

Perceção visual na avaliação diagnóstica em mamografia: uma revisão sistemática

Carla Lança^{1,2}, Cláudia Reis³, Luís Lança³

1. Área Científica de Ortóptica, Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa. carla.costa@estesl.ipl.pt

2. Centro de Investigação e Estudos em Saúde Pública.

3. Área Científica de Radiologia, Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa.

RESUMO: Introdução – Na avaliação diagnóstica em mamografia, o desempenho do radiologista pode estar sujeito a erros de diagnóstico. **Objetivo** – Descrever a importância da perceção visual na análise da mamografia, identificando os principais fatores que contribuem para a perceção visual do radiologista e que condicionam a acuidade diagnóstica. **Metodologia** – Estudo descritivo baseado numa revisão sistemática de literatura através da PubMed e da Science Direct. Foram incluídos 42 artigos que respeitavam, pelo menos, um dos critérios de inclusão no estudo. Para a seleção das referências foi utilizada a metodologia PRISMA, constituída por 4 fases: identificação, seleção preliminar, elegibilidade e estudos incluídos. **Resultados** – Na avaliação diagnóstica em mamografia, a perceção visual está intimamente relacionada com: 1) diferentes parâmetros visuais e da motilidade ocular (acuidade visual, sensibilidade ao contraste e à luminância e movimentos oculares); 2) com condições de visualização de uma imagem (iluminância da sala e luminância do monitor); e 3) fadiga ocular provocada pela observação diária consecutiva de imagens. **Conclusões** – A perceção visual pode ser influenciada por 3 categorias de erros observados: erros de pesquisa (lesões não são fixadas pela fóvea), erros de reconhecimento (lesões fixadas, mas não durante o tempo suficiente) e erros de decisão (lesões fixadas, mas não identificadas como suspeitas). Os estudos analisados sobre perceção visual, atenção visual e estratégia visual, bem como os estudos sobre condições de visualização não caracterizam a função visual dos observadores. Para uma avaliação correta da perceção visual em mamografia deverão ser efetuados estudos que correlacionem a função visual com a qualidade diagnóstica.

Palavras-chave: acuidade diagnóstica, erros, mamografia, perceção visual.

Visual perception and diagnostic evaluation in mammography: a systematic review

ABSTRACT: Introduction – Diagnostic evaluation in mammography could be influenced by the radiologist performance that could be under diagnostic errors. **Aims** – To describe the importance of radiologist visual perception in mammographic diagnostic evaluation and to identify the main factors that contribute to diagnostic accuracy. **Methods** – In this systematic review 42 references were included based on inclusion criteria (PubMed and Science Direct). PRISMA method was used to select the references following 4 steps: identification, screening, eligibility and included references. **Results** – Visual perception in mammography diagnostic evaluation is related with: 1) visual parameters and ocular motility (visual acuity, contrast sensitivity and luminance and ocular movements); 2) image visualization environment (room illuminance and monitor luminance); and 3) eye-strain caused by image daily consecutive observation. **Conclusions** – Visual perception can be influenced by three errors categories: search errors (lesions are never looked at with high-resolution foveal vision), recognition errors (lesions are looked at, but not long

enough to detect or recognize) and decision errors (lesions are looked at for long periods of time but are still missed). The reviewed studies concerning visual perception, visual attention, visual strategies and image visualization environment do not describe observer's visual function. An accurate evaluation of visual perception in mammography must include visual function analysis.

Keywords: diagnostic acuity, errors, mammography, visual perception.

Introdução

A mamografia tem sido utilizada como método de rastreamento radiológico, em mulheres assintomáticas com idades compreendidas entre os 45 e 69 anos de idade. Este exame radiológico, que permite identificar alterações do tecido mamário, é realizado por um técnico de radiologia, sendo posteriormente interpretado por um médico radiologista¹⁻⁴.

Na avaliação diagnóstica de uma imagem radiológica podem ocorrer erros de análise no diagnóstico, nomeadamente erros do tipo falso-positivo ou do tipo falso-negativo⁵. Sendo verdade que a especificidade e a sensibilidade da mamografia não são de 100%, os falsos positivos e os falsos negativos podem ocorrer influenciando a precisão do diagnóstico. A detetabilidade das lesões depende de vários fatores, nomeadamente das tecnologias e equipamentos utilizados (digitais ou analógicos), da técnica radiológica aplicada (designadamente parâmetros de exposição e correta técnica de posicionamento) e das características físicas das utentes (composição da mama e características das lesões). A detetabilidade das lesões é também dependente da performance dos médicos radiologistas que interpretam o exame, pois é influenciada por fatores individuais como a formação e treino específicos, a experiência e a percepção visual⁵⁻¹³.

