a new GA session for their dental care.

Thus, the follow-up group consisted of 225 endodontic treatments that were followed up at least once in 89 patients (43 men, mean age $\pm$ SD 28.6 ± 10.3 years; 46 women, mean age $\pm$ SD 28.5 ± 10.8 years). The longest postoperative period was between 1 and 6 months for 71 cases, between 6 and 24 months for 77 cases and between 24 and 96 months for 77 cases.

Endodontic procedures

The usual procedure for endodontic treatment was root canal treatment. On occasion, pulpotomy was indicated in vital teeth when catheterization difficulties were expected or when the residual time devoted to the GA session was too short to complete a root canal treatment. When pulpotomy was indicated, the absence of pulp necrosis was confirmed preoperatively by observing bleeding in the pulp chamber and from the canals. The procedures observed under GA for endodontic treatment were standardised according to academic criteria. For RCT, after rubber dam placement, the determination of the working length was done with an argentic radiograph (Kodak Insight®) or with an electronic apex locator. Cleaning and shaping were performed according to crown down technique with Gates 3–2 and manual or sequential rotary Ni-Ti instrumentation (Protaper®, Denstply-Maillefer or Revo-S™, Micro-Méga) using sodium hypochlorite (2.5 %) followed by thermo-mechanical compaction (Gutta Condensor, Denstply Maillefer with a zinc oxide and eugenol (ZOE) sealer (Sealite™ Regular).

In some clinical conditions, the procedures were slightly modified to fit the available time and other necessary treatment. Rubber dam placement and radiographic or electronic control of the radicular working length were not possible in respectively 18 and 9 cases for RCT. For pulpotomy, rubber dam was used systematically and the first 2 mm of the coronal portion of the canals were flared with Gates Glidden burs under sodium hypochlorite irrigation. Calcium hydroxide covered with ZOE (IRM®) was used for pulp capping.

The procedures for coronal restorations varied with the type of tooth. The incisors and canines were restored with composite after overlaying a high density glass ionomer cement (GIC) on the canal orifices. For premolars, composite restorations or GIC bonded amalgams were used with or without a GIC base. Molars were restored with stainless steel preformed crowns sealed with GIC, except for cavities that had four surfaces; these were restored with a bonded amalgam on a GIC base.

Study criteria

The study criteria are presented in Table 1.

Criteria for outcome of endodontic treatment

The main criterion was the outcome of endodontic treatment [5, 6]. The debate on the categorisation of the outcomes of endodontic treatment is still open [5, 6]. The current concerns are, firstly, to use a classification based on the dynamic nature of the apical disease, and secondly, to consider a follow-up period that would be long enough to capture a need for re-treatment for the benefit of the patient. However, some authors use the terminology “healing/healed/disease” based on the disease status, while others refer to the categorizations “success/failure” or “effective/uncertain/ineffective” that are related to the efficacy of a treatment. Over the linguistic divergences, the criteria used for the evaluation of ET outcomes are always based on variations of the Periapical Index (PAI) score. In this study, the outcome of ET was categorised for practical purposes with descriptive terms as success, uncertain outcome and failure and these categories were used whatever the duration of the follow-up period. This criterion was considered as a dependant variable. The status of teeth that were extracted during the follow-up period was categorised as success if the indication for extraction was not related to an infectious or periapical disease (prosthetic reasons or trauma). They were categorised as failure when the extraction was related to periapical disease.

Factors affecting the outcome of endodontic treatment

Explicative variables for success of endodontic treatment were the duration of follow-up and tooth-related criteria expected to affect the outcomes of endodontic treatment.

Follow-up duration The postoperative result of et depends on the frequency of regular checkups and this varied greatly. For statistical purposes, the duration of the postoperative follow-up for et was trichotomised as 1 to ≤ 6 months, >6 to ≤ 24 months and over 2 years.

Pulpal status No accurate diagnosis of initial pulpal status was recorded because the signs and symptoms could not be assessed in all patients due to communication and cognitive problems in many of them. A vital pulp was recorded when there was a pulp chamber without any pre-existing communication, bleeding when the pulp chamber was opened and there were no clinical and radiographic symptoms for pulpal or periodontal disease. Necrosis was recorded when at least one of these criteria was not satisfied. In some circumstances, the operators had insufficient evidence to dichotomize the pulpal status into vital or necrotic and the pulpal diagnosis was then registered as “uncertain.”

Table 1 Study criteria for endodontic treatment performed under GA

	Criteria
Type of endodontic treatment	Pulpotomy Root canal therapy
Type of tooth	Maxillary or mandibular incisors or canines, premolars and molars
Endodontic Case difficulty	High difficulty: at least one item in the high difficulty category was checked Moderate difficulty: at least one item in the moderate difficulty category was checked without any item in the high difficulty category Minimal difficulty: other conditions
Pulpal status	Vital pulp Necrosis Uncertain diagnosis Treated
Periapical Index (PAI)	1: normal periapical structures 2: small changes in bone structure 3: changes in bone structure with some mineral loss 4: periodontitis with well-defined radiolucent area 5: severe periodontitis, exacerbating features
Criteria for technical quality of endodontic treatment	
Length of root filling (L-criterion)	0=Root filling ended ≤ 2 mm from radiographic apex 1=Root filling ended > 2 mm from radiographic apex 2=Over-filling
Root filling density (D-criterion)	0=No voids lateral or apical to the root filling, root filling homogenous 1=Voids are present
Full treatment of canal system (S-criterion)	0=All expected canals were treated 1=At least one canal was neither catheterized nor filled
LSD Score	The proportion of endodontic treatment that satisfied the following conditions at T0: L-criterion=0, S-criterion=0, and D-criterion=0
Criteria for follow-up duration	1 to ≤ 6 months > 6 to ≤ 24 months > 24 months
Endodontic outcome	
Success	PAI at T0=1 and PAI at T1=1, or PAI at T0=2 and PAI at T1 ≤ 2 , or PAI at T0=3 and PAI at T1 ≤ 2 , or PAI at T0=4 and PAI at T1 ≤ 3 or PAI at T0=5 and PAI at T1 ≤ 4
Uncertain outcome	PAI at T0=1 and PAI at T1=2, PAI=3 or 4 at both T0 and T1
Failure	PAI at T0=1 or 2 and PAI at T1 ≥ 3 , PAI at T0 ≥ 3 and PAI at T1 ≥ 4

T0 time of the postoperative radiographic control at the end of the endodontic treatment during the general anaesthesia; *T1* time of radiographic control after the longest follow-up examination period

Periapical status The periapical index was used according to the authors' instructions [7]. The index consists of five categories, representing a step on an ordinal scale from sound periapical bone to severe apical periodontitis. A tooth assigned score 1 or 2 was classified as healthy, whereas if the scores 3, 4 or 5 were given, it was classified as having apical periodontitis.

Difficulty level of endodontic cases The Endodontic Case Difficulty Assessment Form and Guidelines edited by the American Association for Endodontics (AAE form) [8] were

used to categorise the level of difficulty of each endodontic case with the preoperative radiograph. The original tool identifies three categories of factor affecting treatment complexity: patient factors, diagnostic and treatment factors and additional factors. Within each category, levels of difficulty were assigned based upon potential risk factors. The AAE form gives a global score for technical difficulties of the endodontic case with three levels: minimal, moderate and high. The form was completed after interpretation of the preoperative radiograph. Because the patient related factors that can affect

the feasibility of endodontic treatment are not applicable to patients treated under GA, none of the items of the “patient considerations” categories of the AAE form was used.

Technical quality of root canal treatment Study criteria were evaluated on 2D periapical radiographs. The variables studied were the relationship between the apical limit of the root filling (either the sealer or gutta percha) and the radiographical apex, the density of the root filling material and the extent to which the root filling filled the canal system. The criteria for the technical quality of ET were (a) that the end of root filling was within 2 mm of the apex (Length, L-criterion), (b) that all radiographically visible or expected canals were filled (System, S-criterion) and (c) that no voids or defects along the canal walls were apparent on the radiograph (Density, D-criterion). The LSD score was defined as the proportion of endodontic treatment that satisfied the three clinical standards for technical quality.

All radiographs were evaluated under optimal condition for maximum radiographic contrast. One trained observer was calibrated to evaluate the study criteria using a set of 100 radiographs randomly selected from a previous study [1]. Each radiograph was scored twice at a 1-month interval. Internal reliability with regards to the radiographic parameters was assessed by calculating Cohen’s Kappa. The intra-examiner agreements gave Kappa values of 0.65, 0.47 and 0.70 for L- and D- and PAI-criteria, respectively. For the S-criterion, the examiner was in full agreement for retest evaluation.

Statistical analysis

SPSS© version 20.00 (IBM SPSS statistics) was used for statistical analysis. The statistical unit of analysis was the tooth, the highest score of all roots being assigned for multi-rooted teeth. Chi-squared and Fisher exact tests were used for distribution comparisons.

Results

Representativity of the follow-up group

The distributions of endodontic treatments in the whole cohort and in the follow-up group by study criterion at T0 are compared in Table 2. At T0, the follow-up group is representative of the whole cohort in terms of the type of tooth, endodontic difficulty, periapical status and technical quality of endodontic treatments (except for the S-criterion). The distribution of teeth according to pulpal status and criteria for technical quality of endodontic treatment differed statistically significant among both groups. There were more vital teeth and teeth with

uncertain pulpal diagnosis in the follow-up subgroup than in the whole cohort.

Outcomes of endodontic treatments

Overall, 87 % of ETs were scored as “success,” while 9 % were uncertain and 4 % were failures (Table 3). Seven teeth with RCT had been extracted, six for non-endodontic reasons and one for periapical complications. All the remaining 218 teeth were fully functional, and their coronal restorations were present. The proportion of successful treatments did not change with the duration of the follow-up period. For the 12 % of RCTs that were evaluated postoperatively over 2 years, 90 % were successes, 5 % were uncertain and 5 % had failed. All pulpotomies succeeded, except one case that was evaluated 1 month after the treatment and categorised as uncertain due to root immaturity. There was no difference in the distribution of success in relation with the type of tooth, the pulpal status, the level of endodontic difficulty, the periapical status or the L-criterion. The proportion of endodontic cases with high level of difficulties was higher in the P group than in the RCT group ($p < 0.01$).

Discussion

This is the first study to report results for outcomes of consecutive endodontic treatment cases performed under GA. The “success/uncertain outcome/failure” categorization provided useful information about the patients’ needs. Overall, 87 % of the treatments satisfied the outcomes for ET, where 9 % of the teeth had to be monitored and 4 % required re-treatment. This represents a small proportion of all intended endodontic treatments and supports developing endodontic treatment rather than multiple extractions for patients who require GA when accessing dental care, such as patients with learning disabilities, dental fear or dementia.

