



Disponible en ligne sur

ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

EM|consulte
www.em-consulte.com



Pratique professionnelle

Prévention des infections de prothèse : tropisme des bactéries, mode de contamination, préparation cutanée et gestion de l'environnement[☆]

Prevention of periprosthetic joint infections: Tropism of bacteria, mode of contamination, skin preparation and environmental management

Gérard Giordano^a, Stéphane Corvec^b, Sébastien Lustig^{c,d},
Emmanuel de Thomasson^e, Jean Kany^{f,*}

^a Hôpital Joseph-Ducuing, 15, rue de Varsovie, 31300 Toulouse, France

^b Service de bactériologie et des contrôles microbiologiques, CHU de Nantes, CRCINA Inserm U1232 équipe2, 8, quai Moncoussu, BP 70721, 44007 Nantes cedex 1, France

^c Orthopaedics Surgery and Sports Medicine Department, Croix-Rousse Hospital, Lyon University Hospital, Lyon, France

^d Claude-Bernard Lyon 1 university, IFSTTAR, LBMC UMR.T9406, université Lyon, 69622 Lyon, France

^e Clinique Arago, 187 A, rue Raymond-Losserand, 75014 Paris, France

^f Département de chirurgie d'épaule, clinique de l'Union, Ramsay-GDS, boulevard de Ratalens, 31240 Saint-Jean, France

INFO ARTICLE

Mots clés :

Infection prothèse articulaire
Tropisme germe
Contamination
Comportement

RÉSUMÉ

Les infections du site opératoire lors de la pose d'une prothèse articulaire sont la conséquence d'une contamination qui survient (i) soit lors d'une inoculation directe du site opératoire au sein de la plaie chirurgicale pendant l'opération (infection directe périopératoire), (ii) soit par contact direct avec un foyer infectieux adjacent (inoculation par contiguïté), (iii) soit par inoculation hématogène lors d'une bactériémie à partir d'un foyer infectieux distant (infection hématogène). En fonction de la date de contamination de la prothèse, on distingue les infections postopératoires précoces, retardées ou tardives. Elles peuvent être aiguës ou chroniques. L'écologie microbienne est variable en fonction du site anatomique avec une prédominance de *Staphylococcus aureus* et de Staphylocoque à coagulase négative pour la hanche ou le genou et de *Cutibacterium acnes* pour l'épaule. La préparation cutanée et la gestion de l'environnement constituent des points essentiels de la prévention. Trois étapes de la préparation cutanée sont rappelés : la douche préopératoire, la dépilation et la préparation peropératoire avec la place respective de la déterision et de la désinfection isolée. Deux antiseptiques majeurs, la chlorhexidine et la povidone iodée se partagent les indications. Notre environnement technique et nos choix de matériel participent à cette prévention ainsi que nos comportements. La friction hydro-alcoolique a pris une place prépondérante dans le lavage chirurgical des mains. La notion d'une modulation des préparations cutanées en fonction du site opératoire et/ou de la voie d'abord émerge, en particulier pour l'épaule et pour la hanche, en relation avec les spécificités microbiennes de la flore cutanée de voisinage. Les risques inhérents au déploiement de la chirurgie prothétique en ambulatoire soulignent encore plus la nécessité de rigueur, d'information et de qualité de contrôle de ces étapes essentielles. Ce travail représente la première partie d'une trilogie du symposium de la SOFCOT 2020 sur la prévention des infections du site opératoire en chirurgie prothétique articulaire (hors révisions) de hanche, genou et épaule. La seconde partie concernera les contaminations exogènes, rôle du comportement de l'équipe chirurgicale et de l'environnement. La troisième partie concernera l'optimisation du patient.
Niveau de preuve. – V ; avis d'expert.

© 2022 Publié par Elsevier Masson SAS.

[☆] Ne pas utiliser, pour citation, la référence française de cet article, mais celle de l'article original paru dans *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, en utilisant le DOI ci-dessus.

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : jean.kany@clinique-union.fr (J. Kany).

<https://doi.org/10.1016/j.rcot.2022.12.013>

1877-0517/© 2022 Publié par Elsevier Masson SAS.

1. Introduction

Les infections du site opératoire lors de la pose d'une prothèse articulaire sont la conséquence d'une contamination qui survient (i) soit lors d'une inoculation directe du site opératoire au sein de la plaie chirurgicale pendant l'opération (infection directe périopératoire), (ii) soit par contact direct avec un foyer infectieux adjacent (inoculation par contiguïté), (iii) soit par inoculation hémotogène lors d'une bactériémie à partir d'un foyer infectieux distant (infection hémotogène). La préparation cutanée et la gestion de l'environnement constituent des points essentiels de la prévention. Les risques inhérents au déploiement de la chirurgie prothétique en ambulatoire soulignent encore plus la nécessité de rigueur, d'information et de qualité de contrôle de ces étapes essentielles.

Le but de ce travail est d'apporter un avis d'expert composé de deux parties distinctes mais complémentaires : (1) mise au point sur le tropisme des bactéries par articulations ainsi que les évolutions de cette écologie liées au contexte sociétal avec l'émergence des bactéries multirésistantes (BMR) et (2) mise au point sur les recommandations les plus récentes de la préparation cutanée. Ce travail représente la première partie d'une trilogie du symposium de la SOFCOT 2020 sur la prévention des infections du site opératoire en chirurgie prothétique articulaire (hors révisions) de hanche, genou et épaule. La seconde partie concernera les contaminations exogènes, rôle du comportement de l'équipe chirurgicale et de l'environnement. La troisième partie concernera l'optimisation du patient.

2. Première partie : tropisme des bactéries par articulation et mode de contamination

2.1. Introduction

Concernant les voies de contamination après pose d'une prothèse articulaire, que la bactérie soit d'origine endogène (infection par des micro-organismes de la flore du patient : infection d'une prothèse de hanche chez un obèse à *Staphylococcus lugdunensis* dont la niche écologique est la zone périnéale, infection d'une prothèse d'épaule à *Cutibacterium acnes*) ou exogène suite à la contamination peropératoire par des micro-organismes provenant de l'environnement chirurgical, il est important de noter le délai de survenue de l'infection du matériel prothétique. En fonction de l'articulation, l'écologie est différente et le mode de survenue également. Une classification des infections d'implants en relation avec le début des symptômes après implantation et les micro-organismes les plus fréquemment responsables a été proposée.

Cette classification est une adaptation de la classification de Tsukayama et al. [1] publiée dès 1996 prenant en compte deux questions : (1) le mode supposé de contamination, c'est-à-dire, soit inoculation directe peropératoire, soit inoculation par continuité ou enfin inoculation hémotogène à distance de la pose de la prothèse et (2) le délai présumé de la contamination était également une autre variable importante du diagnostic ainsi que le mode de présentation aiguë ou chronique.