A interpretação da imagem consiste em dois processos básicos: inspeção visual da imagem e elaboração da interpretação. Neste estudo pretende-se estudar essencialmente o processo perceptivo de inspeção visual da imagem. Na análise da percepção visual com fins de avaliação diagnóstica em mamografia, diferentes parâmetros têm de ser tomados em linha de conta. Existem, possivelmente e entre outros, erros de diagnóstico relacionados com a percepção visual, dado que há lesões que são detetadas mais tarde, retrospectivamente, ou numa segunda avaliação.

A introdução das tecnologias digitais potenciou uma melhoria na qualidade diagnóstica da imagem, devido à amplitude dinâmica de contrastes e à resolução espacial que apresenta, permitindo um estudo mais adequado de mamas mais densas e uma diferenciação dos tecidos, normais e patológicos, mais acentuada¹⁴⁻²⁰. Além disso, a possibilidade de se visualizarem os exames mamográficos em monitores de alta resolução associados a outras ferramentas específicas de melhoria da qualidade da imagem também acrescentou outras possibilidades de análise. Destacam-se o ajustamento da imagem nestes sistemas, permitido através da introdução de ferramentas de ampliação da imagem, ajuste e/ou inversão do contraste, brilho, rotação, medições, aplicação

de filtros, histogramas, reconstruções e sistemas de ajuda de deteção computadorizada (ou *computer-aided detection – CAD*)²¹⁻²⁴.

O ajustamento e a visualização de uma imagem, por parte do observador, envolvem uma adequada utilização da visão funcional que engloba o campo visual atencional e o sistema oculomotor. O olho humano adapta-se diariamente a diferentes condições e parâmetros variáveis, como a frequência espacial, o contraste, a frequência temporal, localização espacial e cor, bem como a diferentes condições de visualização, como a luminância e deslumbramento²⁵.

O estudo dos movimentos oculares durante a observação de mamografia pode ser efetuado de modo objetivo através do registo do tamanho e latência das sacadas, número e duração das fixações, duração total do olhar, assim como das regressões.

A necessidade de efetuar movimentos sacádicos relaciona-se com a acuidade visual fornecida pelo centro da retina, a fóvea. A acuidade visual é a capacidade de apreciar a forma e interpretar os detalhes e contornos dos objetos. A acuidade visual central é máxima e decresce à medida que a excentricidade aumenta²⁶, pelo que é necessário deslocar o olho para que as imagens sejam captadas por ambas as fóveas (fixação bifoveal). Por outro lado, dois conceitos assumem especial relevância: o mínimo visível, que subentende o ângulo mais pequeno que desencadeia uma resposta visual (e.g., capacidade para identificar microcalcificações); e o mínimo separável, que permite a identificação de duas formas separadas por um intervalo de dimensão conhecida, isto é, o poder de resolução da retina (e.g., capacidade para distinguir tecidos mamários com densidades semelhantes).

Na avaliação de imagens mamográficas, a iluminância do meio ambiente onde estas são visualizadas assume um papel relevante. Para baixas iluminâncias apenas estão a ser ativadas células visuais fotorreceptoras sensíveis a esse nível de iluminância, os bastonetes. Como essas células estão distribuídas de forma aleatória na periferia retiniana, o mosaico retiniano traduz uma acuidade visual mais baixa²⁷, ou seja, é necessária uma conjugação entre o ambiente da sala (luminância) e a iluminância do monitor ou do negatoscópio para garantir um ambiente favorável a um bom desempenho do observador.

A relação entre a acuidade visual e o contraste assume também especial relevância na compreensão da percepção visual²⁸. O contraste espacial é uma dimensão física que se refere à transição claro-escuro de uma fronteira ou um li-

mite num objeto²⁸. A acuidade visual traduz a capacidade de o sistema visual resolver espacialmente um determinado objeto, sob condições de alto contraste. A sensibilidade ao contraste é uma função do sistema visual que traduz o limiar mínimo de contraste para deteção de um objeto²⁹, ou seja, a capacidade de deteção de uma lesão/alteração no tecido mamário cujo contraste da imagem é baixo. As mamografias que traduzem padrões mamários predominantemente hiperdensos – como acontece na mama com tecido mamário denso e heterogéneo – apresentam um baixo contraste, podendo diminuir a sensibilidade na deteção de pequenas lesões (e.g., microcalcificações)³⁰.