In the absence of a control group, we aimed to discuss the proportion of ETs categorised as “healing” or “healed” in previous studies performed in general clinical practice, either by students, generalists or endodontists [9–15] and compared with those categorised as “success” in the present study (Table 4). The proportions of ETs that reach the outcomes of ET varied from 76 to 94 %. In this situation, the important question is whether these differences are due to methodological differences between the studies or to procedural circumstances when performing endodontic treatment under GA. The methodological criteria used in the set of studies that report data on postoperative success in endodontic treatment vary greatly. In some studies, the statistical strength of the results was weak [11, 15]. In other reports, the conditions for case collection were seldom controlled and the follow-up groups were often based on convenience samples. In these situations, some selection bias is a possibility [10, 15]. More particularly, in studies that

Table 2 Comparisons of the distributions of the endodontic treatment performed under GA at T0 in the whole cohort and at T1 in the follow-up group

	Whole cohort, <i>n</i> =614			Follow-up subgroup, <i>n</i> =225			Chi square comparisons
	RCT group <i>n</i> =527 <i>n</i> (%)	P group <i>n</i> =87 <i>n</i> (%)	Total <i>n</i> (%)	RCT group <i>n</i> =193 <i>n</i> (%)	P group <i>n</i> =32 <i>n</i> (%)	Total <i>n</i> (%)	
Type of tooth							
Incisor and canine	281 (53)	2 (2)	283 (46)	113 (59)	1 (3)	114 (51)	ns
Premolar	121 (23)	2 (2)	123 (20)	44 (23)	0 (0)	44 (20)	
Molar	125 (24)	83 (96)	208 (34)	36 (18)	31 (97)	67 (29)	
Endodontic case difficulty							
Minimal	68 (13)	1 (1)	69 (11)	33 (17)	2 (6)	35 (16)	ns
Moderate	276 (53)	22 (25)	298 (49)	100 (52)	5 (16)	105 (47)	
High	175 (33)	63 (73)	238 (39)	56 (29)	25 (78)	81 (36)	
Data not available	8 (1)	1 (1)	9 (1)	4 (2)	0 (0)	4 (1)	
Pulpal status							
Vital pulp	112 (21)	38 (44)	150 (24)	56 (29)	24 (75)	80 (36)	<i>p</i> <0.01
Necrosis	306 (58)	0 (0)	306 (50)	91 (47)	0 (0)	91 (40)	
Uncertain	73 (14)	49 (56)	121 (20)	34 (18)	8 (25)	42 (19)	
Re-treatment	24 (5)	NA	24 (4)	12 (6)	NA	12 (5)	
Data not available	12 (2)	0 (0)	13 (2)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	
Periapical Index							
PAI ≤2	312 (59)	60 (69)	372 (61)	101 (52)	30 (94)	131 (58)	ns
PAI >2	178 (34)	0 (0)	178 (29)	79 (41)	0 (0)	79 (35)	
Immature tooth	2 (0.4)	18 (21)	20 (3)	0 (0)	2 (6)	2 (1)	
Data not available	35 (6.6)	9 (10)	44 (7)	13 (7)	0 (0)	13 (6)	
Technical quality for root canal treatment							
Length-criterion (L)=0	298 (57)	NA	NA	110 (57)	NA	NA	ns
System-criterion (S)=0	480 (91)	NA	NA	185 (96)	NA	NA	<i>p</i> <0.05
Density-criterion (D)=0	470 (89)	NA	NA	175 (91)	NA	NA	ns
LSD score	291 (55)	NA	NA	104 (54)	NA	NA	ns

RCT root canal treatment; P pulpotomy; NA not applicable; ns nonsignificant

aimed to evaluate the long-term result of endodontic treatment, whether the follow-up groups were truly representative of the mass of endodontic treatment was often never tested [11–13]. Moreover, in the present cohort (Table 2), 52 and 29 % of the

teeth were scored with moderate and high levels of endodontic difficulty. A higher prevalence of complex endodontic cases could explain the relatively low level of “healing” or “healed,” but this point could not be verified as this factor was not

Table 3 Distribution of the endodontic treatments performed under general anaesthesia in the three follow-up periods by criteria of treatment outcome

	Follow-up duration (months)						Overall		
	1 to 6		>6 to 24		>24				
	RCT, <i>n</i> =52	P, <i>n</i> =19	RCT, <i>n</i> =64	P, <i>n</i> =13	RCT, <i>n</i> =77	P, <i>n</i> =0	RCT, <i>n</i> =193	P, <i>n</i> =32	Total, <i>n</i> =225
Success <i>n</i> (%)	39 (75)	18 (95)	56 (88)	13 (100)	69 (90)	0 (0)	164 (85)	31 (97)	195 (87)
Uncertain outcome <i>n</i> (%)	12 (23)	1 (5)	4 (6)	0 (0)	4 (5)	0 (0)	20 (10)	1 (3)	21 (9)
Failure <i>n</i> (%)	1 (2)	0 (0)	4 (6)	0 (0)	4 (5)	0 (0)	9 (5)	0 (0)	9 (4)

RCT root canal treatment; P pulpotomy; *n* number

Table 4 Comparisons of the composition of the whole cohort, follow-up duration, composition of the follow-up group and re-evaluation rate between studies reporting proportions of endodontic treatments satisfying the outcome criteria of endodontic treatment

Authors	Whole cohort	Follow-up duration	Follow-up group (teeth)	Re-evaluation proportion (%)	% of ETs reaching the ET outcomes
Ricucci et al. 2011 [9]	780 patients	5 years	816	Unknown	89
Imura et al. 2007 [10]	2,000 teeth	18–24 months	1,376	69	94
De Quadros et al. 2005 [11]	579 teeth	1 year	178	31	94
		3 years	49	9	76
Friedman et al. 2003 [13]	450 teeth	4–6 years	120	27	83
Hoskinson et al. 2002 [14]	397 patients	4–5 years	200	Unknown	91
Peak et al. 2001 [15]	Unknown	<3 years	139	Unknown	82
		≥3 years	205		85
Friedman et al. 1995 [12]	486 teeth	6 months	100	21	88
		7–12 months	255	52	96
		>12 months	23	5	95
				Overall=78	Overall=94
This study	614 teeth	1–6 months	71	12	80
		>6 to ≤24 months	77	13	89
		>24 months	77	13	89
				Overall=37	Overall=87

reported in other studies, except in two that reported that complex cases had been excluded [10, 11].

The low proportion of re-evaluated ETs and the lower representation of RCT on non-vital teeth in the follow-up group limit the generalisability of these results. This limitation could induce bias in analysis of the parameters affecting success for endodontic treatments performed under GA. As already described, the re-evaluation proportion for ETs performed in the general population decreased with the duration of the follow-up period [13] (Table 4). Paradoxically, for patients with special needs for whom radiographic examination creates a new indication for a GA session, it could be expected that expanding the low proportions of re-evaluation could be achieved by extending the observational time for the cohort and increasing the re-evaluation proportion after 2 years. This hypothesis is supported by the high return rate of the patients (62 %) that have had regular appointments and clinical evaluation for their ETs in the special care units during the follow-up period. Despite this high return proportion, the radiographic re-examination proportion decreased drastically to 36 % patients (37 % of ETs) due to lack of cooperation, but was constant among the three periods of follow-up (Table 4). Overall, only one third of ETs were evaluated after 2 years during the study period, as the radiographic examination goals of this study did not justify a new GA session. However, with an increase in time, the patients with special needs would again require dental care under GA or midazolam sedation, at least for regular scaling and checkup, and this situation would provide opportunities for radiographic control of their ETs. It is therefore important to estimate the number of treatment sessions required

to achieve a satisfactory proportion of acceptable ET outcomes. In the Toronto study, a theoretical rate of “healing” of 80 % was chosen for sample size determination. Considering that the measured values reported by other studies varied from 76 and 94 % (Table 4) and that healing of pre-existing lesions is most pronounced from 3 months to 2 years [4], we based our hypothesis on a mean value of 85 % after a follow-up period of 2 years. To compare the occurrence of success for endodontic treatments between the present and a further study, the test of proportions was used, assuming 85 % of success after 2 years. With a significance level (alpha) of 5 %, a power of 90 % and a non-inferiority limit of 10 %, the required sample size would be 218 teeth in the follow-up group.

Among the 32 pulpotomies in the follow-up group, 31 were considered as “success” while one case of immature tooth was still uncertain (Table 3). Considering the rough evaluation of the pulpal status and the procedural conditions based on the use of calcium hydroxide and ZOE, this rate seems rather high. The high success rate for pulpotomy could be related to good aseptic procedures based on the rubber dam isolation and the abundant irrigation with sodium hypochlorite and the good seal offered by pre-formed crowns. This study suggests that pulpotomy could be an alternative to root canal treatment in vital permanent teeth in patients with anatomical difficulties for catheterisation. The subjective indications for pulpotomy made preoperatively by the operator were consistent with the objective evaluation that was made independently by the investigator using the AAE form. Indeed, in the follow-up group, most teeth indicated for pulpotomy had a higher level of difficulty than those indicated for root canal treatment. However, the high success rate for

pulpotomy should be regarded with caution, as only 13 cases were evaluated between 6 and 24 months and none after 2 years. Few data are available to compare the outcome of pulpotomy in permanent teeth [16, 17]. Longer follow-ups and higher numbers of cases are needed before discussing the pertinence for such indications. Further studies are required to evaluate the results of pulpotomy in permanent teeth to provide evidence in support of pulpotomy as an alternative to endodontic treatment in vital teeth.

The use of 2D radiographic evaluation is a second study limitation. The results are affected by the low sensitivity of 2D radiography that compresses three-dimensional structures, leading to geometric distortion, anatomical noise and temporal perspectives [18–21]. It is now widely suggested that cone beam computed tomography (CBCT) is significantly more sensitive than conventional radiography for detecting apical periodontitis. Periapical bone destruction associated with endodontic infection can be identified using CBCT before evidence of such lesions is visible on conventional radiographs [22]. The increase in detection due to the 3D method was estimated to reveal 38 % more periapical lesions using CBCT [18]. Consequently, our results are probably underestimations, but the exact impact of this underestimation on the “success” rate cannot be measured. Despite its low sensitivity, 2D radiography remains a reliable indicator for epidemiological surveys or observational clinical studies like the present one [4]. CBCT is more accurate for diagnosis and achieving therapeutic goals in individual clinical cases. The need for regular appointments requires a simple and minimally invasive radiological technique, possible with conventional 2D radiography.

Conclusion

This study reports the feasibility of pulpotomies and root canal treatments for people treated under GA. It also suggests that pulpotomy might be an alternative to root canal treatment in vital teeth. Long-term follow-up studies are needed to analyse the factors affecting success and failure in endodontic treatments performed under GA.

Acknowledgments The authors specially thank Drs. Denise Faulks and Valérie Collado for their valuable help collecting long-term postoperative radiographs in patients who were examined under nitrous oxide or midazolam sedation. Dr. Laurent Vallet and Dr. Christian Monteillard are acknowledged for their precious collaboration as anaesthetists. The authors would like to thank Prof. Paul Riordan (Write2Publish; <http://correction-home.fr>) for correction of the English manuscript. The first author of this paper received a prize for this study from the European Society for Endodontics during the Congress of the French Society for Endodontics in Lyon, France 2011. The study was self-funded by the authors and their institutions, the University of Auvergne, Clermont I and CHU of Clermont-Ferrand.