Ainsi, sur le plan physiopathologique, il est possible de différencier trois grandes entités d'infections ostéoarticulaires péri-prothétique (IOAP).

Les infections dont la contamination a probablement lieu pendant l'implantation du matériel ou bien dans les deux à quatre jours postopératoires. Il s'agit le plus souvent d'infections précoces dont le délai de survenue est inférieur à trois mois, généralement moins. Les micro-organismes le plus souvent impliqués sont des pathogènes dits stricts avec un arsenal de facteurs de virulence (adhésines, invasives, toxines et gènes impliqués dans la capacité à produire un biofilm). L'exemple typique est l'infection de la prothèse de hanche à *Staphylococcus aureus* [2] ou bien l'infection

Tableau 1

Écologie et tropisme des micro-organismes en fonction de l'articulation où est implantée la prothèse.

	Hanche et genou	Épaule
Étiologies principales	<i>Staphylococcus aureus</i> <i>Staphylococcus epidermidis</i> Autre staphylocoques à coagulase négative	<i>Cutibacterium acnes</i>
Étiologies secondaires	Bacilles à Gram négatif, notamment <i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> <i>Streptococcus spp.</i> et <i>Enterococcus spp.</i> Bactéries anaérobies	<i>Staphylococcus epidermidis</i> Autre staphylocoques à coagulase négative
Étiologies rares	Mycobactéries Levures	Bacilles à Gram négatif <i>Streptococcus spp.</i>

de la prothèse de genou à bacille à Gram négatif, notamment *Escherichia coli* (*E. coli*) [3].

Les infections dont la contamination a probablement lieu lors de l'implantation du matériel mais où l'expression clinique s'avère tardive correspondent aux infections plus torpides avec des bactéries dites moins virulentes. Ces infections retardées dites subaiguës impliquent notamment des staphylocoques à coagulase négative (SCN), comme *S. epidermidis* (infections de prothèse de genou ou de hanche, notamment mais aussi de prothèse d'épaule, seconde étiologie en termes de fréquence [4–6]), mais également des infections à *C. acnes*, dont le retentissement est majeur au niveau des prothèses d'épaule, notamment chez l'homme (cf. infra) [7–10]. À noter que les voies de contaminations, l'efficacité (voire l'optimisation) de la préparation cutanée, et l'antibioprophylaxie sont des indicateurs importants qui différencient les infections à ces deux micro-organismes en fonction de l'articulation impliquée.

Enfin, les infections dont le délai de survenue est supérieur à deux ans après l'implantation sont essentiellement dues à des processus hémotogènes à partir d'un foyer infectieux distant. Ces infections dites tardives ou hypertardives sont typiquement liées à des micro-organismes virulents, comme *S. aureus* en lien avec une endocardite infectieuse, des streptocoques, comme *Streptococcus pneumoniae* après une pneumopathie franche lobaire aiguë bactériémique, ou un bacille à Gram négatif comme *E. coli* lors d'une prostatite sévère.

2.2. Épidémiologie des infections sur prothèses de Hanche

Depuis des années, l'épidémiologie des IOAP demeure dominée par la plus grande fréquence du genre *Staphylococcus* (Tableau 1). Lors du PHRC MICROBIOS (Microbes Biologie moléculaire dans l'Os – Évaluation de l'apport des techniques de biologie moléculaire dans le diagnostic des infections sur prothèses ostéoarticulaires), sur 192 infections de prothèses dont 80 % étaient des infections tardives, *S. aureus* et les SCN représentaient respectivement 33 % et 23 %, soit plus de la moitié des étiologies. Il était observé 15 % d'infections poly-microbiennes, 10 % d'infections à streptocoques dont une majorité de *Streptococcus agalactiae*, 8 % d'infections à bacilles à Gram négatif dont une majorité de *E. coli* ou de *Pseudomonas aeruginosa*. Enfin, les anaérobies représentaient 7 % avec une majorité de *C. acnes* [11]. Dans le document sur les recommandations de bonne pratique de la Haute Autorité de Santé [12], concernant le diagnostic et la prise en charge des infections dans le mois suivant l'infection, l'épidémiologie rapportée est peu différente. Malgré l'absence de grosses séries françaises, le recueil des publications, qu'elles soient françaises ou internationales, révèle une épidémiologie avec une prédominance des staphylocoques avec une variation entre 75 et 88 % avec comme chef de file *S. aureus* (entre 42 et 55 %). Les SCN sont retrouvés dans 21 à 48 % en fonction des études. Les infections poly-microbiennes représentent entre

32 et 46 %, 20 % des étiologies sont liées à un streptocoque et 14 à 39 % des bacilles à Gram négatif. Les anaérobies constituent une part de 8 % du total de ces infections [12,13].

À noter qu'une évolution récente des IOAP de hanche est liée à la modification de la population. Ainsi, récemment, la description de cas ou de minisérie d'infections à *Cutibacterium avidum* ont été rapportées dans la littérature soulignant l'importance des profils de patients. Dans la majorité des cas, l'IMC était supérieur à 30. L'impact de la voie d'abord et de la difficulté d'une préparation cutanée optimale ont été relevés [14–16]. En effet, *C. avidum* a surtout une topographie en zone humide et se développera tout particulièrement dans les plis cutanés avec une charge bactérienne telle que ni la préparation cutanée répétée, ni l'antibioprophylaxie ne pourront l'éliminer.

L'analyse comparative des génomes de différentes souches bactériennes a permis de mettre en évidence la présence d'un opéron participant à la synthèse d'un exopolysaccharide chez cette espèce, impliqué notamment dans la capacité à former un biofilm [15–17]. Un des facteurs de risque de cette nouvelle étiologie est l'obésité, en raison de la notoire colonisation de l'aîne par *C. avidum*, qui présente une topographie différente de *C. acnes* puisque cette espèce préfère les régions cutanées humides [18].

2.3. Épidémiologie des infections sur prothèses de genou

L'épidémiologie des IOAP de genou est peu différente de celle évoquée pour les IOAP de hanche (Tableau 1). Quels que soient le mode d'inoculation et le délai entre la pose de la prothèse et la découverte de l'infection, le genre *Staphylococcus* est toujours celui qui est le plus fréquemment isolé à partir des prélèvements peropératoires [19]. À noter qu'en cas de cultures optimisées négatives, c'est-à-dire après broyage des quatre-cinq prélèvements, dans de rares cas, il est possible de mettre en évidence des bactéries atypiques, comme par exemple *Mycoplasma hominis* [20] ou *Mycobacterium tuberculosis* [21] dont il faut préciser la demande de recherche spécifique microbiologique et qui nécessitent des techniques et des délais d'incubation encore plus prolongés pour cette dernière. Enfin, de manière exceptionnelle, il est possible d'être confronté à des infections fongiques [22].

