

FACULDADE SETE LAGOAS - FACSETE

Éryck D'Almeida Rêgo

TÉCNICA CIRÚRGICA PARA REMOÇÃO DE ENXERTO DO MENTO: REVISÃO
DE LITERATURA

PORTO VELHO

2021

FACULDADE SETE LAGOAS - FACSETE

Éryck D'Almeida Rêgo

TÉCNICA CIRÚRGICA PARA REMOÇÃO DE ENXERTO DO MENTO: REVISÃO
DE LITERATURA

Artigo apresentado ao curso de Especialização Lato Sensu da Faculdade Sete Lagoas - FACSETE, como requisito parcial para obtenção do título de especialista em Implantodontia.

Área de concentração: Implantodontia.

Orientador: Prof. Esp. Maicon

Mascarenhas

PORTO VELHO


2021

FACULDADE SETE LAGOAS – FACSETE

Artigo intitulado “TÉCNICA CIRÚRGICA PARA REMOÇÃO DE ENXERTO DO MENTO: REVISÃO DE LITERATURA” de autoria do aluno Éryck D’Almeida Rêgo, aprovado pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:


Orientador


Co-Orientador


Professor convidado

Porto Velho, 14 de Agosto de 2021

TÉCNICA CIRÚRGICA PARA REMOÇÃO DE ENXERTO DO MENTO: REVISÃO DE LITERATURA

Resumo: A reabilitação de pacientes edêntulos com implantes ósseo integráveis tem se tornado um tratamento com altas taxas de sucesso, porém alguns pacientes que necessitam se submeter a cirurgias para instalação de implantes dentários apresentam limitações como perda de altura e de volume ósseo. A utilização de técnicas para reconstruções de defeitos ósseos tem se mostrado bastante favorável. O mento com área doadora para readequar regiões alveolares atroficas é reportada na literatura como uma opção viável e previsível, com elevados índices de sucesso. O presente estudo compreendeu a análise de artigos originais devidamente publicados e que apresentaram as principais variáveis da pesquisa como tema central. Por meio do estudo de revisão de literatura, foi possível sintetizar alguns parâmetros para as indicações, as vantagens e complicações para as técnicas dos enxertos do mento. Em resumo o mento é um sítio doador de enxerto intrabucal confiável, e apresenta como vantagens sob os enxertos extrabucais a realização do procedimento em ambiente ambulatorial, sob anestesia local, ausência de cicatriz cutânea e ter baixa morbidade. E como principal vantagem sobre as demais áreas intrabucais a maior disponibilidade de tecido ósseo, permitindo a remoção de maior quantidade de enxerto com característica cortico-medular.

Palavras chave: Enxerto Ósseo, Osso da sínfise mandibular, Mento, Mandíbula, implantes dentários

1 INTRODUÇÃO

A reconstrução óssea prévia à instalação de implantes dentários é considerada uma opção viável e previsível, com altas taxas de sucesso tanto em relação aos enxertos quanto aos implantes instalados na área enxertada.¹

Em alguns pacientes que se submetem a cirurgias para instalação de implantes dentários são observadas alterações ósseas como perda de altura e de volume. Essa perda se deve a fatores como, idade, tempo em que o dente foi extraído, quadro de periodontite ou doenças sistêmicas como diabetes e osteoporose.²

A escolha das técnicas de enxertia óssea e de reconstrução parcial ou total da maxila e da mandíbula e das possíveis áreas doadoras se dão após avaliações de acordo com o grau de perda óssea, do planejamento cirúrgico-protético e das condições gerais do paciente.^{2,3}

Tanto osso autógeno quanto materiais heterógenos, alógenos e aloplásticos podem ser utilizados como materiais para enxertos ósseos e de reconstrução óssea, gerando ainda muitas discussões e controvérsias. No entanto, os melhores resultados foram relatados com o osso autógeno, por sua capacidade osteogênica e osteoindutora, além de não desencadear uma resposta imune específica, tornando-o o material de enxertia ideal.^{3,4}

Fatores como, local doador, localização do leito receptor, a qualidade e quantidade de enxerto ósseo necessário, e as potenciais complicações cirúrgicas, devem ser levadas em consideração devido a possíveis morbidades e dores pós operatórias.³