Conflict of interest The authors do not have any conflicts of interest.

References

1. Alsaleh I, Cousson P-Y, Nicolas E, Hennequin M (2012) Is endodontic treatment performed under general anaesthesia technically acceptable? *Clin Oral Invest* 16:1599–1606. doi:10.1007/s00784-011-0663-3
2. European Society of Endodontology (2006) Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. *Int Endod J* 39:921–930. doi:10.1111/j.1365-2591.2006.01180.x
3. Lupi-Pegurier L, Bertrand M-F, Muller-Bolla M, Rocca JP, Bolla M (2002) Periapical status, prevalence and quality of endodontic treatment in an adult French population. *Int Endod J* 35:690–697. doi:10.1046/j.1365-2591.2002.00547.x
4. Huuonen S, Ørstavik D (2013) Radiographic follow-up of periapical status after endodontic treatment of teeth with and without apical periodontitis. *Clin Oral Invest*: 1–6. doi: 10.1007/s00784-013-0926-2
5. Wu M-K, Wesselink P, Shemesh H (2011) New terms for categorizing the outcome of root canal treatment. *Int Endod J* 44:1079–1080. doi:10.1111/j.1365-2591.2011.01954.x
6. Messer HH, Yu VSH (2013) Terminology of endodontic outcomes. *Int Endod J* 46:289–291. doi:10.1111/iej.12014
7. Ørstavik D, Kerekes K, Eriksen HM (1986) The periapical index: a scoring system for radiographic assessment of apical periodontitis. *Endod Dent Traumatol* 2:20–34
8. Simon DS (1999) Endodontic case difficulty assessment: the team approach. *Gen Dent* 47:340–344
9. Ricucci D, Russo J, Rutberg M, Burleson JA, Spångberg LSW (2011) A prospective cohort study of endodontic treatments of 1,369 root canals: results after 5 years. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 112:825–842. doi:10.1016/j.tripleo.2011.08.003
10. Imura N, Pinheiro et, Gomes BPFA, Zaia AA, Ferraz CCR et al (2007) The outcome of endodontic treatment: a retrospective study of 2000 cases performed by a specialist. *J Endod* 33:1278–1282. doi:10.1016/j.joen.2007.07.018
11. De Quadros ID, Gomes BPFA, Zaia AA, Ferraz CCR, Souza-Filho FJ (2005) Evaluation of endodontic treatments performed by students in a Brazilian Dental School. *J Dent Educ* 69:1161–1170
12. Friedman S, Löst C, Zarabian M, Trope M (1995) Evaluation of success and failure after endodontic therapy using a glass ionomer cement sealer. *J Endod* 21:384–390. doi:10.1016/S0099-2399(06)80976-3
13. Friedman S, Abitbol S, Lawrence HP (2003) Treatment outcome in endodontics: The Toronto Study. Phase 1: initial treatment. *J Endod* 29:787–793. doi:10.1097/00004770-200312000-00001
14. Hoskinson SE, Ng Y-L, Hoskinson AE, Moles DR, Gulabivala K (2002) A retrospective comparison of outcome of root canal treatment using two different protocols. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 93:705–715. doi:10.1067/moe.2001.122822
15. Peak JD, Hayes SJ, Bryant ST, Dummer PM (2001) The outcome of root canal treatment. A retrospective study within the armed forces (Royal Air Force). *Br Dent J* 190:140–144. doi:10.1038/sj.bdj.4800907a
16. Simon S, Perard M, Zanini M, Smith AJ, Charpentier E et al (2013) Should pulp chamber pulpotomy be seen as a permanent treatment? Some preliminary thoughts. *Int Endod J* 46:79–87. doi:10.1111/j.1365-2591.2012.02113.x
17. Asgary S, Eghbal MJ, Ghoddsi J, Yazdani S (2013) One-year results of vital pulp therapy in permanent molars with irreversible pulpitis: an ongoing multicenter, randomized, non-inferiority clinical trial. *Clin Oral Invest* 17:431–439. doi:10.1007/s00784-012-0712-6

18. Patel S (2009) New dimensions in endodontic imaging: Part 2. Cone beam computed tomography. *Int Endod J* 42:463–475. doi:[10.1111/j.1365-2591.2008.01531.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2008.01531.x)
19. Wu M-K, Shemesh H, Wesselink PR (2009) Limitations of previously published systematic reviews evaluating the outcome of endodontic treatment. *Int Endod J* 42:656–666. doi:[10.1111/j.1365-2591.2009.01600.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2009.01600.x)
20. Patel S, Wilson R, Dawood A, Foschi F, Mannocci F (2012) The detection of periapical pathosis using digital periapical radiography and cone beam computed tomography—Part 2: a 1-year post-treatment follow-up. *Int Endod J* 45:711–723. doi:[10.1111/j.1365-2591.2012.02076.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2012.02076.x)
21. Durack C, Patel S (2012) Cone beam computed tomography in endodontics. *Braz Dent J* 23:179–191. doi:[10.1590/S0103-64402012000300001](https://doi.org/10.1590/S0103-64402012000300001)
22. de Paula-Silva FWG, Wu M-K, Leonardo MR, Bezerra da Silva LA, Wesselink PR (2009) Accuracy of periapical radiography and cone-beam computed tomography scans in diagnosing apical periodontitis using histopathological findings as a gold standard. *J Endod* 35:1009–1012. doi:[10.1016/j.joen.2009.04.006](https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.04.006)

6.3 Annexe 3

Cousson PY, Nicolas E, Hennequin M. Description of the plan phase of a Deming cycle for the evaluation of professional practices in endodontics. J Dent. 2015 (soumis)

Fwd: Submission Confirmation for Journal of Dentistry

jeu., 11 juin 2015 16:23

 1 pièce jointe

----- Message transféré -----

Sujet :Submission Confirmation for Journal of Dentistry

Date :11 Jun 2015 15:18:17 +0100

De :Journal of Dentistry <JoD@elsevier.com>

Pour :martine.hennequin@udamail.fr

Dear Dr hennequin,

Your submission entitled "Description of the plan phase of a Deming cycle for the evaluation of professional practices in endodontics" has been received by the Journal of Dentistry.

You will be able to check on the progress of your paper by logging on to Elsevier Editorial System as an author. The URL is <http://ees.elsevier.com/jjod/>.

Your manuscript will be given a reference number once an Editor has been assigned.

Thank you for submitting your work to this journal.

Kind regards,

Matt Walmsley
Journal Manager
Journal of Dentistry

 **JJOD-S-15-00828.pdf**
650 ko

Manuscript Number:

Title: Description of the plan phase of a Deming cycle for the evaluation of professional practices in endodontics

Article Type: Full Length Article

Keywords: Endodontics, Quality assessment, Root canal treatment, Deming cycle

Corresponding Author: Dr martine hennequin, PhD,DDS

Corresponding Author's Institution: universit  d'auvergne, CHU clermont-ferrand

First Author: Pierre Y Cousson, DDS

Order of Authors: Pierre Y Cousson, DDS; Emmanuel Nicolas, DDS, PhD; martine hennequin, PhD,DDS

Abstract: Objectives: Plan-Do-Check-Act (PDCA) cycles are a methodology used to improve professional practices. This study presents the Plan phase that identifies and analyses clinical practices in endodontics in a university dental hospital service.

Methods: The plan phase was divided into six steps. Step 1 identified the quality and the outcome of Endodontic Treatment (RCT) as the targeted procedure for PDCA referring to academic guidelines. In Step 2, an evidence based approach indicated the use of the proportions of RCTs with adequate quality and the proportions of RCTs that were effective in the PDCA approach. Step 3 evaluated RCTs during three consecutive years. Step 4 compared the results from Step 3 with data from the literature. Step 5 identified the factors acting on the quality and the outcome of RCTs. Step 6 proposed actions supposed to improve RCTs. Steps 1 to 5 were conducted by three PDCA managers, and the staff of teachers in endodontics was enrolled for consensual decisions in Step 6.

Results: Step 3 reported that the proportion of RCTs with adequate quality reached 57.1% and this proportion was significantly decreased when specific indicators for treatment difficulties were present. The proportion of successful RCTs after one year was 65.6% and its variation was influenced by the preoperative periapical status, but not by the quality of RCTs. The consensual meeting in Step 6 proposed five procedures to be implemented for the further Do phase of PDCA cycle.

Conclusion: This study encourages systematic evaluation of RCTs in private and hospital practices.

DESCRIPTION OF THE PLAN PHASE OF A DEMING CYCLE FOR THE EVALUATION OF PROFESSIONAL PRACTICES IN ENDODONTICS

Pierre-Yves COUSSON^{1,2}, Emmanuel NICOLAS^{1,2}, Martine HENNEQUIN^{1,2}

¹ Clermont University, University of Auvergne, EA 4847, BP 10448, F-63000 Clermont-Ferrand.

² CHU Clermont-Ferrand, Service d'Odontologie, Unité Fonctionnelle de soins spécifiques, F-63003 Clermont-Ferrand.

Short title: PDCA in Endodontics

Key words: Endodontics, Quality assessment, Root canal treatment, Deming cycle

Corresponding author

Pr Martine Hennequin
Faculté de Chirurgie Dentaire
2, rue de Braga
63000 Clermont-Ferrand
France
Tel: 00 33 4 73 17 73 81
Fax: 00 33 473 17 73 88
E-mail: martine.hennequin@udamail.fr

Description of the plan phase of a Deming cycle for the evaluation of professional practices in endodontics

Abstract

Objectives: Plan-Do-Check-Act (PDCA) cycles are a methodology used to improve professional practices. This study presents the Plan phase that identifies and analyses clinical practices in endodontics in a university dental hospital service.

Methods: The plan phase was divided into six steps. Step 1 identified the quality and the outcome of Endodontic Treatment (RCT) as the targeted procedure for PDCA referring to academic guidelines. In Step 2, an evidence based approach indicated the use of the proportions of RCTs with adequate quality and the proportions of RCTs that were effective in the PDCA approach. Step 3 evaluated RCTs during three consecutive years. Step 4 compared the results from Step 3 with data from the literature. Step 5 identified the factors acting on the quality and the outcome of RCTs. Step 6 proposed actions supposed to improve RCTs. Steps 1 to 5 were conducted by three PDCA managers, and the staff of teachers in endodontics was enrolled for consensual decisions in Step 6.

Results: Step 3 reported that the proportion of RCTs with adequate quality reached 57.1% and this proportion was significantly decreased when specific indicators for treatment difficulties were present. The proportion of successful RCTs after one year was 65.6% and its variation was influenced by the preoperative periapical status, but not by the quality of RCTs. The consensual meeting in Step 6 proposed five procedures to be implemented for the further Do phase of PDCA cycle.