Esta problemática enquadra a seguinte questão de partida: quais os fatores que condicionam a avaliação diagnóstica em mamografia face às causas mais frequentes dos erros de diagnóstico com base na perceção visual?

Neste sentido, o objetivo geral desta revisão sistemática é identificar os principais fatores que contribuem para a perceção visual do observador na análise da mamografia e que condicionam a acuidade diagnóstica.

Metodologia

Estratégia de pesquisa

Foi efetuada uma pesquisa de referências publicadas até 2011, acessíveis através da PubMed, da Science Direct e de outras fontes adicionais, com o objetivo de identificar estudos que salientem os principais fatores que contribuem para a perceção visual do radiologista e que condicionam a

acuidade diagnóstica em mamografia. Os seguintes termos foram utilizados na pesquisa: *mammography AND visual perception*.

Crítérios de elegibilidade e de seleção das referências

Como critérios de inclusão consideraram-se todas as referências que permitiam: 1) identificar as causas mais comuns dos erros de diagnóstico em mamografia; 2) identificar o papel da perceção visual na acuidade diagnóstica; e 3) identificar as estratégias visuais de leitura dos exames mamográficos.

Quanto à elegibilidade, as referências foram analisadas de forma independente por dois investigadores, com base na leitura seletiva do título, resumo e texto integral. Para a seleção das referências foi utilizada a metodologia PRISMA³¹, constituída por quatro fases (cf. Figura 1): 1) identificação; 2) seleção preliminar; 3) elegibilidade; e 4) estudos incluídos.

A fase de identificação da pesquisa completa resultou num total de 869 referências, das quais 842 resultaram da pesquisa nos motores de busca PubMed e Science Direct e 27 de resultados adicionais de outras fontes.

Na fase de seleção preliminar, após a eliminação de 4 registos duplicados, 865 referências foram sujeitas a leitura seletiva com base no título e no resumo, das quais 822 foram excluídas por não cumprirem nenhum dos 3 critérios de inclusão pré-determinados. Na fase de elegibilidade, das 43 referências selecionadas para leitura de texto integral, 42 foram incluídas por respeitarem pelo menos um dos critérios de inclusão pré-determinados.

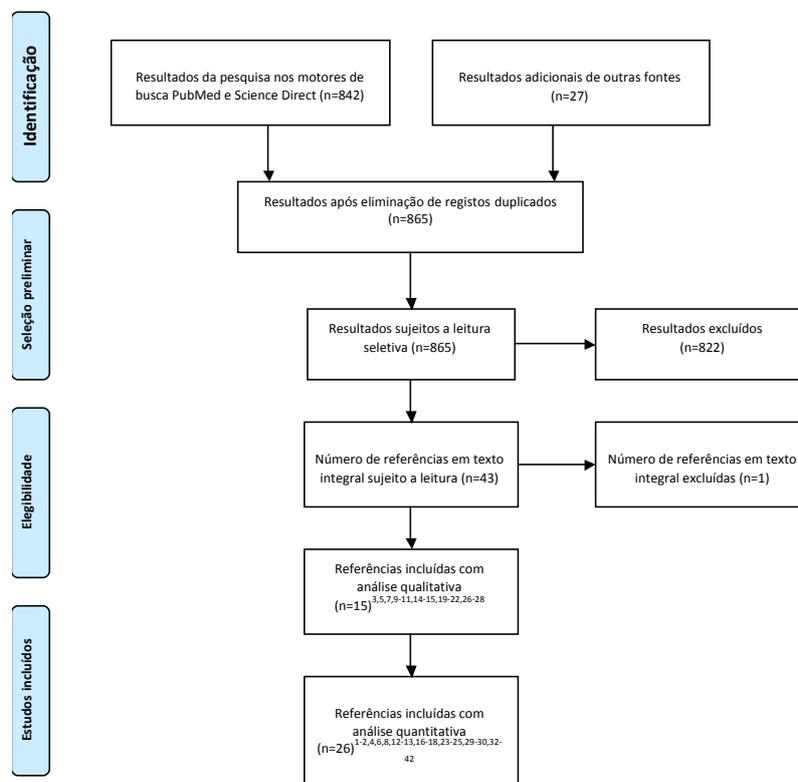


Figura 1: Metodologia de identificação e seleção das referências

Para facilitar a comparação das referências selecionadas, estas foram analisadas de acordo com os objetivos do estudo, a sua metodologia e os resultados obtidos.