O mento como local de escolha para área doadora oferece algumas vantagens, tais como: acesso intraoral, fácil acesso, boa quantidade e qualidade óssea, sendo o osso do tipo D2 (córtico-esponjoso), forma de semiarco, reabsorção óssea reduzida e morbidade pós operatória reduzida (quando comparado com áreas externas). No entanto, apresenta algumas desvantagens como, parestesia do mento, deiscência de sutura, dor pós operatória, ptose lábio inferior, dormência nos dentes anteriores inferiores, perda de sensibilidade, maior desconforto em relação ao enxerto de ramo e quantidade óssea limitada, quando comparado com áreas extra bucais.^{1,4}

A proposta deste estudo foi realizar uma revisão de literatura sobre técnicas de enxertia óssea utilizando o mento como área doadora, abordando suas vantagens, indicações e possíveis complicações.

REVISÃO DE LITERATURA

Após a perda de um ou mais dentes iniciam-se alterações que resultam em desequilíbrio entre a formação e a reabsorção óssea no processo alveolar, o que culmina na maioria das vezes em atrofia alveolar.⁵

A reabilitação oral com a instalação de implantes ósseo integráveis tem se mostrado um procedimento cirúrgico previsível, possibilitando a reposição de um ou mais elementos dentários. A extração dos elementos dentários por cárie, traumas dento-alveolares, doenças periodontais, entre outros, deixam um volume ósseo inadequado para a instalação de implantes. A partir disso, o restabelecimento do volume ósseo perdido torna-se imprescindível para a ancoragem de implantes e, com correto desenho da prótese, se restabelece função e estética.⁶

Para a reabilitação oral com uso de implantes ósseo integrados um dos fatores que devem ser levados em consideração, durante o exame clínico e diagnóstico, é a quantidade de tecido ósseo remanescente nas áreas desdentadas.

Quando o volume ósseo for inadequado, algumas técnicas cirúrgicas devem ser utilizadas para reconstrução de defeitos residuais e posterior instalação de implantes.⁷

O enxerto ósseo é um procedimento cirúrgico que substitui o osso perdido por material do próprio corpo do paciente, um substituto artificial, sintético ou natural. O enxerto ósseo é possível porque o tecido ósseo tem a capacidade de se regenerar completamente, desde que haja espaço para se desenvolver. À medida que o osso natural cresce, ele geralmente substitui o material do enxerto completamente, resultando em uma região totalmente integrada de novo osso.^{7,8,9}

A busca de um material para enxerto, que reduza ou elimine um sítio doador tem conduzido a avanços na área de biomateriais e tornado vários substitutos ósseos populares. Entre eles os enxertos alógenos, xenógenos e implantes aloplásticos, que têm sido usados isoladamente ou associados a enxerto autógeno, nas pesquisas de regeneração óssea.^{8,9}

O tecido ósseo autógeno é aquele que é coletado do próprio indivíduo que irá recebê-lo; já o tecido homogêneo tem origem de outro indivíduo, porém da mesma espécie; por outro lado, o tecido heterogêneo, é aquele removido de outra espécie animal; por fim, o tecido aloplástico que pode ser de origem sintética ou mineral.⁷

Há relatos que as vantagens da seleção de enxertos intra-orais em relação aos extra-orais são: menor morbidade, ausência de hospitalização, ausência de cicatriz visível, menores complicações, custo reduzido, desconforto em apenas uma área do corpo, tempo cirúrgico menor e proximidade entre a área receptora e doadora.^{2,6,7,8}

Eventualmente, reconstruções mais extensas necessitam de uma fonte de tecido ósseo maior, sendo assim, a área doadora frequentemente é de origem extrabucal, que normalmente utilizados são: calota craniana, tíbia, íliaco e costela.⁷

Entre áreas de doadoras intrabucais, pode-se citar, ramo mandibular, túber maxilar, espinha nasal anterior, mento e torús mandibular e palatino.⁷ Já com exceção do ramo mandibular e do mento, as demais áreas tem seu uso restrito devido à pequena quantidade de tecido ósseo disponível, sendo utilizados para enxertos em regiões que apresentam pequenas deficiências ósseas.⁷

Enxertos em bloco podem ser coletados da sínfise mentoniana, corpo e ramo mandibular. As diferenças anatômicas entre essas regiões resultam em morfologias ósseas diferentes, sendo a microarquitetura da sínfise mentoniana definida como corticomedular e do ramo mandibular predominantemente cortical.⁶