Conclusion: This study encourages systematic evaluation of RCTs in private and hospital practices.

Clinical significance

The use of evidence based indicators for quality and outcome of endodontic treatments could be used in a PDCA cycle in order to analyse dental professional practices.

INTRODUCTION

Professional Practice Evaluation allows practitioners to improve quality of care, firstly, by raising questions about improving professional practice through an evidence-based approach, secondly, by looking at differences between what is actually applied and the standards of practice, and finally by implementing improvement actions to reduce these differences.¹

A systematic review of cross-sectional studies including 300,861 root-treated teeth indicated that on average each person had about two root canal treatments.² Despite the high prevalence for indications of endodontic treatment (RCT), 36% of treated teeth were associated to an apical radiolucency. It was also clearly demonstrated that poor quality treatment is a causal factor for a periapical infectious process.^{3,4} Poor quality endodontic treatment has medical and economic consequences. Periapical infections are comorbidities for autoimmune and cardiovascular diseases and can engage the patient's health status.⁵⁻⁸ Moreover, after pulpal infection, endodontic treatment is the only alternative to extraction. It entails chewing and nutritional deficiencies in all patients for whom prosthetic or implant rehabilitation is precluded for economic reasons. Thus, evaluation of the quality of endodontic treatment is important, given public health consequences. Every dental service, private and public, may be concerned by such an evaluation.

The Plan-Do-Check-Act cycle (PDCA),⁹ is a popular approach to problem solving and implementing solutions. Originally developed by Deming for introducing statistical process control techniques for industrialised goals, it is also used in sustained improvement of medical quality.¹⁰ A PDCA cycle is characterised by four consecutive phases: i) Plan: Identifying and analysing the problem; ii) Do: Developing and testing a potential solution; iii) Check: Measuring how effective the test solution was, and analysing whether it could be improved in any way; iv) Act: Implementing the improved solution fully. The plan phase is the key of the success for PDCA. It can be divided into six steps, characterised for endodontic purposes as shown in Table 1. This study reports the Plan phase of a Deming cycle developed in a dental department of a French university hospital in order to evaluate professional practices in endodontics.

STEP 1: THE STATE OF THE ART IN ENDODONTICS

This step aims to identify the targeted procedure referring to academic guidelines in endodontics.

Material and Methods

The state of the art in endodontics was established by internationally recognised authors in textbooks^{11,12} and in the international quality guidelines report by the European Society of Endodontology.¹³ In France, the National Authority for Health (HAS) edited recommendations for good clinical practice in endodontics based on a systematic literature review¹⁴ and experts' opinions.

Results

Endodontic treatments aimed at preventing, decreasing or eliminating periapical infection, by achieving a complete apical and coronal seal of the root canal system to prevent bacterial leakage. Good clinical practice in endodontics is characterised by the technical quality of the treatment, and the outcome of this treatment. In the literature, a periapical radiograph is used to assess endodontic treatment quality. An endodontic treatment is technically successful if (1) the root filling is within 2 mm of the radiographic apex; (2) the root filling is compact; and (3) all radicular canals are filled.¹³ However, the quality cannot be the single criterion for assessing good clinical practice in endodontics. It offers a limited cross sectional view of a dynamic biological phenomenon. The biological healing process makes the follow-up period very important for the long-term assessment of RCTs. Based on this concept, it has been stated that the outcome of RCT should be evaluated after a post-operative follow-up period. The duration of the follow-up period is still debated, depending on different conceptual representations of the outcome of RCTs. Two opposing trends exist. On the one hand, some authors consider that the outcome of RCT is reached when the periapical bone is healthy or fully healed, and they estimate that the follow up period should be around four years.¹⁵ On the other hand, there are authors who consider that the outcome of RCT is reached when there are no visible periapical lesions or none has increased post-operatively; they limit the follow-up period to one year.^{16,17}

Discussion

Academic standards are necessary to define the roles, the means and the goals of ideal professional practice. Overall, the state of the art in endodontics describes the ideal treatment that should be achieved in all cases. Before starting the process of evaluation of professional practice, it is of importance to find out whether some clinical teams are engaged in a process of professional practice evaluation, what methodologies are used in this goal, whether the reported practices meet academic standards.

STEP 2: CHOICES OF INDICATORS

This step will provide evidence-based indicators to be used subsequently in Step 3 of the Plan phase of PDCA. Consensual decisions on the indicators were achieved by the PDCA managers (two teachers in endodontics and one in prosthodontics) after literature analysis and discussion.

Materials and Methods

The Cochrane Database of Systematic Reviews was searched with the single term “Endodontic” for any review analysing the quality or the outcomes of endodontic treatment. None was found. All types of study reporting the evaluation of the quality or the outcome of endodontic treatment were subsequently searched. Keywords used on PubMed were [[quality] or [[outcome] and [follow-up]] and [[endodontic treatments] or [root canal treatment] or [root canal filling]]. In addition, ascendant searches were undertaken in the review of Ng et al.¹⁸ Criteria for study exclusion were absence of collected data on quality or outcomes of RCTs, study groups including fewer than 100 teeth, results expressed for treated roots rather than for treated teeth, studies using Cone Beam Computer Tomography, insufficiently detailed results, or manuscript not written in English. Among 49 selected articles, 37 aimed to measure the quality of RCTs,^{3,19–54} nine measured the outcome of RCTs,^{15,17,55–61} and three had both goals.^{62–64}

Results

In all studies, the indicators to measure the quality and the outcome of RCTs were respectively the proportions of RCTs that met the conditions for adequate quality treatment and the proportions of RCTs meeting the criteria for the outcome of RCTs. However, the criteria for adequate RCT quality and outcome differed among studies.

Type of radiographic examination

Thirty-five studies were based on periapical radiography^{15,17,19,20,22,23,25,26,28–33,41,42,44–46,48–50,52–64} and fourteen on panoramic radiographs.^{3,21,24,27,34–40,47,51,65} Consequently the periapical radiograph was chosen to evaluate quality and outcomes of RCTs for Step 3 of the present project. Moreover, periapical radiography is the standard procedure used routinely to diagnose apical radiolucencies and to follow patients after completion of RCTs.

Technical quality of root canal treatment

Among the 40 studies that reported data on RCT quality, four criteria were used to characterise the quality of the RCTs: the root canal should be filled with material all its full length (Length criterion: L); the entire canal system must be treated (System criterion: S), the

root filling density must be homogeneous and without any void (Density criterion: D) and the taper of the root filling should be sufficiently conical to allow the irrigation solution to reach the apical part of the canal (Taper criterion: T). The categorisation of the “Length” criterion varied among studies. The end of the root filling had to be within 2 mm of the apex in 34 studies,^{3,20–34,36–42,44–48,50–52,54,62,64} within 3 mm of the apex in five studies^{19,49,53,63,65} and within 2 mm of the apex or 1 mm beyond the radiographic apex for one author.³⁵ The use of these criteria varied also among studies. Eight studies were based on the use of the single ‘Length’ criterion,^{3,30,31,38–40,52,65} 20 studies used the criteria “Length” and Density,^{19–25,27–29,34,36,41,42,47,49,50,53,62,63} three studies associated the criteria “Length”, “Density” and “Taper”,^{26,33,46} and nine studies associated the criteria “Length”, “System” and “Density”.^{32,35,37,44,45,48,51,54,64} A group of seventeen studies used the criteria LD, LDT or LSD measured on periapical radiographs.^{20,22,23,25,26,28,29,32,33,44–46,48,50,54,62,64} Obviously, evaluations of S and T criteria on 2D periapical radiograph are difficult and have poor sensitivity and specificity, particularly for multi-canal roots. Associating the S or the T component to the L and D ones constitutes an additional condition that would theoretically result in lower values for LD scores than for LSD scores. However, LSD score corresponds to the definition of a good quality treatment, as defined in Step 1 of the present project. For the aims of Step 3, we choose to evaluate both LD and LSD scores. In case of multi-rooted teeth, the treatment was considered “unsuccessful” if one canal did not meet the three criteria.

Outcome of endodontic treatment

All studies reporting data on RCT outcomes referred to the use of the Peri-Apical Index (PAI) which characterises the periapical state on the basis of its radiological appearance.⁶⁶ It is divided into 5 stages, from stage 1 (normal peri-apical structure) to stage 5 (acute apical periodontitis with aggravated characteristics). A tooth in stages 1 or 2 is considered healthy. Stages 3, 4 and 5 indicate the presence of a peri-apical infection. For multi-rooted teeth, the highest PAI scored among the roots is the PAI score for the tooth. PAI scores measured on periapical radiographs taken at the end of treatment (T0), and after a follow-up period (T1) were compared to check any potential peri-apical changes. Depending on the study, the radiographic evaluation of the PAI score is associated with a clinical assessment that was conducted to search for sensitivity to apical palpation, percussion and the presence or absence of a sinus tract, at T0 and T1.

Among the 11 studies that reported data on RCT outcomes, the terminology used to categorise RCT outcomes and the observed conditions for a favourable outcome varied

greatly. Each study used its own terminology with two or three categories. Moreover, the conditions for a favourable outcome can have five different definitions as follows: (“A”: no signs nor symptoms present on follow-up examination and the image of a complete lamina dura and periodontal membrane of normal appearance; “B”: absence of radiographic signs of apical periodontitis ($PAI < 3$) and absence of clinical signs and symptoms other than tenderness to percussion; “C”: absence of radiographic signs of apical periodontitis ($PAI < 2$) or decrease of the PAI score; “D”: proportion of remaining teeth with normal periapical status ($PAI \leq 2$); “E”: absence of a periapical lesion with no pain, swelling or discomfort, or reduction in the size of the periapical lesion but without complete resolution, with no pain, swelling or discomfort). Finally, different terminologies were associated with the same conditions for a favourable outcome. The “A” conditions for a favourable outcome were cited in six studies published before 2011.^{56–61} In 2011, considering that treated teeth with healthy, healed or healing periapical status were effective treatment after a follow up period, Wu et al¹⁶ proposed new terms for categorising the outcome of RCTs, and this categorisation (“E” condition) was observed in two recent studies. These terminologies and categorisations were chosen to be used in Step 3 of the present project. The criteria were as follows: 1) Effective treatment: absence of symptoms and complete or partial resolution of the preoperatively existing periapical radiolucency one year following treatment. In cases where no preoperative lesion was present, “effective” would mean that no signs or symptoms nor lesion developed after 1 year (PAI at $T_0=1$ and PAI at $T_1=1$, or PAI at $T_0=2$ and PAI at $T_1 \leq 2$, or PAI at $T_0=3$ and PAI at $T_1 \leq 2$, or PAI at $T_0=4$ and PAI at $T_1 \leq 3$ or PAI at $T_0=5$ and PAI at $T_1 \leq 4$); 2) Ineffective treatment: emergence of symptoms and signs or development or enlargement of a radiolucency one year following treatment (PAI at $T_0=1$ or 2 and PAI at $T_1 \geq 3$, PAI at $T_0 \geq 3$ and PAI at $T_1 \geq 4$); 3) Uncertain treatment: asymptomatic teeth, where the size of the radiolucency does not noticeably change one year following treatment (PAI at $T_0=1$ and PAI at $T_1=2$, $PAI=3$ or 4 at T_0 and T_1).