L'évolution de l'épidémiologie des IOAP constitue un réel enjeu pour demain. Si la résistance des infections à *S. aureus* a diminué [23,24], nous sommes en effet de plus en plus confrontés à des bactéries multi- voire toto-résistantes, notamment les bacilles à Gram négatif producteurs de carbapénémases. Ce défi chirurgical et souvent thérapeutique est en lien avec le nombre de chirurgies nécessaires, une durée moyenne de séjour prolongée, un (sur)coût et une qualité de vie altérée chez des patients aux nombreux facteurs de comorbidité [25]. Ainsi, l'ère du challenge des infections dites sans recours thérapeutique ou non traitables est devant nous avec les premiers cas d'infections à *Klebsiella pneumoniae* productrice de bêta-lactamase de type KPC [26]. Nos collègues espagnols viennent d'ailleurs de souligner l'augmentation de ce risque entre 2003 et 2012, et probablement encore plus en 2020 [27].

2.4. Épidémiologie des infections sur prothèses d'épaule

Les infections péri-prothétiques de la région scapulo-humérale revêtent des caractéristiques particulières et se différencient des autres sites opératoires (Tableau 1). En effet, l'écosystème cutané bactérien présente des particularités rendant le risque infectieux et sa prévention spécifiques. Ce risque est corrélé également à la pratique chirurgicale (voie d'abord, type d'implant). Ces infections sont le plus souvent à bas bruit et donc de diagnostic tardif. Les progrès récents dans la compréhension de la physiopathologie des infections sur prothèse d'épaule ont permis d'identifier les facteurs de risque. Le microbiote cutané local laisse apparaître une bactérie

très prédominante, *C. acnes*, nichée dans les unités pilosébacées, notoirement plus nombreuses chez les hommes. En effet, cet écosystème cutané particulier révèle en surface une prédominance de *S. epidermidis* accompagné de *C. acnes*. En revanche, dans les unités pilosébacées et dans les couches plus profondes de l'épiderme, nous retrouvons plus de *C. acnes* [28]. Ainsi, une unité pilosébacée peut contenir jusqu'à 10^6 bactéries et la densité varie entre 80 et 100/cm² en fonction du site anatomique [29]. De plus, il a été clairement démontré la présence des six phylotypes principaux (IA₁, IA₂, IB, IC, II et III) au sein de ces structures, notamment sur une peau normale [7]. Au décours de la chirurgie, en fonction de l'hôte, malgré une préparation cutanée et une antibioprophylaxie bien conduite, lors de l'incision pour pose d'une prothèse d'épaule, il existe une possibilité d'ensemencer le territoire où sera implanté le matériel. De manière plus étonnante mais confirmée, la littérature a démontré une prédominance des phylotypes IB et II dans les IOAP alors que c'est le phylotype IA₁ qui est impliquée dans les pathologies cutanées chroniques inflammatoires de type « boutons d'acné » [30–32]. Ces phylotypes produisent un allèle de hyaluronate lyase beaucoup plus puissant que celui des IA₁ de l'acné, sont moins internalisés dans les ostéoblastes, diminuent la capacité de résorption osseuse et stimulent la voie des lymphocytes CD8+, lymphocytes cytotoxiques.

C. acnes est donc le leader incontesté des IOAP d'épaule, dans presque un cas sur deux [33]. En fonction des études et des critères d'inclusion, ce taux varie entre 28 et 79 %, soulignant que cette bactérie n'est pas si « non virulente » comme cela a été trop longtemps mentionné dans la littérature [34,35]. La seconde étiologie de ces IOAP d'épaule est représentée par le genre *Staphylococcus*, notamment *S. epidermidis* et *S. aureus* [33].

Dans ce contexte, il est important de noter que lors de la chirurgie initiale, si des prélèvements peropératoires sont effectués, il est possible de mettre en évidence dans 10 à 40 % des cas, du *C. acnes*. En 2019, Torrens et al. [36], avaient montré ainsi près de 20 % de prélèvements positifs dont les phylotypes correspondent à ceux impliqués lors des infections. Il faut d'ailleurs noter qu'un patient a développé une infection avec la même souche que celle initialement détectée lors de la pose de la prothèse. Il semble donc qu'en fonction de l'hôte et des facteurs de risque identifiés (homme, jeune, chirurgies préalables, injection de testostérone), il y ait une nécessité de modification de la stratégie car il semble que l'antibioprophylaxie par céfazoline et la préparation cutanée ne soient pas aussi efficaces pour réduire le risque infectieux lors de la pose d'une prothèse d'épaule [37–41].

3. Deuxième partie : préparation cutanée et environnement

3.1. Introduction

La prévention des infections du site opératoire (ISO) fait partie de notre quotidien ; elle est fondamentale particulièrement pour les chirurgies prothétiques. Nos pratiques ne correspondent pas toujours avec les recommandations. Elles oscillent entre croyances, habitudes et applications des données de la science.

L'essentiel des données de ce travail sont issues des publications de la Société française d'hygiène hospitalière, des *guidelines* américaines et recommandations de l'OMS [42–45]. La conférence d'enseignement de 2018 de Jolivet et Lucet [46] constitue une référence récente dont la lecture est recommandée.

3.2. Une priorité : appliquer rigoureusement les bonnes pratiques

Le constat fait par l'Organisation mondiale de la santé en 2016 [45] en matière de non-observance de l'hygiène des mains chez les soignants est sans appel. En étant caricatural cette hygiène est

moins respectée par les médecins (par rapport aux infirmiers) de sexe masculin, travaillant en chirurgie. Les facteurs cités ici ne sont pas exhaustifs. Plus significativement, ce rapport pointe du doigt la connaissance insuffisante des recommandations et des protocoles, le manque d'exemplarité des supérieurs hiérarchiques et des collègues et le scepticisme vis-à-vis des recommandations. Connaître, appliquer et faire appliquer les données de la science devient donc central et prioritaire.

3.3. La flore cutanée mais pas que. . .

La majorité des ISO est en relation avec la flore cutanée de voisinage. Elle implique les *S. aureus* dans 29 %, 11 % des cas les staphylocoques coagulase négatif et 20 % des bactéries vivant au-dessous de la surface cutanée ce qui est le cas de *C. acnes*. Ceci pose des problèmes spécifiques en termes de préparation cutanée et de risques infectieux notamment au niveau de l'épaule. Une part non négligeable des infections est d'origine exogène liée au personnel soignant à son comportement et son environnement. L'identification de ces deux sources justifie de traiter simultanément la préparation cutanée et la gestion de l'environnement.

3.4. Préparation cutanée

Les mesures de prévention des ISO reposent sur le principe de l'asepsie progressive. Il définit comment obtenir une préparation optimale du patient, en allant de son lieu de vie jusqu'au bloc, en appliquant étape par étape les bonnes pratiques et en les validant. Les trois étapes de la préparation cutanée de nos patients sont connues de tous : la douche préopératoire, la dépilation, la préparation cutanée peropératoire.