É fundamental que o enxerto permaneça imóvel, para que se desenvolva a neogênese e diferenciação celular osteoblástica. Os macros e micro movimentos interferem na revascularização e desencadeiam um mecanismo reparador pseudo-atrose que é a interposição de tecido conjuntivo entre as superfícies ósseas, ou um mecanismo de reabsorção acelerada do enxerto.¹

MENTO COMO ÁREA DOADORA

A utilização de enxerto ósseo autógeno removido da sínfise mandibular com o objetivo de readequar rebordos alveolares atróficos é reportada na literatura como um procedimento viável e previsível. Ainda de acordo com a literatura, essa área doadora apresenta acesso facilitado, quantidade e qualidade óssea adequada e sua origem ectomesenquimal possibilita vascularização precoce, bem como a manutenção de volume e viabilidade durante o processo de incorporação do enxerto.⁵

O mento mandibular apresenta acesso facilitado, além de quantidade e qualidade óssea adequada, o que torna essa área doadora frequentemente utilizada pelos cirurgiões no tratamento dos diferentes tipos de defeito ósseo.^{2,7,8,9}

O enxerto tem a forma de semiarco, e pode ser usado como enxerto do tipo “onlay” (sobre o rebordo), “inlay” (dentro de uma cavidade), “sandwich” (dentro e fora do rebordo remanescente, geralmente em seio maxilar) ou triturado (para preencher espaços entre blocos ou de pequenos defeitos e/ou dentro do seio maxilar).^{1,3,6,8}

O processo de remoção de enxerto é seguido de um desconforto pós-operatório pouco estudado, mas sabidamente de pequena morbidade e bem aceito pelos pacientes, desde que bem informados sobre os eventos pós-operatórios, já que a sensação de parestesia pode perdurar por mais de 12 meses.^{10,11,12,13}

Misch²⁵ fez uma comparação entre a sínfise e o ramo, sendo observado que a primeira proporcionou maior quantidade óssea (1,74 cm), blocos corticoesponjosos, maior risco de deiscência de sutura, parestesia e alteração sensorial nos incisivos inferiores. A segunda, no entanto, apresentou enxertos corticais, sem ocorrência de deiscência, parestesia ou alteração sensorial nos molares. Ainda segundo o mesmo estudo, o ramo possui maiores vantagens sobre a sínfise, porém o acesso pode ser limitado em alguns pacientes, onde o tamanho e o volume do defeito residual é que irá ditar a escolha da área doadora. O mento possui um acesso mais rápido e fácil, revasculariza mais rápido e tem um índice de reabsorção menor que o ramo, mesmo sendo clinicamente insignificante.^{1,3,7,25}

Nóia et. al. (2013)² e Andersson(2008)¹³ apresentam resultados de testes neurosensoriais onde revelaram alteração estatisticamente significativa na sensibilidade da região do mento no período de um mês após a cirurgia, outros pacientes descreveram complicações neurais, como dormência dos dentes inferiores e área vestibular. Outros também relataram aumento da sensibilidade à temperatura fria e dor leve no local doador. Além disso, alguns pacientes relataram um maior grau de dor e desconforto do que pacientes onde o ramo da mandíbula foi a área de escolha.^{3,13}

Porém Misch et. al.²² observaram que, em um total de 53 enxertos retirados da mandíbula, as complicações pós-operatórias apresentam pequena morbidade, sendo a alteração sensitiva o evento mais comum. a ocorrência de distúrbios sensitivos é um achado bastante frequente após a abordagem da região anterior da mandíbula (sínfise), no que diz respeito à remoção de enxertos ósseos; dessa forma, defendem o emprego de enxerto de ramo mandibular na reconstrução dos maxilares.²²

O enxerto de sínfise mandibular requer um período de reparação menor, quando comparado com enxertos homogêneos e técnica de regeneração tecidual

guiada. Sendo indicados, assim como os enxertos de tuberosidade de maxila, para reconstrução de pequenos defeitos.^{1,7}

A maioria dos estudos relacionados à remoção de enxertos da sínfise mandibular está mais preocupada com as características e com o aspecto do enxerto ósseo propriamente dito, do que com as alterações e os cuidados que essa remoção causará na área doadora, o que torna necessária a realização de estudos com objetivo de avaliar as alterações funcionais que ocorrem após essa modalidade de enxerto.⁵

TÉCNICA CIRÚRGICA

A técnica consiste em anestesia regional bilateral do nervo alveolar inferior, podendo haver complementação anestésica por meio de anestesia terminal infiltrativa no fundo do vestibulo e lingual dos incisivos.