Discussion

Excluding CBCT studies:

It is now widely suggested that cone beam computed tomography (CBCT) is significantly more sensitive than conventional radiography for detecting apical periodontitis.⁶⁷ The exclusion of CBCT evaluation for Step 3 was widely discussed among experts. The quality and outcome of RCTs would be affected by the low sensitivity of 2D radiography that compresses three-dimensional structures, leading to geometric distortion, anatomical noise,

and temporal perspectives.⁶⁷⁻⁷⁰ Periapical bone destruction associated with endodontic infection can be identified using CBCT before evidence of such lesions is visible on conventional radiographs.^{67,71} Consequently, the expected results in Step 3 would probably be underestimates, but the exact impact of this underestimation on the “healing” rate cannot be measured. Despite its low sensitivity, 2D radiography remains a reliable indicator for epidemiological surveys or observational clinical studies, like the present project, while CBCT is more accurate for diagnosis and achieving therapeutic goals in individual clinical cases.

One year follow-up duration:

The choice for a one year follow-up period was addressed with biological, ethical and organisational arguments. Recent studies reported that the evolution of apical radiolucencies is rapid, immediately after RCT completion,^{17,43,63} and that PAI scores 6-9 months after RCT were correlated to the observations made after ten years;⁴³ The feasibility of the implementation of a PDCA cycle in a university hospital was connected with the annual changes of students who advance in their curriculum, changing patients and pedagogical activities. For this project, each year two sixth year students managed the systematic collection of data sheets for each endodontic treatment, and the recall of the patients who had received an RCT during the preceding year. Moreover, limiting the follow-up period to one year optimises the recall rate and allowed earlier solutions to be proposed in cases of failure of RCT.

STEP 3: EVALUATION OF THE TARGETED PROCEDURE

This step was conducted as a prospective observational study based on clinical data from therapeutic procedures conducted in the dental service of the University Hospital of Clermont-Ferrand, France, between September 2010 and July 2013. It was approved by the local ethical committee (CE-CIC-GREN-11/17).

Materiel and Methods

Data collection

All data were collected on paper for any patient aged 18 years or over who had received at least one root canal treatment in a permanent tooth during the study period. Each endodontic treatment performed by the fourth, fifth and sixth year students was assessed using clinical and radiographic monitoring after completion of endodontic treatment (post-operative evaluation: T0). After one year, patients were systematically sent a letter offering a free and

brief check-up visit, along with an explanatory note on endodontic treatment. Upon reception, patients were free to make an appointment. During this visit, clinical and radiographic evaluation of any registered treated tooth was done by a single calibrated investigator (follow-up evaluation: T1). Three cohorts of patients were created during the three consecutive academic years 2010-2013. Their data from were pooled to form a single group of RCTs, and the data were evaluated post-operatively (T0 evaluation) and after at least one year follow-up period (T1 evaluation) (Figure 1).

Endodontic procedures

Endodontics treatments were performed by fourth, fifth or sixth year dental students under supervision of a senior hospital practitioner (ratio senior/student: 1/8) according to the French recommendations for Good Clinical Practice. After rubber dam placement, the working length was estimated using retro-alveolar radiography or an electronic apex locator. Canal cleaning and shaping were performed according to crown down technique with Gates 3 or 2 and manual instrumentation, using sodium hypochlorite (2.5%) followed by thermo-mechanical compaction (Gutta Condensor, Denstply Maillefer) with a zinc oxide and eugenol sealer (Sealite™ Regular).

Study criteria

The proportions of RCTs satisfying the L, S, and D conditions (LSD score) indicated the RCTs quality and the proportions of effective RCTs estimated RCT outcome. Factors affecting the quality or the outcome of RCTs were examined to provide proposals for actions in Step 5. The factors were the type of tooth (incisors and canines/premolars/molars), the pre-operative pulpal status (vital pulp/other) and the difficulty level of the endodontic cases, using the grid of the American Association of Endodontists (minimal/moderate/high).⁷²

Statistical analysis

Statistical analyses were undertaken using IBM SPSS 20.5[©] software. To test whether the follow-up group was representative of the T0 group, the distribution of all RCTs performed at T0 was compared with the distributions of RCTs using a chi-square test ($\alpha=0.05$) according to patient's age and sex, type of tooth, treatment difficulty, initial pulp status, periapical index, quality of the treatment and student's year of study.

Results

Overall, during three years, 2701 RCTs from 1821 patients (925 men and 896 women; mean age: 44.4±17.5 years) were assessed at T0 and 384 RCTs from 268 patients (129 men and 139 women; mean age: 57.8±15.2 years) were assessed at T1. The mean follow-up period was

16.9±5.7 months. The relative parts of annual sets of treatments and patients in the constitution of the study group are presented in Figure 1.

The distributions of RCTs according to the type of tooth, treatment difficulty, initial pulp status, periapical index, the student's experience and the treatment quality criteria are presented in Table 2. It can be seen that i) the majority of RCTs were performed by fifth year students; ii) more multi-rooted teeth than incisors and canines were treated; iii) more than the half of the treatments were highly difficult; and iv) one third of the teeth were vital, and there were more vital molars and premolars than incisors and canines ($p<0.001$).

The T0 and T1 groups were similar by distribution of the type of tooth, pulp status and treatment quality, but differed in the distribution of the number of RCTs performed by students' academic year, endodontic treatment difficulty and PAI scores at T0.

Quality of endodontic treatments

Postoperatively, the proportion of RCTs satisfying the criteria for good quality reached 58.1% and 55.5% for LD and LSD score respectively ($p<0.001$). Neither score varied in T1 groups.

Outcome of endodontic treatments

Overall, in T1 group, 65.6% of RCTs were checked effective, 13.7 % were uncertain and 20.7% were ineffective. The PAI score at T0 affects positively the outcome of RCT. Among the treatments that were evaluated as ineffective, 26 had associated clinical signs (three showed tenderness to percussion, 14 had tenderness to percussion and nine had palpable apical swellings) without any enlargement of a radiolucency, one year after treatment.

STEP 4: COMPARISONS BETWEEN OBSERVED DATA, THE LITERATURE DATA AND THE STATE OF THE ART

This step aims to measure the gap between the evaluated procedure and the literature data. To proceed to this comparison, two tables were built drawing together similar studies that evaluated proportions of good quality RCTs (Table 3) and proportions of effective RCTs with a favourable outcome (Table 4).

Quality of endodontic treatments

Table 3 showed that the quality of RCTs in the present study was within the range of similar studies, with exclusion of the study of Craveiro et al,⁵⁴ in which the operator was a specialist in endodontics. However, compared with good clinical practice, LD and LSD scores from previous similar studies and in the present evaluation were rather low, as about half the treatments did not satisfy the quality criteria.

Outcome of endodontic treatments

Table 4 showed that the proportion of effective RCTs was lower in the present evaluation than in other studies, where it varied between 76% and 96% when the same conditions for a favourable outcome were applied (E condition). Moreover, the recall rate was particularly weak in the present evaluation.

Discussion

This step demonstrated that no study reported the completion of 100% of the cases either for the quality of RCTs or for the outcome, despite the fact that most of them had been done in accordance with “academic standards”. Moreover, there is a wide range of variation of the proportions of RCTs with good quality criteria or favourable outcomes among the studies reported in Tables 3 and 4. For the purposes of the present PDCA, it is thus important to identify which factors associated with variation in the quality and the outcome of RCTs.

STEP 5: ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING THE VARIABILITY OF THE OBSERVED RESULTS

This step aimed to investigate which factors could be controlled in order to increase the LSD score and the proportion of RCTs with a favourable outcome.

Methods

Factors affecting the LSD score were recorded at T0. These factors included the type of tooth, the level of treatment difficulty, the factors affecting difficulty (conditions for the rubber dam placement, radiographic difficulties, crown morphology, canal morphology, radiographic appearance of the canal(s), presence of resorption, treatment history, periodontal-endodontic conditions), the pulpal status, the student’s year of study, and the pre-operative PAI score using a chi-square test ($\alpha=0.05$). Factors affecting the proportion of effective RCTs after a one year period (T1) were noted. These included type of tooth, treatment difficulty, the factors of difficulty, treatment quality, preoperative PAI score and the students’ year of study using a chi-square test ($\alpha=0.05$).

Results

Factors affecting RCT quality

The proportion of RCTs with good quality (LSD score) was significantly lower for posterior teeth compared with anterior ones, for non-visible canals compared with visible canals, for vital teeth compared with non-vital and re-treated teeth and for curved canals compared with

straight canals ($p < 0.001$). Neither the students' year of study nor the treatment difficulty score was associated with the LSD score variations.

Factors associated with RCTs success

The pre-operative periapical status and the level of treatment difficulty seemed to be associated with the outcome of RCTs, the highest PAI scores and the highest level of difficulty associated with ineffective treatments ($p < 0.0001$). The quality of RCTs had no effect on the variation of the proportion of effective RCTs.

Discussion

This step provided data that could be retrieved in literature studies. The data cover procedures to improve the quality of RCT on posterior teeth, on curved roots, on non-visible canals, on vital teeth, and on other conditions necessary to treat successfully teeth presenting a PAI score ≥ 3 .

STEP 6: PROPOSAL FOR ACTIONS

At this step, the Endodontic teaching staff working in the university dental hospital of Clermont-Ferrand was invited by the managers' group of PDCA to participate to a consensus meeting in order to be informed on the quality of RCTs in the dental department. An evidence based approach was required to propose which procedures could be introduced in order to improve the quality and outcome scores for RCTs.

There was a consensus to develop a decisional tree for preoperative use based on the Endodontic Case Difficulty Assessment form and the pulpal status.

The introduction of five new procedures was proposed:

1°) Rotary nickel-titanium (NiTi) files should be used for any teeth with at least one canal presenting moderate or high difficulty for RCT. There is good evidence that treatment quality improves when rotary instruments are used rather than manual instruments. More particularly, it has been demonstrated that root canal preparation with NiTi rotary instruments compared with manual stainless files results in a significant increase of mean LD score, from 38% to 51%⁶² and of LDT score from 49.2% to 50.8%⁷³ and of a favourable outcome from 60% to 77%.^{74,75}

2°) Pulpotomy was indicated as an endodontic therapy in permanent vital molars or premolars in which the canals were anticipated to present anatomical or radiological difficulties for RCT. Numerous studies have demonstrated a good success rate for vital pulp therapy on

permanent teeth⁷⁶. It has been reported that the proportion of teeth successfully treated by pulpotomy after six months was 97%⁶⁴ and 89.7% after 27 months⁷⁷ while the survival rate after 24 months was 82%.⁷⁸

3°) Other specific cases of RCT difficulty that could not be resolved using one of the previous procedures should be referred to a supervisor in endodontics. It has already been demonstrated that tooth anatomy, the presence of several roots and the curvature of canals increase the difficulty of root canal treatment.⁵⁰ The evaluation in Step 3 shows that the prevalence of difficulty-increasing factors is high. The association of several factors for difficulty suggests a need for individual evaluation and solutions requiring the intervention of a professional. After evaluation of the difficulties, the supervisor must decide either to intervene during a student's session, or to refer the patient for treatment by a postgraduate student or an endodontist.