3.4.1. La douche préopératoire

Aucune preuve n'existe que la pratique de la douche, quelles qu'en soient les modalités, permet de prévenir les ISO [47]. Pour autant, cette pratique étant très largement établie dans tous les pays, ce symposium ne cherche pas à la remettre en question. En revanche, effectuer une seule douche semble suffire [45]. Elle doit être réalisée au plus près de l'intervention sans qu'aucun délai maximal clair ne soit avancé dans la littérature [47]. Il n'y a aucune recommandation entre l'utilisation d'un savon doux et celle d'un antiseptique ; le deuxième est plus utilisé en France selon les données ISO-RAISIN de 2016 et l'enquête de notre panel de chirurgiens [43–45].

3.4.2. La dépilation

La dépilation ne doit pas être effectuée systématiquement [44]. Si elle est faite, elle doit se réduire à la zone d'incision et de pansement. Comme pour la douche, le moment n'est pas défini précisément. Il faut effectuer cette dépilation en unité de soins ou au bloc en dehors de la salle d'intervention. Ce traitement des poils doit se faire soit par tonte, en utilisant idéalement une lame à usage unique, soit par crème dépilatoire [48]. La tonte à la maison peut utiliser une tondeuse du commerce. L'usage de crème dépilatoire pose différents problèmes au premier rang desquels les allergies ou réactions locales qui peuvent elles-mêmes être source de report d'intervention. Ceci met en exergue la nécessité de procédures écrites et d'une information précise du patient ainsi que des protocoles de validation parfaitement définis et réalisés à chaque étape. Le rasage est à exclure de nos pratiques. Il est générateur de lésions locales et de mobilisation des germes résidents, ces éléments étant eux-mêmes responsables de risques infectieux.

3.4.3. La préparation peropératoire

En peropératoire, deux options sont discutées ; un « quatre temps » associant « détersion » à une désinfection ou une désinfection

Tableau 2

Critères d'efficacité des antiseptiques cutanés (gluconate de chlorhexidine versus povidone iodée).

	PVI	CHG
Critères d'efficacité		
Spectre	++	+
Rapidité d'action	+	++
Rémanence	++	+++
Critères d'inefficacité		
Inactivité par les matières protéiques	+	+
Résistance	–	+

PVI : povidone iodée ; CHG : gluconate de chlorhexidine.

tion isolée. La détersion « quatre temps » comprend classiquement un lavage avec une solution moussante antiseptique, un rinçage avec de l'eau stérile, un séchage avec des compresses stériles et une désinfection antiseptique. Sur ce point, les pratiques sont différentes en France et dans les pays anglo-saxons. Nos collègues nord-américains effectuent un « quatre temps » systématique autour de l'incision (Canada) ou sur l'ensemble du membre pour les PTH et PTG (États-Unis) [49]. En France, l'état de la peau conditionne ce choix. Nous recommandons d'effectuer une préparation au bloc en quatre temps quand la peau est souillée ; en revanche, sur une peau saine, la désinfection isolée est suffisante [48]. Une peau souillée peut se définir comme une peau présentant des lésions chroniques ou récentes ou encore des troubles trophiques importants sur le membre concerné par l'intervention. Au cas par cas, si un doute persiste, la détersion doit être préférée.

3.4.4. Choix de l'antiseptique

En matière de désinfection, la question centrale est le choix de l'antiseptique employé. Dans les données ISO-RAISIN, les antiseptiques alcooliques sont utilisés dans 96 % des cas. Leur supériorité sur les antiseptiques aqueux est en effet établie, ces derniers étant associés à un taux d'ISO 2,6 fois supérieur [44]. Deux antiseptiques majeurs se partagent les indications des préparations peropératoires : la povidone iodée (PVI) ou la chlorhexidine (CHG). Le Tableau 2 [46] compare les critères d'efficacité de l'un et l'autre. La rapidité d'action et la rémanence de la CHG sont supérieures à celles de la PVI ce qui, théoriquement, en fait le meilleur des deux antiseptiques. Par ailleurs, son spectre d'action est supérieur. Une meilleure rémanence devrait faire conseiller la CHG pour les chirurgies de plus de 2 heures par exemple les révisions de prothèses et les chirurgies prothétiques primaires complexes. De même, son plus large spectre pourrait faire préférer la CHG pour les chirurgies d'infection prothétiques.

Pourtant le choix n'est pas définitif. Deux éléments l'expliquent : (1) la CHG est le seul antiseptique majeur pouvant sélectionner des résistances et (2) son utilisation systématique et très élargie pose question sur l'impact de ces résistances. Elles semblent problématiques plutôt à l'échelle collective, par des résistances mobilisables d'une espèce bactérienne à une autre et par l'association à des co-résistances, qu'à l'échelle de l'individu. De ce point de vue, une utilisation à une concentration à 2 % au lieu de 0,5 % donne des CMI suffisantes pour garantir la sécurité de l'individu même en cas de résistance. L'utilisation à cette concentration doit donc être privilégiée. En pratique, les solutions à 2 % souffrent d'une absence d'autorisation de mise sur le marché (AMM) pour les préparations peropératoires. Dans ce domaine, seuls les conditionnements avec applicateurs sont autorisés mais le coût en limite probablement la diffusion. Les allergies sont peu fréquentes (2 % de sensibilisation à la CHG) et se traduisent surtout par des réactions locales sans conséquences graves. Enfin la CHG semblerait non efficace sur *C. acnes* [50].

Pour résumer, en 2020 la CHG ne semble pas efficace comme préparation pré- et peropératoire sur *C. acnes* [50–52]. Il faut

pour l'instant lui préférer la povidone iodée [51]. À domicile, en période préopératoire, une préparation avec du peroxyde de benzoyl est discutée [53], soit seul, ce qui pourrait être plus efficace que la CHG [51,54], soit diversement associée comme au peroxyde d'hydrogène ou à la CHG [55]. Selon Dizay et al. [56] dans les trois ou cinq jours qui précèdent la chirurgie, le peroxyde de benzoyl pourrait être associé à un gel de clindamycine. Ce dernier protocole semblerait diminuer la population cutanée de *C. acnes* de 19,6 % à 3,1 %. Nous n'avons pas encore intégré ces éléments dans notre pratique quotidienne faute d'un protocole validé précis. Actuellement, nous proposons une douche avec de la povidone iodée et une préparation cutanée peropératoire en quatre temps avec ce même antiseptique.

Dans l'idée d'une synergie d'action avec la préparation cutanée, nous recommandons surtout de tenir compte des autres facteurs listés dans les registres de chirurgie de l'épaule (notamment les registres danois et norvégiens) comme favorisant les ISO et maîtrisables : (1) utiliser un abord delto-pectoral plutôt que supéro-latéral, (2) respecter strictement le cadre des indications des prothèses inversées d'épaule particulièrement pour les hommes ayant déjà bénéficié d'une chirurgie sur la même épaule [57,58] et enfin (3) nous évitons d'utiliser des champs adhésifs soit imprégnés soit non imprégnés d'antiseptique car non recommandés par l'OMS et dont Dizay et al. ont rapporté leur rôle négatif [56].