O acesso cirúrgico consiste em uma incisão (lâmina 15 em bisturi) feita 5 mm abaixo da linha mucogengival entre os caninos, posteriormente é realizada uma incisão dos músculos mentais na mesma direção até atingir o periósteo. Em seguida os forames mentais de ambos os lados são observados e os limites da osteotomia são definidos em 5 mm inferior ao ápice dos dentes inferiores, 5 mm superior à margem basilar da mandíbula e 5 mm em direção medial de ambos os forames.^{1,3,4,7,8,10}

Com broca da série 700 em baixa rotação, broca trefina ou com minisserras, sempre com irrigação abundante com solução salina, delimita-se a área a ser retirada, completa-se a osteotomia, e o bloco ósseo é removido com cinzel e/ou alavancas. É difícil delimitar toda a área com osteotomia, pois a área inferior é de difícil acesso.³

A síntese é realizada em dois planos, sendo que a sutura interna envolve três pontos simples, buscando um preciso reposicionamento do músculo mental a sua posição original, com fio de sutura absorvível. Já a síntese da mucosa envolve uma sutura contínua, também com fio de nylon. Após a sutura é colocado na região uma fita de *micropore* para minimizar o edema e a formação de hematoma, que é removida após 72 horas.^{6,11}

DISCUSSÃO

É sabido que para colocação de implantes osseointegrados são necessários fatores como qualidade e quantidade óssea.^{12,13}

Alguns autores afirmam que os enxertos ósseos são amplamente indicados em reabilitações de pacientes visando tratamento com implantes osseointegráveis, nos quais a biomecânica do conjunto implante/conector/prótese requer quantidade de osso suficiente para um ótimo posicionamento, adequado diâmetro do implante, perfil de emergência dos mesmos, buscando a satisfação estético e funcional do paciente.^{7,8}

Há estudos relatando que os biomateriais como osso autógeno, homogêneo, heterogêneo e materiais aloplásticos têm sido empregados com a finalidade de readequar rebordos alveolares atroficos para posterior instalação de implantes dentários.¹⁴

Entretanto apesar de ainda gerar controvérsias e discussões, estudos mostram que o osso autógeno apresenta os melhores resultados clínicos sendo considerado o material padrão-ouro para reconstruções maxilomandibulares por possuir propriedades osteogênicas, osteoindutoras e osteocondutoras, viabilizando o sucesso a longo prazo das reabilitações.^{1,5,6}

Existe um consenso, em alguns estudos que, nas enxertias quanto a sua utilização em que, enxertos intraorais são utilizados para pequenos defeitos, já nas grandes reconstruções, em que é necessária uma quantidade de tecido ósseo bastante considerável, é indicado a remoção dos enxertos de áreas extrabuciais.^{1,3,5,7,8}

Já para alguns autores, a utilização de enxertos autógenos de origem intrabucal baseia-se no volume ósseo desejado, volume ósseo disponível e espaço da área a ser reconstituída. Além disso, a anestesia local, menor morbidade do paciente se comparada a uma cirurgia de enxerto de área extrabucal, e o fato de ser proveniente de áreas de atuação do cirurgião dentista também são fatores que influenciam em sua utilização.^{3,4}

De acordo com alguns estudos, o mento como área doadora apresenta algumas vantagens como: apresentar baixa porcentagem de reabsorção durante sua consolidação, volume ósseo para recobrir um defeito até três dentes, fornece um bloco ósseo córtico-esponjoso, qualidade do tipo D2, qualidade e quantidade óssea para os procedimentos de aumento, fácil acesso (em relação as áreas externas) e baixa morbidade.⁹

Por outro lado, outros estudos relatam as seguintes desvantagens: coleta limitada de quantidade óssea, sendo sua indicação apenas para defeitos de até três dentes e alto índice de complicações pós-operatórias.¹⁵

Já Noia et. al. 2013² observou que não ocorre aumento significativo, na espessura do tecido mole, mas que o lábio inferior tende a sofrer uma eversão após a cirurgia, sendo esse fenômeno compatível com o quadro de ptose labial.