4°) Patients with ineffective treatments should be re-treated by a postgraduate student or an endodontist. Patients with uncertain outcome after one year should be recalled for a second re-evaluation.

5°) With a view to increasing the recall rate of patients having had at least RCT, it was proposed to inform all patients that they would be recalled one year after the treatment, for a control visit. Leaflets were prepared providing information on the purpose of RCTs, the procedural steps (anaesthesia, rubber dam, duration of the session care, radiographic evaluations) and the follow-up control.

CONCLUSION

This is the first attempt to improve professional practices in endodontics with PDCA methodology. It reports that the quality and the effectiveness of RCTs performed in the targeted dental service were low, and provides data that are necessary for the Do phase of the Deming cycle. The present methodology could be repeated in every dental practice or service, either public or private. Systematic evaluations are rare for public health goals in dentistry. This study demonstrated that the use of the LD or LSD score to evaluate the quality of RCTs and of the proportion of successful RCTs to reflect the favourable outcome should encourage simple systematic evaluation of treatments in private and hospital practices.

However, PDCA cycle is particularly appropriate in hospital or university departments where patients are treated by novices. Health and educational authorities could be interested in encouraging an evaluation process in dental schools for two reasons. Firstly, assessing the

quality of RCTs would provide information about the quality of care that is due to the patients who are treated by students. Secondly, exposing the students to an evaluation process during their studies would promote the development of this process through the dental professional network. In France, fourth to sixth year dental students are paid by the hospital for treating patients. For patients, fees for endodontic treatment are the same at the University dental hospital as in private practice. Both aspects of dental care provision in French university hospitals imply that dental treatment is supposed to achieve the recommended clinical standards for technical quality. Considering the variability in quality of RCT performed by dental students during their curriculum, managing the factors that affect quality for RCT is a challenge. Five actions are proposed to improve professional practice in endodontics in the targeted dental service, and further evaluations would be needed for Do, Check and Act phases.

REFERENCES

1. Martinowsky M. Recommandations et démarche d'amélioration de la qualité. *Archives de Pédiatrie* 2008;**15**:653–5.
2. Pak JG, Fayazi S, White SN. Prevalence of Periapical Radiolucency and Root Canal Treatment: A Systematic Review of Cross-sectional Studies. *Journal of Endodontics* 2012;**38**:1170–6.
3. De Moor RJG, Hommez GMG, De Boever JG, Delmé KIM, Martens GEI. Periapical health related to the quality of root canal treatment in a Belgian population. *International Endodontic Journal* 2000;**33**:113–20.
4. Kirkevang L -L, Væth M, Hörsted-Bindslev P, Bahrami G, Wenzel A. Risk factors for developing apical periodontitis in a general population. *International Endodontic Journal* 2007;**40**:290–9.
5. Caplan DJ, Chasen JB, Krall EA, Cai J, Kang S, Garcia RI, et al. Lesions of endodontic origin and risk of coronary heart disease. *Journal of Dental Research* 2006;**85**:996–1000.
6. Gomes MS, Blattner TC, Sant'Ana Filho M, Grecca FS, Hugo FN, Fouad AF, et al. Can Apical Periodontitis Modify Systemic Levels of Inflammatory Markers? A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Endodontics* 2013;**39**:1205–17.
7. Cotti E, Dessì C, Piras A, Mercurio G. Can a chronic dental infection be considered a cause of cardiovascular disease? A review of the literature. *International Journal of Cardiology* 2011;**148**:4–10.
8. Segura-Egea J-J, Castellanos-Cosano L, Machuca G, López-López J, Martín-González J, Velasco-Ortega E, et al. Diabetes mellitus, periapical inflammation and endodontic treatment outcome. *Medicina oral, patología oral y cirugía bucal* 2012;**17**:e356–61.
9. Best M, Neuhauser D. W Edwards Deming: father of quality management, patient and composer. *Quality and Safety in Health Care* 2005;**14**:310–2.
10. Wang L-R, Wang Y, Lou Y, Li Y, Zhang X-G. The role of quality control circles in sustained improvement of medical quality. *SpringerPlus* 2013;**2**:141. doi: 10.1186/2193-1801-2-141
11. Hargreaves KM, Berman LH. Cohen's Pathways of the Pulp Expert Consult. 10th ed. St. Louis, Mo: Mosby; 2010.
12. Torabinejad M, Walton RE. Endodontics: Principles and Practice. Elsevier Health Sciences; 2009.
13. European Society of Endodontology. Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. *International Endodontic Journal* 2006;**39**:921–30.

14. HAS. Traitement endodontique, rapport d'évaluation technologique. 2008 http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2009-01/rapport_traitement_endodontique.pdf (last accessed 2 June 2015)
15. Friedman S, Abitbol S, Lawrence HP. Treatment outcome in endodontics: the Toronto Study. Phase 1: initial treatment. *Journal of Endodontics* 2003;**29**:787–93.
16. Wu M-K, Wesselink P, Shemesh H. New terms for categorizing the outcome of root canal treatment. *International Endodontic Journal* 2011;**44**:1079–80.
17. Azim AA, Griggs JA, Huang GT-J. The Tennessee study: factors affecting treatment outcome and healing time following nonsurgical root canal treatment. *International Endodontic Journal* 2015 [Epub ahead of print]; doi: 10.1111/iej.12429.
18. Ng Y -L, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature – Part 2. Influence of clinical factors. *International Endodontic Journal* 2008;**41**:6–31.
19. Kirkevang LL, Ørstavik D, Hörsted-Bindslev P, Wenzel A. Periapical status and quality of root fillings and coronal restorations in a Danish population. *International Endodontic Journal* 2000;**33**:509–15.
20. Hommez GMG, Coppens CRM, De Moor RJG. Periapical health related to the quality of coronal restorations and root fillings. *International Endodontic Journal* 2002;**35**:680–9.
21. Lupi-Pegurier L, Bertrand M-F, Muller-Bolla M, Rocca JP, Bolla M. Periapical status, prevalence and quality of endodontic treatment in an adult French population. *International Endodontic Journal* 2002;**35**:690–7.
22. Dugas NN, Lawrence HP, Teplitsky PE, Pharoah MJ, Friedman S. Periapical health and treatment quality assessment of root-filled teeth in two Canadian populations. *International Endodontic Journal* 2003;**36**:181–92.
23. Segura-Egea JJ, Jiménez-Pinzón A, Poyato-Ferrera M, Velasco-Ortega E, Ríos-Santos JV. Periapical status and quality of root fillings and coronal restorations in an adult Spanish population. *International Endodontic Journal* 2004;**37**:525–30.
24. Loftus JJ, Keating AP, McCartan BE. Periapical status and quality of endodontic treatment in an adult Irish population. *International Endodontic Journal* 2005;**38**:81–6.
25. Stassen IGK, Hommez GMG, De Bruyn H, De Moor RJG. The relation between apical periodontitis and root-filled teeth in patients with periodontal treatment need. *International Endodontic Journal* 2006;**39**:299–308.
26. Er O, Sagsen B, Maden M, Cinar S, Kahraman Y. Radiographic technical quality of root fillings performed by dental students in Turkey. *International Endodontic Journal* 2006;**39**:867–72.
27. Kayahan MB, Malkondu Ö, Canpolat C, Kaptan F, Bayırlı G, Kazazoglu E. Periapical health related to the type of coronal restorations and quality of root canal fillings in a

Turkish subpopulation. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics* 2008;**105**:e58–62.

28. Dadresanfar B, Mohammadzadeh Akhlaghi N, Vatanpour M, Atef Yekta H, Baradaran Mohajeri L. Technical Quality of Root Canal Treatment Performed By Undergraduate Dental Students. *Iranian Endodontic Journal* 2008;**3**:73–8.
29. Moussa-Badran S, Roy B, Bessart du Parc AS, Bruyant M, Lefevre B, Maurin JC. Technical quality of root fillings performed by dental students at the dental teaching centre in Reims, France. *International Endodontic Journal* 2008;**41**:679–84.
30. Estrela C, Leles CR, Hollanda ACB, Moura MS, Pécora JD. Prevalence and risk factors of apical periodontitis in endodontically treated teeth in a selected population of Brazilian adults. *Brazilian Dental Journal* 2008;**19**:34–9.
31. Burke FM, Lynch CD, Ní Riordáin R, Hannigan A. Technical quality of root canal fillings performed in a dental school and the associated retention of root-filled teeth: a clinical follow-up study over a 5-year period. *Journal of Oral Rehabilitation* 2009;**36**:508–15.
32. Tavares PBL, Bonte E, Boukpepsi T, Siqueira JF, Lasfargues J-J. Prevalence of apical periodontitis in root canal-treated teeth from an urban French population: influence of the quality of root canal fillings and coronal restorations. *Journal of Endodontics* 2009;**35**:810–3.
33. Balto H, Al Khalifah S, Al Mugairin S, Al Deeb M, Al-Madi E. Technical quality of root fillings performed by undergraduate students in Saudi Arabia. *International Endodontic Journal* 2010;**43**:292–300.
34. Covello F, Franco V, Schiavetti R, Clementini M, Mannocci A, Ottria L, et al. Prevalence of apical periodontitis and quality of endodontic treatment in an Italian adult population. *Oral Implantology* 2010;**3**:9–14.
35. Ozkurt Z, Kayahan MB, Sunay H, KazazoĖlu E, BayĖrlĖ GĖ¼. The effect of the gap between the post restoration and the remaining root canal filling on the periradicular status in a Turkish subpopulation. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics* 2010;**110**:131–5.
36. Asgary S, Shadman B, Ghalamkarpour Z, Shahravan A, Ghoddusi J, Bagherpour A, et al. Periapical Status and Quality of Root canal Fillings and Coronal Restorations in Iranian Population. *Iranian Endodontic Journal* 2010;**5**:74–82.
37. Kamberi B, Hoxha V, Stavileci M, Dragusha E, Kuçi A, Kqiku L. Prevalence of apical periodontitis and endodontic treatment in a Kosovar adult population. *BMC Oral Health* 2011;**11**:32.
38. Peters LB, Lindeboom JA, Elst ME, Wesselink PR. Prevalence of apical periodontitis relative to endodontic treatment in an adult Dutch population: a repeated cross-sectional study. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics* 2011;**111**:523–8.