Dans le cadre médico-légal des dommages corporels, la préparation cutanée fera l'objet de la part des experts de la même attention que l'analyse de l'antibioprophylaxie. Les conditions de réalisation de ses différentes étapes (douche, détertion/désinfection, dépilation) seront analysées sur trois volets ; respect des bonnes pratiques, procédures de validation par les équipes soignantes et traçabilité dans le dossier patient. Des informations complémentaires sur les protocoles internes et leur suivi par le Comité de lutte contre les infections nosocomiales (CLIN) pourront être demandé également. Il importe donc aux praticiens de s'investir dans ces instances et/ou d'avoir connaissance des règles et des protocoles mis en place dans leurs établissements respectifs.

3.5. Les comportements professionnels et l'environnement

La bonne exécution des étapes de l'asepsie progressive est fondamentale. La qualité de nos pratiques tout autant, le lavage chirurgical des mains particulièrement comme le souligne l'OMS mais aussi, sans être exhaustif, la circulation des personnels dans les blocs, le nombre de personnes par bloc, la gestion des implants, des ancillaires... Deux pratiques de lavage chirurgical des mains doivent être comparées : (1) le lavage chirurgical avec une solution moussante d'antiseptique (LC) et (2) la friction avec une solution hydro-alcoolique (FH).

La FH est supérieure en termes de bactéricidie (puisqu'elle divise par 100 000 les bactéries présentes versus 1000 pour le LC), d'efficacité quel que soit l'agent pathogène (BMR, virus, champignons), et d'absence de résistances. Son observance est meilleure puisque l'acte préconisé est plus court et son coût est moindre (64 % d'économie/LC). Enfin, le temps consacré est diminué à 3 min versus 5 min : cette diminution de coût et de 60 % du temps rapporté au nombre d'actes par an et par soignant à l'échelle d'un établissement et a fortiori nationale plaide pour une valorisation des recommandations auprès de nos établissements. Il montre la bonne direction avec des économies en accord avec des pratiques optimisées.

La recommandation la plus raisonnable est d'effectuer en début de programme un lavage des mains au savon doux suivi d'une FH et ensuite, entre chaque intervention, une FH isolée. Seule limite, une interruption longue entre deux interventions ou d'autres activités entre deux interventions dans d'autres secteurs que le bloc nécessite de reprendre la séquence savon doux/FH.

Notre environnement chirurgical peut aussi impacter le taux d'ISO. Les protocoles actuels de bio-nettoyage permettent de se dispenser des salles septiques dédiées ou d'une programmation septique uniquement en fin de tableau. La généralisation de l'externalisation du bio-nettoyage doit être strictement encadrée sur le plan médico-administratif pour s'assurer de la qualité et de la sécurité du service effectué. L'établissement par l'intermédiaire du CLIN, du Biomédical et de l'encadrement doit mettre en œuvre un contrôle régulier de l'eau de lavage, des salles, du matériel de bloc avec une traçabilité clairement définie et identifiable. La responsabilité de l'établissement plus que celle des personnels est engagée sur ces points. Sans être exhaustif ni à considérer le versant économique, des bras plafonniers, des plateaux transfert (donc mobiles), deux scalytiques de petites tailles ouverts en trèfles sont préférables à un seul de grande taille rond et fermé.

Le traitement de l'air est essentiel mais ne sert à rien si les règles de circulation dans le bloc ne sont pas appliquées. Ces éléments mériteraient d'être abordés séparément ainsi que les comportements des soignants. En termes de matériel, nos habitudes ou certitudes ne sont pas également des garanties de bonnes pratiques. Pour exemple, les brosses imprégnées d'antiseptiques ne sont pas supérieures aux brosses standard, les pellicules bactériologiques n'apportent pas une plus-value, pas plus (pour rappel) que les champs adhésifs imprégnés alors que les champs non imprégnés sont clairement non recommandés par l'OMS, les risques infectieux liés à leur utilisation étant identifiés dans une méta-analyse [59].

Les nouvelles technologies et matériels au bloc posent aussi question comme par exemple, la gestion de nos téléphones portables. Une étude toulousaine, réalisée en 2016 [60] met en évidence la fréquence de la contamination des téléphones portables par des bactéries potentiellement pathogènes. Leur décontamination est efficace.

3.6. Avenir immédiat : vers une modulation des préparations cutanées

Ces dernières années, les données scientifiques et des registres font poser la question de la modulation de la préparation cutanée plutôt qu'une attitude univoque. En effet, les risques infectieux et les types de germes en cause varient en fonction du site opératoire ainsi que des voies d'abord choisies pour un même site. De la même manière, le déploiement de la chirurgie prothétique ambulatoire posent des problèmes spécifiques dans la prévention des infections notamment sur la validation de la dépilation et surtout de la douche pré-hospitalière. Deux sites opératoires présentent des risques infectieux spécifiques : l'épaule au premier chef et la hanche.

3.6.1. La prévention des ISO au niveau de l'épaule

La prévention des ISO au niveau de l'épaule est un sujet de publications depuis quelques années. Les registres, notamment danois, montrent que le taux d'infection des PTE peut être supérieur à ceux de la hanche ou du genou. Les facteurs listés sont le sexe masculin, un sujet de moins de 65 ans, une chirurgie (coiffe sous arthroscopie) au préalable [57,58]. Ce risque est particulièrement important pour les prothèses inversées implantées par voie supéro-latérale. En termes d'ISO, une voie delto-pectorale est préférable. Tout l'enjeu de la préparation cutanée est de diminuer la colonisation à *C. acnes*, au-delà des germes habituels. Et aucun protocole n'est encore certain. En 2017, la CHG était présentée comme l'antiseptique de choix en peropératoire avec une préparation préopératoire associant Peroxyde de benzoyl avec gel de clindamycine (exemple de proposition). En 2020, la CHG ne semble pas efficace comme préparation pré et peropératoire sur *C. acnes* [50] : il faut pour l'instant lui préférer la povidone iodée [42]. Il semblerait qu'une préparation préopératoire avec du peroxyde de benzoyl associé

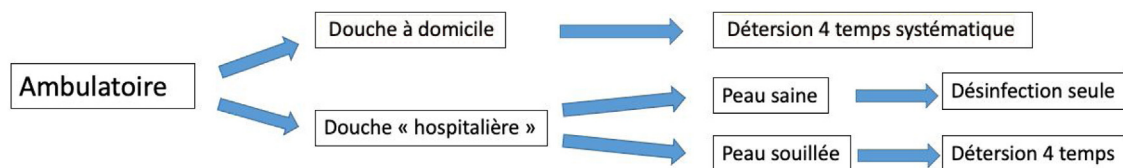


Fig. 1. Arbre décisionnel de préparation cutanée peropératoire d'un patient ambulatoire.