Segundo estudos de Sindet-Pedersen 1990¹⁵, foi identificado que: entre vinte pacientes, oito apresentaram distúrbios sensoriais no pós-operatório. Após um mês, os quadros de hiperalgesia haviam desaparecido, e os quadros de hipoestesia e hipoalgesia desapareceram entre três a doze meses.^{4,15}

Um outro estudo relata que o ramo apresenta riscos operatórios e possíveis complicações pela possibilidade de atingir e secionar o feixe vâsculo-nervoso da alveolar inferior, o que pode provocar parestesia temporária ou permanente, hemorragia e hematoma. O uso indevido da força durante a remoção do enxerto ou erro da técnica operatória pode provocar fratura mandibular.^{1,3,7,8}

Entretanto, em relação ao quadro de parestesia, os pacientes apontaram que esse quadro realmente regride com o passar dos meses, conforme apontaram os testes clínicos, porém, com 12 meses, eles afirmam que a sensibilidade da região do mento ainda não retornou totalmente, sendo que isso não afeta suas atividades diárias, como a alimentação, fonação e movimentação do lábio inferior.^{2,4}

Já em relação à sensibilidade pulpar, há trabalhos que apontam que logo após a cirurgia, aproximadamente 45% dos elementos dentários mandibulares (incisivos, caninos e pré-molares) não apresentam resposta, quando submetidos ao teste de sensibilidade ao frio. Porém com passar dos meses, os estudos mostraram que os elementos dentários tendem a voltar a apresentar sensibilidade ao frio, de forma que, em 12 meses, todos responderam de forma positiva, semelhante ao pré-operatório.

CONCLUSÕES

Sendo assim, por meio do presente estudo de revisão podemos concluir que para a instalação de enxertos prévios a cirurgia de implantes, o cirurgião dentista deverá observar o tamanho do defeito ósseo afim de planejar cuidadosamente a escolha da área doadora, podendo essa ser extraoral (para áreas maiores) e intraorais (áreas menores). Podendo utilizar o mento como sítio doador de enxerto intrabucal por este ser confiável e apresentar como vantagens em relação aos enxertos extrabucais a realização do procedimento em ambiente ambulatorial, sob anestesia local, ausência de cicatriz cutânea e baixa morbidade, permitindo ainda a remoção de

maior quantidade de enxerto com característica córtico-medular, sendo uma vantagem sobre as demais áreas intrabucais a maior disponibilidade de tecido ósseo. Portanto deve o cirurgião esclarecer o paciente quanto a eventuais complicações que possam ocorrer.

SURGICAL TECHNIQUE FOR MENTAL GRAFT REMOVAL: LITERATURE REVIEW

Abstract: The rehabilitation of edentulous patients with integrable bone implants has become a treatment with high success rates, but some patients who need to undergo surgery to install dental implants have limitations such as loss of height and bone volume. The use of techniques for the reconstruction of bone defects has been shown to be very favorable. The chin with a donor area to readjust atrophic alveolar regions is reported in the literature as a viable and predictable option, with high success rates. The present study comprised the analysis of original articles that were duly published and that presented the main research variables as the central theme. Through the literature review study, it was possible to synthesize some parameters for indications, advantages and complications for the techniques of chin grafts. In summary, the chin is a reliable intraoral graft donor site, and its advantages over extraoral grafts are to perform the procedure in an outpatient setting, under local anesthesia, with no skin scar and low morbidity. And the main advantage over other intraoral areas is the greater availability of bone tissue, allowing the removal of a greater amount of graft with corticomedullary characteristics.