39. Al-Omari MA, Hazaa A, Haddad F. Frequency and distribution of root filled teeth and apical periodontitis in a Jordanian subpopulation. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics* 2011;**111**:e59–65.
40. Mukhaimer R, Hussein E, Orafi I. Prevalence of apical periodontitis and quality of root canal treatment in an adult Palestinian sub-population. *Saudi Dental Journal* 2012;**24**:149–55.
41. İlğüy D, İlğüy M, Fişekçioğlu E, Ersan N, Tanalp J, Dölekoğlu S. Assessment of Root Canal Treatment Outcomes Performed by Turkish Dental Students: Results After Two Years. *Journal of Dental Education* 2013;**77**:502–9.
42. Adebayo ET, Ahaji LE, Nnachetta RN, Nwankwo O, Akabogu-Okpeseyi N, Yaya MO, et al. Technical quality of root canal fillings done in a Nigerian general dental clinic. *BMC Oral Health* 2012;**12**:42.
43. Huumonen S, Ørstavik D. Radiographic follow-up of periapical status after endodontic treatment of teeth with and without apical periodontitis. *Clinical Oral Investigation* 2013;**17**:2099-104.
44. Alsaleh I, Cousson P-Y, Nicolas E, Hennequin M. Is endodontic treatment performed under general anaesthesia technically acceptable? *Clinical Oral Investigation* 2012;**16**:1599–606.
45. Moreno JO, Alves FRF, Gonçalves LS, Martinez AM, Rôças IN, Siqueira Jr. JF. Periradicular Status and Quality of Root Canal Fillings and Coronal Restorations in an Urban Colombian Population. *Journal of Endodontics* 2013;**39**:600–4.
46. Tarim Ertas E, Ertas H, Sisman Y, Sagsen B, Er O. Radiographic assessment of the technical quality and periapical health of root-filled teeth performed by general practitioners in a Turkish subpopulation. *ScientificWorldJournal* 2013;**2013**:514841.
47. Jersa I, Kundzina R. Periapical status and quality of root fillings in a selected adult Riga population. *Stomatol Issued Public Inst Odontol Stud Al.* 2013;**15**(3):73–7.
48. Song M, Park M, Lee C-Y, Kim E. Periapical Status Related to the Quality of Coronal Restorations and Root Fillings in a Korean Population. *J Endod.* 2014 Feb;**40**(2):182–6.
49. Vukadinov T, Blažić L, Kantardžić I, Lainović T. Technical Quality of Root Fillings Performed by Undergraduate Students: A Radiographic Study. *ScientificWorldJournal* 2014;**2014**:751274.
50. Moradi S, Gharechahi M. Radiographic quality of root canal treatment performed by 6th year undergraduate students in Mashhad, Iran. *Dental Research Journal* 2014;**11**:364–9.
51. Alafif H. Impact of the quality of coronal restoration and root canal filling on the periapical health in adult syrian subpopulation. *Indian Journal of Dentistry* 2014;**5**:75–80.
52. Tchorz JP, Brandl M, Ganter PA, Karygianni L, Polydorou O, Vach K, et al. Pre-clinical endodontic training with artificial instead of extracted human teeth: does the type of

exercise have an influence on clinical endodontic outcomes? *International Endodontic Journal* 2014; doi: 10.1111/iej.12385. [Epub ahead of print]

53. Kirkevang L-L, Væth M, Wenzel A. Ten-year follow-up of root filled teeth: a radiographic study of a Danish population. *International Endodontic Journal*. 2014;**47**:980-8 .
54. Craveiro MA, Fontana CE, de Martin AS, Bueno CE da S. Influence of Coronal Restoration and Root Canal Filling Quality on Periapical Status: Clinical and Radiographic Evaluation. *Journal of Endodontics* 2015;**41**:836-40
55. Friedman S, Löst C, Zarrabian M, Trope M. Evaluation of success and failure after endodontic therapy using a glass ionomer cement sealer. *Journal of Endodontics* 1995;**21**:384–90.
56. Peak JD, Hayes SJ, Bryant ST, Dummer PM. The outcome of root canal treatment. A retrospective study within the armed forces (Royal Air Force). *British Dental Journal* 2001;**190**:140–4.
57. Hoskinson SE, Ng Y-L, Hoskinson AE, Moles DR, Gulabivala K. A retrospective comparison of outcome of root canal treatment using two different protocols. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics* 2002;**93**:705–15.
58. Quadros ID, Gomes BPFA, Zaia AA, Ferraz CCR, Souza-Filho FJ. Evaluation of Endodontic Treatments Performed by Students in a Brazilian Dental School. *Journal of Dental Education* 2005;**69**:1161–70.
59. Imura N, Pinheiro ET, Gomes BPFA, Zaia AA, Ferraz CCR, Souza-Filho FJ. The Outcome of Endodontic Treatment: A Retrospective Study of 2000 Cases Performed by a Specialist. *Journal of Endodontics* 2007;**33**:1278–82.
60. De Chevigny C, Dao TT, Basrani BR, Marquis V, Farzaneh M, Abitbol S, et al. Treatment Outcome in Endodontics: The Toronto Study--Phase 4: Initial Treatment. *Journal of Endodontics* 2008;**34**:258–63.
61. Ricucci D, Russo J, Rutberg M, Burleson JA, Spångberg LSW. A prospective cohort study of endodontic treatments of 1,369 root canals: results after 5 years. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics* 2011;**112**:825–42.
62. Koch M, Wolf E, Tegelberg Å, Petersson K. Effect of education intervention on the quality and long-term outcomes of root canal treatment in general practice. *International Endodontic Journal* 2014 doi: 10.1111/iej.12367. [Epub ahead of print].
63. Pirani C, Chersoni S, Montebugnoli L, Prati C. Long-term outcome of non-surgical root canal treatment: a retrospective analysis. *Odontology* 2014 doi: 10.1007/s10266-014-0159-0 [Epub ahead of print].

64. Cousson P-Y, Nicolas E, Hennequin M. A follow-up study of pulpotomies and root canal treatments performed under general anaesthesia. *Clinical Oral Investigation*. 2014;**18**:1155–63.
65. Huuemonen S, Vehkalahti MM, Nordblad A. Radiographic assessments on prevalence and technical quality of endodontically-treated teeth in the Finnish population, aged 30 years and older. *Acta Odontologica Scandinavica* 2012;**70**:234–40.
66. Orstavik D, Kerekes K, Eriksen HM. The periapical index: a scoring system for radiographic assessment of apical periodontitis. *Endodontics and Dental Traumatology* 1986;**2**:20–34.
67. Patel S. New dimensions in endodontic imaging: Part 2. Cone beam computed tomography. *International Endodontic Journal* 2009;**42**:463–75.
68. Wu M-K, Shemesh H, Wesselink PR. Limitations of previously published systematic reviews evaluating the outcome of endodontic treatment. *International Endodontic Journal* 2009;**42**:656–66.
69. Patel S, Wilson R, Dawood A, Foschi F, Mannocci F. The detection of periapical pathosis using digital periapical radiography and cone beam computed tomography – Part 2: a 1-year post-treatment follow-up. *International Endodontic Journal* 2012;**45**:711–23.
70. Durack C, Patel S. Cone beam computed tomography in endodontics. *Brazilian Dental Journal* 2012;**23**:179–91.
71. Paula-Silva FWG de, Wu M-K, Leonardo MR, Bezerra da Silva LA, Wesselink PR. Accuracy of Periapical Radiography and Cone-Beam Computed Tomography Scans in Diagnosing Apical Periodontitis Using Histopathological Findings as a Gold Standard. *Journal of Endodontics* 2009;**35**:1009–12.
72. Simon DS. Endodontic case difficulty assessment: the team approach. *General dentistry* 1999;**47**:340–4.
73. Abu-Tahun I, Al-Rabab'ah MA, Hammad M, Khraisat A. Technical quality of root canal treatment of posterior teeth after rotary or hand preparation by fifth year undergraduate students, The University of Jordan. *Australian Endodontic Journal* 2014;**40**:123–30.
74. Schäfer E, Bürklein S. Impact of nickel–titanium instrumentation of the root canal on clinical outcomes: a focused review. *Odontology* 2012;**100**:130–6.
75. Cheung GSP, Liu CSY. A retrospective study of endodontic treatment outcome between nickel-titanium rotary and stainless steel hand filing techniques. *Journal of Endodontics* 2009;**35**:938–43.
76. Aguilar P, Linsuwanont P. Vital Pulp Therapy in Vital Permanent Teeth with Cariously Exposed Pulp: A Systematic Review. *Journal of Endodontics* 2011;**37**:581–7.

77. Asgary S, Eghbal MJ, Ghoddusi J. Two-year results of vital pulp therapy in permanent molars with irreversible pulpitis: an ongoing multicenter randomized clinical trial. *Clinical Oral Investigation* 2014;**18**:635–41.
78. Simon S, Perard M, Zanini M, Smith AJ, Charpentier E, Djole SX, et al. Should pulp chamber pulpotomy be seen as a permanent treatment? Some preliminary thoughts. *International Endodontic Journal* 2013;**46**:79-87

Tables

Table 1: Description of the steps and actors of the Plan phase of a Plan-Do-Check-Act cycles for application in Endodontics

Steps	Generic definitions	Declination for endodontic purposes	Actors
1	Analysis of the scientific references used to define what should be the targeted procedure: the ideal situation	Reference to academic guidelines stated on the definition of the quality and the outcome of endodontic treatments	PDCA managers': Two teachers in endodontics and one in prosthodontics.
2	Choice of pertinent clinical indicators to evaluate the targeted procedure	Using literature search for choices of indicators of 1°) good quality of RCTs and 2°) a favourable outcome of RCTs	
3	Evaluation of the targeted procedure on the spot: what is the real situation	Measures of 1°) the proportions of RCTs reaching the conditions of good quality; and 2°) the proportions of RCTs with a favourable outcome	
4	Measurement of the distortions between both ideal and real situations	Comparisons with the literature data 1°) of the proportions of good quality RCTs; and 2°) of the proportions of RCTs with a favourable outcome	
5	Identification of the potential factors that could explain the observed differences between both ideal and real situations	Analysis of factors affecting 1°) the proportions of RCTs with good quality; and 2°) the proportions of RCTs with favourable outcome	
6	Proposal for actions to improve the real situation, tending to the ideal situation	Using literature evidence to propose actions that could impact the effect of those factors affecting 1°) the proportions of RCTs with good quality; and 2°) the proportions of RCTs with a favourable outcome	PDCA managers, endodontics teachers and staff

Table 2: Comparison of the distribution of endodontic treatments at T0 and T1 for the initial group and the follow-up group, according to the type of tooth, the treatment difficulty, the initial pulp status, the periapical index, and treatment quality criteria.