à une préparation cutanée au peroxyde d'hydrogène soit plus efficace mais nous ne pouvons pas, en l'état actuel des connaissances proposer un protocole précis et définitif (Tableau 2).

3.6.2. Les mêmes questions se posent concernant la hanche

Les mêmes questions se posent concernant la hanche : risque fonction de l'abord et risque spécifique d'infection à *C. avidum*. Certaines publications commencent à faire état d'un risque d'infection potentielle 2,2 fois plus important par voie antérieure que par voie non antérieure [61] avec un nombre significatif d'infections multi-microbiennes avec des germes inguinaux [62]. Comment cela va-t-il être apprécié sur le plan assurantiel et médico-légal dans les années futures ? La modulation des préparations cutanées semble donc être une réponse appropriée et une évolution inéluctable.

Dans les nouvelles pratiques, le développement et le déploiement rapide au niveau national de l'ambulatoire prothétique exposent à des risques augmentés d'ISO.

En préparation de ce symposium, l'enquête menée auprès d'un panel de plus de 1000 orthopédistes français a montré que dans 15 % des cas, il n'y a pas de validation stricte de la préparation cutanée et que la douche préopératoire est patient dépendante dans 60 % des cas, ce deuxième point étant attendu. En ambulatoire, les filtres de validation des bonnes pratiques des patients peuvent être mis en défaut plus facilement, ce qui pose un problème majeur en chirurgie prothétique.

Nous recommandons donc de suivre l'arbre décisionnel suivant la Fig. 1. Si la douche est réalisée à domicile, il est recommandé d'effectuer en préparation peropératoire un quatre temps classique. Si elle est faite dans l'établissement de soins, les mêmes principes de préparation peropératoire, fonction de l'état cutané défini précédemment, seront appliqués.

4. Conclusion

Prévenir les ISO ne laisse pas de place aux habitudes et aux croyances. Le mode de contamination est variable en fonction des articulations. Pour le genou et la hanche, l'épidémiologie est proche avec une prédominance des staphylocoques et les voies de contamination sont identiques. Il existe une particularité pour l'épaule avec un écosystème cutané local spécifique et un rôle prédominant de *C. acnes*. On constate également une évolution des profils de patients avec de nouvelles étiologies type « bactéries résistantes ».

En ce sens la préparation cutanée ainsi que le comportement de l'équipe chirurgicale dans l'environnement sont les axes de prévention à privilégier.

La dépilation n'est pas systématique. Si elle est effectuée, elle doit rester limitée à l'incision ou au pansement et doit être effectuée avec une tondeuse ou en utilisant une crème dépilatoire au plus près de la chirurgie. Le rasage doit être proscrit. Une douche préopératoire est suffisante au plus près de l'intervention en utilisant un savon ou un antiseptique indifféremment. La procédure de préparation cutanée peropératoire dépend de l'état de la peau. En cas de peau souillée, il faut utiliser un 4 temps classique. En cas de peau saine, une désinfection isolée et suffisante utilisant soit la chlorhexidine soit la povidone Iodée. L'idée d'une modulation de la préparation cutanée en fonction du site opératoire émerge du

fait des particularités des écosystèmes locaux. Dans les prochaines années, il faudra donc rester vigilant sur nos pratiques notamment pour les chirurgies prothétiques de hanche et l'épaule.

Enfin le lavage chirurgical des mains doit, en début de programme, être effectué au savon doux suivi d'une friction hydro-alcoolique et ensuite, entre chaque intervention, d'une friction hydro-alcoolique isolée, si certaines règles sont respectées.

Déclaration de liens d'intérêts

Gérard Giordano déclare être consultant pour Exatech et Merete. Stéphane Corvec déclare ne pas avoir de liens d'intérêts. Emmanuel de Thomasson déclare être expert pour Orthorisq. Sébastien Lustig déclare recevoir des royalties avec Stryker et Smith Nephew. Jean Kany déclare recevoir des royalties avec FH orthopedics. Il est également consultant pour Depuy-Mitek (Johnson et Johnson), FH orthopedics et Vims. S. Corvec déclare percevoir des honoraires de MSD, Novartis, CORREVIO, Hologic et de Mérieux.

Financements

Cette recherche n'a bénéficié d'aucun financement d'agence publique, commerciale, privé ou à but non lucratif.

Contributions des auteurs

Emmanuel de Thomasson et Sébastien Lustig ont participé la conception et le design de l'article. Gérard Giordano et Stéphane Corvec ont participé à la rédaction et à la révision de l'article, son approbation finale. Jean Kany a participé la conception et le design de l'article, à la rédaction et à la révision critique de l'article et à son approbation finale avec sa soumission. Chacun des co-auteurs certifie l'originalité de l'article.

Références

- [1] Tsukayama DT, Estrada R, Gustilo RB. Infection after total hip arthroplasty. A study of the treatment of one hundred and six infections. *J Bone Joint Surg Am* 1996;78:512–23.
- [2] Lesens O, Ferry T, Forestier E, Botelho-Nevers E, Pavese P, Piet E, et al. Should we expand the indications for the DAIR (debridement, antibiotic therapy, and implant retention) procedure for *Staphylococcus aureus* prosthetic joint infections? A multicenter retrospective study. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis* 2018;37:1949–56.
- [3] Crémet L, Corvec S, Bémer P, Bret L, Lebrun C, Lesimple B, et al. Orthopaedic-implant infections by *Escherichia coli*: molecular and phenotypic analysis of the causative strains. *J Infect* 2012;64:169–75.
- [4] Montanaro L, Speziale P, Campoccia D, Ravaoli S, Cangini I, Pietrocola G, et al. Scenery of *Staphylococcus* implant infections in orthopedics. *Future Microbiol* 2011;6:1329–49.
- [5] Sabatè Brescò M, Harris LG, Thompson K, Stanic B, Morgenstern M, O'Mahony L, et al. Pathogenic mechanisms and host interactions in *Staphylococcus epidermidis* device-related infection. *Front Microbiol* 2017;8:1401.
- [6] Valour F, Trouillet-Assant S, Rasigade JP, Lustig S, Chanard E, Meugnier H, et al. *Staphylococcus epidermidis* in orthopedic device infections: the role of bacterial internalization in human osteoblasts and biofilm formation. *PLoS One* 2013;8:e67240.
- [7] Aubin GG, Portillo ME, Trampuz A, Corvec S. *Propionibacterium acnes*, an emerging pathogen: from acne to implant-infections, from phylotype to resistance. *Med Mal Infect* 2014;44:241–50.
- [8] Kadler BK, Mehta SS, Funk L. *Propionibacterium acnes* infection after shoulder surgery. *Int J Shoulder Surg* 2015;9:139–44.