Key words: Bone Graft, Mandibular symphysis bone, Mentum, Mandible, dental implants

REFERÊNCIAS

1. Burgo CFS. Enxerto autógeno de Mento: Uma revisão de literatura. Monografia de pós-graduação em implantodontia apresentada ao Centro de Pós Graduação da Ciodonto, Rio de Janeiro, 2008: 76p.
2. Noia CF, Noia CF, Chessa JR, Pinto JMV, Lopes RO. Considerações atuais sobre a remoção de enxerto do mento Rev. Cir. Traumatol. Buco-Maxilo-Fac., Camaragibe v.14, n.1, p. 21-26, jan./mar. 2014. ISSN 1679-5458 (versão impressa) ISSN 1808-5210 (versão online)
3. FAVERANI LP; FERREIRA GR; SANTOS PH; ROCHA EP; Junior IRG; PASTORI CM; ASSUNÇÃO WG. Técnicas cirúrgicas para a enxertia óssea dos maxilares – revisão da literatura. Rev. Col. Bras. Cir. 2014; 41(1): 061-067
4. KLASSMAN FA; CORÓ ER; THOMÉ G; MELO ACM; SARTORI IAM. ENXERTOS ÓSSEOS AUTÓGENOS DE ÁREAS DOADORAS INTRA-BUCAIS E PROCEDIMENTOS CLÍNICOS INTEGRADOS POSSIBILITANDO REABILITAÇÃO ESTÉTICA E FUNCIONAL. RGO, Porto Alegre, v. 54, n.4, p. 388-392, out./dez. 2006
5. NOIA CF; LOPES RO; NOIA CF; VARGAS JM; MAZZONET R (IN MEMORIAM). ALTERAÇÕES FUNCIONAIS APÓS REMOÇÃO DE ENXERTO DE MENTO. ESTUDO CLÍNICO PROSPECTIVO EM 20 PACIENTES. ImplantNews 2012;9(1):69-75
6. Pereira CCS, Jardim ECG, Carvalho ACGS, Gealh WC, Marão HF, Esper HR, Júnior IRG, Técnica cirúrgica para obtenção de enxertos ósseos autógenos intrabucais em reconstruções maxilomandibulares. Rev Bras Cir Craniomaxilofac 2012; 15(2): 83-9
7. NOGUEIRA JD. MENTO COMO ÁREA DOADORA DE ENXERTOS AUTÓGENOS: REVISÃO DA LITERATURA. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Odontologia da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, para obtenção do Diploma de Cirurgião Dentista. Piracicaba, 2013. 25 p.
8. Rocha VCF, Rocha EF. ORIENTANDO SOBRE ENXERTOS ÓSSEO. Revista Academica Enxertos ósseos. 2019.
9. Desai A, Thomas R, Baron T A., Shah R, Mehta DS. Imediato aumento de rebordo 3-dimensional após a extração. J Clin Exp Dent. 2015; 7 (5): e576-83.

10. E. A. Dik, A. P. de Ruiter, A. van der Bilt, R. Koole. Effect on the contour of bone and soft tissue one year after harvesting chin bone for alveolar cleft repair. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.* 2010; 39: 962–967 doi:10.1016/j.ijom.2010.06.001, available online at <http://www.sciencedirect.com>

11. NÓIA, C. F.; ORTEGA-LOPES, R.; SATO, F. R. L.; OLATE, S. & MAZZONETTO, R. Estudio radiográfico prospectivo de la reparación ósea en sínfisis mandibular posterior a la remoción ósea de mentón. *Int. J. Morphol.*, 30(1):100-104, 2012.

12. Velasco RG, Dias PV, Velasco LG, Brito CR. Cicatrização de áreas doadoras de enxerto: observações clínicas. *Rev. Dental Press Periodontia Implantol.*, Maringá, v. 2, n. 3, p. 103-111, jul./ago./set. 2008.

13. Andersson L. Patient self-evaluation of intra-oral bone grafting treatment to the maxillary frontal region. *Dental Traumatology* 2008; 24: 164–169; doi: 10.1111/j.1600-9657.2007.00521.x

14. Craig M. Misch, DDS/Carl E. Misch, DDS, MDS/Randy R. Resnik, DMD/Yahia H. Ismail, DMD, PhD. Reconstruction of Maxillary Alveolar Defects With Mandibular Symphysis Grafts for Dental Implants: A Preliminary Procedural Report. *JOMI on CD-ROM*, 1992 Mar (360-366)

15. Alan S. Herford, DDS, MDa, Katina Nguyen, DDSb. Complex Bone Augmentation in Alveolar Ridge Defects. *Oral Maxillofacial Surg Clin N Am* 27 (2015) 227–244 <http://dx.doi.org/10.1016/j.coms.2015.01.003>1042-3699/15/\$ – see front matter _ 2015