	T0 group n=2701 (%)	T1 group, n=384 (%)	Chi square test
Type of tooth			
Incisors and Canines	740 (27.4%)	123 (32%)	ns
Premolars	911 (33.7%)	125 (32.6%)	
Molars	1050 (38.9%)	131(34.1%)	
Data not available	0 (0%)	5 (1.3%)	
Endodontic treatment difficulty			
Minimal	437 (16.2%)	50 (13%)	p<0.05
Moderate	776 (28.7%)	88 (22.9%)	
High	1429 (52.9%)	227 (59.1%)	
Data not available	59 (2.2%)	19 (4.9%)	
Pulpal status			
Vital pulp	935 (34.6%)	136 (35%)	ns
others	1739 (64.4%)	234 (61%)	
Data not available	27 (1%)	14 (4%)	
Periapical Index (PAI)			
PAI ≤ 2	1405 (52%)	225 (58.6%)	p<0.01
PAI > 2	1269 (47%)	150 (39.1%)	
Data not available	27 (1%)	9 (2.3%)	
Quality of endodontic treatment			
L Criterion = 0 (*)	1612 (59.7%)	224 (58.3%)	ns
S Criterion = 0 (*)	2563 (94.9%)	358 (93.2%)	ns
D Criterion = 0 (*)	2454 (90.9%)	344 (89.6%)	ns
LD score (£)	1524 (58.1%)	206 (57.4%)	ns
LSD score (§)	1498 (55.5%)	207 (53.9%)	ns
Student's year of study			
4 th year	676 (25%)	169 (44%)	p<0.001
5 th year	1562 (57.8%)	203 (52.9%)	
6 th year	463 (17.1%)	12 (3.1%)	

(*): Data not available for T0 assessment = 76 (2.8%) for the L criterion (end of root filling within the 2 mm of the apex), 78 (2.9%) for the S criterion (the entire canal system must be filled) and 76 (2.8%) for the D criterion (root filling density must be homogeneous and without any void); (£): Data not available for at least one criterion L or D = 76 (2.8%); (§): Data not available for at least one criterion L, S or D = 78 (2.9%).

(*): Data not available for T1 assessment = 20 (5.2%) for the L criterion (end of root filling within the 2 mm of the apex), 20 (5.2%) for the S criterion (the entire canal system must be filled) et 19 (4.9%) for the D criterion (root filling density must be homogeneous and without any void); (£): Data not available for at least one criterion L or D = 20 (5.2%); (§): Data not available for at least one criterion L, S or D = 19 (4.9%).

Table 3: Operator's experience, number of treated teeth, indicators used to evaluate the quality of endodontic treatments (RCTs) on postoperative periapical radiographs and proportions of RCTs of good quality. L: Length of the obturation; S: canal system; D: density of the obturation; T: Taper of the canal preparation. ND: No data

Studies	Operators	n teeth (patients)	Indicators for RCTs quality	% RCTs of good quality
Hommez 2002 ²⁰	ND	745	L & D	34.4%
Dugas 2003 ²²	ND	383	L & D	38.9%
Segura Egea 2004 ²³	ND	93	L & D	34.4%
Stassen 2006 ²⁵	ND	272	L & D	34%
Dadresanfar et al. 2008 ²⁸	Students	400	L & D	32.5%
Moussa-Badran et al. 2008 ²⁹	Students	304	L & D	30.3%
Koch et al 2014 ⁶²	General practitioners	238	L & D	38%
		306	L & D	51%
Moradi et al 2014 ⁵⁰	Students	200	L & D	38%
Er et al. 2006 ²⁶	Students	1893	L, D & T	33%
Balto et al. 2010 ³³	Students	550	L, D & T	23%
Tarim Ertas 2013 ⁴⁶	General practitioners	831	L, D & T	12.8%
Tavares 2009 ³²	ND	1035	L, S & D	19%
Alsaleh 2012 ⁴⁴	Students	246	L, S & D	63%
Moreno et al 2013 ⁴⁵	ND	1086	L, S & D	33%
Song et al 2014 ⁴⁸	ND	1030	L, S & D	35.6%
Cousson et al 2014 ⁶⁴	Hospital practitioners	527	L, S & D	55%
Craveiro 2015 ⁵⁴	Endodontist	523	L, S & D	82.9%
Present evaluation	Students	2701	L & D	55.5%
			L, S & D	58.1%

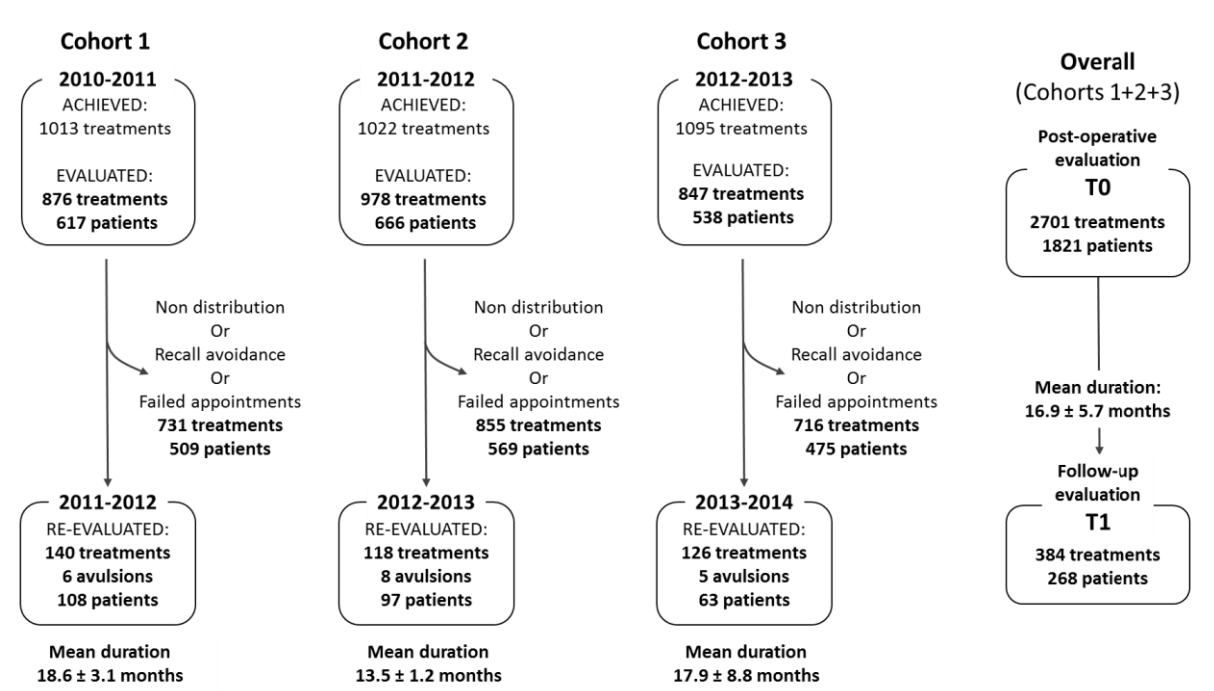
Table 4: Composition of the whole cohort, operators' level of experience, follow-up duration, re-evaluation rates, terminology used by the authors to categorise favourable and unfavourable outcomes, conditions for a favourable outcome, proportions of RCTs reaching the favourable outcome and calculated % reaching the condition "E" in studies reporting proportions of RCTs satisfying the criteria for a favourable outcome.

References	Initial group	Operators	Follow up durations	Numbers of re-examined teeth, (rate)	Terminology for RCTs outcome	Conditions for a favourable outcome	% of RCTs reaching a favourable outcome	% of RCTs satisfying the "E" condition
55	486 teeth	3 operators	6 mths 7-12 mths >12mths	100, (21%) 255, (52%) 23, (5%)	Success/ Incomplete healing/ Failure	D	66% 82% 96%	88% 96% 96%
56	ND	Armee dentist practitioners	<3yrs ≥3 yrs	139, (ND) 205, (ND)	Successful/ Probably successful/ Failure	A	82% 86%	82% 86%
57	397 patients	One single endodontist	4-5 yrs	200, (ND)	Complete healing/ Incomplete healing/ Uncertain healing/ Failure	A	77%	91%
15	450 teeth	Graduate students	4-6 yrs	120, (27%)	Healing/ Healed/ Disease	B	81%	95%
58	579 teeth	Final year students	1 yr	178, (31%) 49, (9%)	Success/ In repair/ Failure	A	77.4% 76%	93.5% 76%
59	2000 teeth	One single endodontist	18-24 mths	1376, (69%)	Success/ Failure	A	94%	ND
60	582 teeth	Graduate students	4-6 yrs	137, (23%)	Healed/ Disease	A	88%	91%
61	780 patients	One single endodontist	5 yrs	816, (ND)	Successful/ Doubtful/ Unsuccessful	A	88.6%	89.1%
64	193 teeth	Hospital practitioners	1-6 mths 6-24 mths >24 mths	52, (12%) 64, (13%) 77, (13%)	Success/ Uncertain/ Failure	C	75% 88% 90%	ND
63	240 teeth	Two endodontists	10 - 19 yrs	209, (ND)	Healed/ Uncertain healing/ Disease	E	79%	79%
17	ND	Pregraduate students	6 mths to 8 yrs	291, (ND)	Healed/ Healing/ Not healing	E	78%	78%
Present evaluation	2701	Pregraduate students	1 yr	384, (14.2%)	Effective/ Uncertain/ Ineffective	E	65.6%	65.6%

Depending on the study, five descriptions were given for the conditions for a favourable outcome of RCT: "A": no signs nor symptoms present on follow-up examination and the image of a complete lamina dura and a normally appearing periodontal membrane; "B": absence of radiographic signs of apical periodontitis (PAI<3) and absence of clinical signs and symptoms other than tenderness to percussion; "C": absence of radiographic signs of apical periodontitis (PAI<2) or decrease of the PAI score; "D": proportion of surviving teeth with normal periapical status (PAI≤2); "E": absence of a periapical lesion with no pain, swelling or discomfort or reduction in the size of the periapical lesion but not completely resolved with no pain, swelling or discomfort. ND: No Data

Figure:

Figure 1: Constitution of the study group in Step 3 of the Plan Phase. Post-operative and follow-up data were collected from three cohorts of patients that were pooled to constitute a single cohort. The follow-up evaluation for cohort 3 was made during the 2013-2014 academic year.



ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to acknowledge all members of the Restorative Dentistry and Endodontics unit of the Clermont-Ferrand University Hospital for their participation to this project: Pr Sophie Doméjean, Drs Dominique Roux, Nicolas Decerle, Maud Jolivet, Marie Maltrait, Daniela Gageanu, Luc Gentilucci, Joëlle Pasqualin, Marie-Laure Munoz-Sanchez, and Raphaël Ducamp. The authors specially thank Drs Clément Picolet, Emilien Roche, Chloé Delaire, Laura Vellay and Marine Arroyo for their valuable help collecting immediate and long term post-operative radiographs. The authors would like to thank Prof Paul Riordan (Write2Publish; <http://correction-home.fr>) for correction of the English manuscript, and Caroline Eschevins for technical assistance.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare no potential conflict of interest with respect to the research, authorship and/or publication of this article.