- [9] Renz N, Mudrovic S, Perka C, Trampuz A. Orthopedic implant-associated infections caused by *Cutibacterium* spp. – A remaining diagnostic challenge. *PLoS One* 2018;13:e0202639.
- [10] Patel H, Cichos KH, Moon AS, McGwin Jr G, Ponce BA, Ghanem ES. Patients with musculoskeletal dysplasia undergoing total joint arthroplasty are at increased risk of surgical site infection. *Orthop Traumatol Surg Res* 2019;105:1297–301.
- [11] Bémer P, Plouzeau C, Tande D, Léger J, Giraudeau B, Valentin AS, et al. Evaluation of 16S rRNA gene PCR sensitivity and specificity for diagnosis of prosthetic joint infection: a prospective multicenter cross-sectional study. *J Clin Microbiol* 2014;52:3583–9.
- [12] Haute Autorité de santé. Prothèse de hanche ou de genou : diagnostic et prise en charge de l'infection dans le mois suivant l'implantation. Méthode recommandation pour la pratique clinique. Argumentaire scientifique. HAS; 2014 [https://www.has-sante.fr/jcms/c_1734939/fr/reco2clics-prothese-infectee].
- [13] Lourtet-Hascoët J, Félécié MP, Bicart-See A, Bouige A, Giordano G, Bonnet E. Species and antimicrobial susceptibility testing of coagulase-negative staphylococci in periprosthetic joint infections. *Epidemiol Infect* 2018;146:1771–6.
- [14] Maurer SM, Kursawe L, Rahm S, Prinz J, Zinkernagel AS, Moter A, et al. *Cutibacterium* avidum resists surgical skin antiseptics in the groin – a potential risk factor for periprosthetic joint infection: a quality control study. *Antimicrob Resist Infect Control* 2021;10:2–10.
- [15] Wildeman P, Brüggemann H, Scholz CF, Leimbach A, Söderquist B. *Propionibacterium avidum* as an etiological agent of prosthetic hip joint infection. *PLoS One* 2016;11:e0158164.
- [16] Achermann Y, Liu J, Zbinden R, Zingg PO, Anagnostopoulos A, Barnard E, et al. *Propionibacterium avidum*: a virulent pathogen causing hip periprosthetic joint infection. *Clin Infect Dis* 2018;66:54–63.
- [17] Corvec S. Clinical and biological features of *Cutibacterium* (formerly *Propionibacterium*) *avidum*, an underrecognized microorganism. *Clin Microbiol Rev* 2018;31:e00064–117.
- [18] Böni L, Kuster SP, Bartik B, Zbinden R, Zingg PO, Achermann Y. Association of *Cutibacterium avidum* colonization in the groin with obesity: a potential risk factor for hip periprosthetic joint infection. *Clin Infect Dis* 2018;67:1878–82.
- [19] Kates SL, Borens O. Principles of orthopedic infection management. 1st ed. Stuttgart: Thieme; 2017.
- [20] Qiu HJ, Lu WP, Wang ZM, Du QY, Wang AM, Xiong Y. The infection of *Mycoplasma hominis* after total knee replacement: case report and literature review. *Chin J Traumatol* 2017;20:243–5.
- [21] Uhel F, Corvaisier G, Poinson Y, Chirouze C, Beraud G, Grossi O, et al. *Mycobacterium tuberculosis* prosthetic joint infections: a case series and literature review. *J Infect* 2019;78:27–34.
- [22] Schoof B, Jakobs O, Schmid S, Klatte TO, Frommelt L, Gehrke T, et al. Fungal periprosthetic joint infection of the hip: a systematic review. *Orthop Rev (Pavia)* 2015;7:5748.
- [23] Titécac M, Senneville E, Wallet F, Dezeque H, Migaud H, Courcol RJ, et al. Microbiological profile of Staphylococci isolated from osteoarticular infections: evolution over ten years. *Surg Infect (Larchmt)* 2015;16:77–83.
- [24] Titécac M, Senneville E, Wallet F, Dezeque H, Migaud H, Courcol RJ, et al. Bacterial epidemiology of osteoarticular infections in a referent center: 10-year study. *Orthop Traumatol Surg Res* 2013;99:653–8.
- [25] Pfang BG, García-Cañete J, García-Lasheras J, Blanco A, Auñón Á, Parron-Cambero R, et al. Orthopedic implant-associated infection by multidrug resistant *Enterobacteriaceae*. *J Clin Med* 2019;8:220.
- [26] de Sanctis J, Teixeira L, van Duin D, Odio C, Hall G, Tomford JW, et al. Complex prosthetic joint infections due to carboxypeptidase-producing *Klebsiella pneumoniae*: a unique challenge in the era of untreatable infections. *Int J Infect Dis* 2014;25:73–8.
- [27] Benito N, Franco M, Ribera A, Soriano A, Rodriguez-Pardo D, Sorlí L, et al. Time trends in the aetiology of prosthetic joint infections: a multicentre cohort study. *Clin Microbiol Infect* 2016;22 [732.e1–8].
- [28] Lee YB, Byun EJ, Kim HS. Potential role of the microbiome in acne: a comprehensive review. *J Clin Med* 2019;8:987.
- [29] Otberg N, Richter H, Schaefer H, Blume-Peytavi U, Sterry W, Lademann J. Variations of hair follicle size and distribution in different body sites. *J Invest Dermatol* 2004;122:14–9.
- [30] Sampedro MF, Piper KE, McDowell A, Patrick S, Mandrekar JN, Rouse MS, et al. Species of *Propionibacterium* and *Propionibacterium acnes* phylotypes associated with orthopedic implants. *Diagn Microbiol Infect Dis* 2009;64:138–45.
- [31] Aubin GG, Baud'huin M, Lavigne JP, Brion R, Gouin F, Lepelletier D, et al. Interaction of *Cutibacterium* (formerly *Propionibacterium*) *acnes* with bone cells: a step toward understanding bone and joint infection development. *Sci Rep* 2017;7:42918.
- [32] Aubin GG, Lavigne JP, Foucher Y, Dellière S, Lepelletier D, Gouin F, et al. Tropism and virulence of *Cutibacterium* (formerly *Propionibacterium*) *acnes* involved in implant-associated infection. *Anaerobe* 2017;47:73–8.
- [33] Nelson GN, Davis DE, Namdari S. Outcomes in the treatment of periprosthetic joint infection after shoulder arthroplasty: a systematic review. *J Shoulder Elbow Surg* 2016;25:1337–45.
- [34] Contreras ES, Frantz TL, Bishop JY, Cvetanovich GL. Periprosthetic infection after reverse shoulder arthroplasty: a review. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2020;13:757–68.
- [35] Achermann Y, Goldstein EJ, Coenye T, Shirtliff ME. *Propionibacterium acnes*: from commensal to opportunistic biofilm-associated implant pathogen. *Clin Microbiol Rev* 2014;27:419–40.
- [36] Torrens C, Mari R, Alier A, Puig L, Santana F, Corvec S. *Cutibacterium acnes* in primary reverse shoulder arthroplasty: from skin to deep layers. *J Shoulder Elbow Surg* 2019;28:839–46.
- [37] Kaveeshwar S, Duvall G, Jones DL, O'Hara NN, Klein A, Diedrich AM, et al. Risk factors for increased shoulder *Cutibacterium acnes* burden. *JSES Int* 2020;4:464–9.
- [38] Longo UG, Candela V, Facchinetti G, Marchetti A, Dsoke S, Mazzella C, et al. Antibiotic prophylaxis in primary and revision shoulder replacement: a systematic review. *BMC Musculoskel Disord* 2020;21:292.
- [39] Belk JW, Kraeutler MJ, Smith JR, Littlefield CP, Bravman JT, Houck DA, et al. Prevention of *Cutibacterium acnes* infection in arthroscopic shoulder surgery: a systematic review. *J Shoulder Elbow Surg* 2020;29:867–73.
- [40] Singh AM, Sethi PM, Romeo AA, Anakwenze OA, Abboud JA, Namdari S. Strategies to decolonize the shoulder of *Cutibacterium acnes*: a review of the literature. *J Shoulder Elbow Surg* 2020;29:660–6.
- [41] Maurer SM, Kursawe L, Rahm S, Prinz J, Zinkernagel AS, Moter A, et al. *Cutibacterium* avidum resists surgical skin antiseptics in the groin—a potential risk factor for periprosthetic joint infection: a quality control study. *Antimicrob Resist Infect Control* 2021;10:27.
- [42] O'Hara LM, Thom KA, Preas MA. Update to the Centers for Disease Control and Prevention and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee Guideline for the Prevention of Surgical Site Infection (2017): a summary, review, and strategies for implementation. *Am J Infect Control* 2018;46:602–9.
- [43] Allegranzi B, Bischoff P, de Jonge S, Kubilay, Zayed B, Gomes SM, et al. New WHO recommendations on preoperative measures for surgical site infection prevention: an evidence-based global perspective. *Lancet Infect Dis* 2016;16:e276–87.
- [44] Société française d'hygiène hospitalière. Antisepsie de la peau saine avant un geste invasif chez l'adulte. *Hygienes* 2016;24:3–42.
- [45] Société française d'hygiène hospitalière. Gestion préopératoire du risque infectieux : mise à jour de la conférence de consensus. *Hygienes* 2013;21:3–110.
- [46] Jolivet S, Lucet JC. Surgical field and skin preparation. *Orthop Traumatol Surg Res* 2019;105:51–6.
- [47] Jakobsson J, Perlkvist A, Wann-Hansson C. Searching for evidence regarding using preoperative disinfection showers to prevent surgical site infections: a systematic review. *Worldviews Evid Based Nurs* 2011;8:143–52.
- [48] Lefebvre A, Saliou P, Mimoz O, Lucet JC, Le Guyader A, Bruyère F, et al. Is surgical site scrubbing before painting of value? Review and meta-analysis of clinical studies. *J Hosp Infect* 2015;89:28–37.
- [49] Tokarski AT, Blaha D, Mont MA, Sancheti P, Cardona L, Cotacio GL, et al. Perioperative skin preparation. *J Orthop Res* 2014;32 Suppl. 1:S26–30.
- [50] Nakase K, Fukushima H, Yukawa T, Nakaminami H, Fujii T, Noguchi N. *Propionibacterium acnes* has low susceptibility to chlorhexidine digluconate. *Surg Infect (Larchmt)* 2018;19:298–302.
- [51] Matsen FA, Whitson AJ, Hsu JE. While home chlorhexidine washes prior to shoulder surgery lower skin loads of most bacteria, they are not effective against *Cutibacterium* (*Propionibacterium*). *Int Orthop* 2020;44:531–4.
- [52] Scheer VM, Jungeström MB, Lerm M, Serrander L, Kalén A. Topical benzoyl peroxide application on the shoulder reduces *Propionibacterium acnes*: a randomized study. *J Shoulder Elbow Surg* 2018;27:957–61.
- [53] Scheer VM, Jungeström MB, Serrander L, Kalén A, Scheer JH. Benzoyl peroxide treatment decreases *Cutibacterium acnes* in shoulder surgery, from skin incision until wound closure. *J Shoulder Elbow Surg* 2021;30:1316–23.
- [54] Hsu JE, Whitson AJ, Woodhead BJ, Napierala MA, Gong D, Matsen 3rd FA. Randomized controlled trial of chlorhexidine wash versus benzoyl peroxide soap for home surgical preparation: neither is effective in removing *Cutibacterium* from the skin of shoulder arthroplasty patients. *Int Orthop* 2020;44:1325–9.
- [55] Sabetta JR, Rana VP, Vadasdi KB, Greene RT, Cunningham JG, Miller SR, et al. Efficacy of topical benzoyl peroxide on the reduction of *P. acnes* during shoulder surgery. *J Shoulder Elbow Surg* 2015;24:995–1004.
- [56] Dizay HH, Lau DG, Nottage WM. Benzoyl peroxide and clindamycin topical skin preparation decreases *P. acnes* colonization in shoulder arthroscopy. *J Shoulder Elbow Surg* 2017;27:1190–5.
- [57] Werthel JD, Hata T, Schoch B, Cofield B, Sperling JW, Elhassan BT. Is previous nonarthroplasty surgery a risk factor for periprosthetic infection in primary shoulder arthroplasty? *J Shoulder Elbow Surg* 2017;26:635–40.
- [58] Morris BJ, O'Connor DP, Torres D, Elkousy HA, Gartsman GM, Edwards TB. Risk factors for periprosthetic infection after reverse shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 2015;24:161–6.
- [59] Webster J, Alghamdi A. Use of plastic adhesive drapes during surgery for preventing surgical site infection. *Cochrane Database Syst Rev* 2013;31:CD006353.
- [60] Murgier J, Coste JF, Cavaignac E, Bayle-Iniguez X, Chiron P, Bonneville P, et al. Microbial flora on cell-phones in an orthopedic surgery room before and after decontamination. *Orthop Traumatol Surg Res* 2016;102:1093–6.
- [61] Aggarwal VK, Weintraub S, Klock J, Stachel A, Phillips M, Ioro R, et al. 2019 Frank Stinchfield Award: a comparison of prosthetic joint infection rates between direct anterior and non-anterior approach total hip arthroplasty. *Bone Joint J* 2019;101-B:2–8.
- [62] Ilchmann T, Zimmerli W, Bolliger L. Risk of infection in primary, elective total hip arthroplasty with direct anterior approach or lateral transgluteal approach: a prospective cohort study of 1104 hips. *BMC Musculoskelet Disord* 2016;17:471.