Resultados

Nesta revisão sistemática pretendeu-se descrever a importância da percepção visual na análise diagnóstica da mamografia, identificando os principais fatores que contribuem para a percepção visual do radiologista e que condicionam a acuidade diagnóstica. Para responder aos objetivos traçados foram selecionadas referências que permitem responder aos critérios de inclusão pré-determinados, designadamente identificar as causas mais comuns dos erros de diagnóstico em mamografia, identificar o papel da percepção visual na acuidade diagnóstica e as estratégias visuais de leitura dos exames mamográficos. Os resultados deste estudo são apresentados de seguida, tendo em conta os critérios referidos.

Causas mais comuns dos erros de diagnóstico em mamografia

Os erros mais comuns em radiologia correspondem à falha na deteção de lesões mamárias, nódulos pulmonares e fraturas ósseas de pequenas dimensões³².

Os erros de leitura que podem ocorrer quando um exame é interpretado, podem ser sistematizados em três tipos⁵: erros de pesquisa (a lesão nunca é detetada); erros de reconhecimento (a lesão é visualizada mas não é considerada lesão); e erros de decisão (a lesão é visualizada mas não é reportada ou corretamente reportada). A ocorrência destes tipos de erros, na radiologia em geral, é condicionada por vários fatores⁷ relacionados, por exemplo, com o varrimento visual inadequado da imagem e estratégias de pesquisa por parte do observador.

Na mamografia, em particular, os erros mais comuns podem estar relacionados com ^{6,12,33-34}:

- O utente:
 - o Idade (composição tecidual da mama/sobreposição de tecidos) que pode conduzir à dissimulação das lesões;
 - o Complexidade de análise do parênquima mamário;
 - o Variação da aparência das lesões (lesões malignas mas com aparência benigna);
 - o Ausência de sinais específicos da patologia;
 - o Lesão presente em mamografia prévia.
- O observador:
 - o A experiência do radiologista (falta de conhecimentos e de experiência podem conduzir a erros de diagnóstico);
 - o A interpretação inadequada da imagem: não reconhecimento de padrões por falha na percepção visual;
 - o A deteção de múltiplas lesões na mesma imagem: identificação de uma lesão mais evidente e falha na deteção de outras lesões presentes na imagem;
 - o Os problemas na decisão ou no diagnóstico;
 - o A leitura de relatórios anteriores, os quais condicionam a pesquisa nas imagens mais recentes;
 - o A fadiga associada à leitura prolongada de exames;
- A técnica radiológica:
 - o Procedimentos técnicos inadequados na aquisição da

imagem – por incumprimento dos critérios de boa realização condicionando a visualização da estrutura anatómica, por posicionamento e compressão da estrutura, quer pela seleção de parâmetros técnicos de exposição – conduzem a exames que não apresentam corretamente toda a estrutura anatómica. Quando apresentam a estrutura anatómica, esta pode não se visualizar adequadamente por erro técnico, não sendo possível observar todos os componentes tecidulares.

Existem ainda outras fontes de erro, nomeadamente a história clínica do paciente que pode ser ambígua ou não ser apresentada, o ambiente da área de leitura (condições de visualização de uma imagem), o suporte do exame (película ou monitor) e o nível de vigilância/atenção do observador^{6-7,33}.

A Tabela 1 é ilustrativa dos erros mais comuns que ocorrem na leitura e na interpretação das imagens, na radiologia em geral, e na mamografia em particular.

Fatores que condicionam a percepção visual na acuidade diagnóstica

Na avaliação diagnóstica em mamografia, a percepção visual está intimamente relacionada com fatores de natureza interna ao observador, nomeadamente diferentes parâmetros visuais e da motilidade ocular (acuidade visual, sensibilidade ao contraste e movimentos oculares). Está também relacionada com fatores de natureza externa ao observador, como as condições de visualização de uma imagem (iluminação da sala e luminância do monitor) e ainda com fatores mistos que associam o ambiente e o observador, como é o caso da fadiga ocular provocada pela visualização de imagens consecutivamente.

Estratégias visuais de leitura dos exames mamográficos

A pesquisa bibliográfica permitiu identificar que a análise de uma imagem médica é complexa e envolve múltiplas etapas, sendo dependente da estratégia visual adotada. A interpretação da imagem consiste em dois processos básicos: inspeção visual da imagem e elaboração da interpretação. As estratégias adotadas para a leitura dos exames são influenciadas por conhecimento prévio das características gerais das imagens e da informação/história clínica do paciente⁷.

Se os observadores identificarem imediatamente uma lesão assim que a imagem é disponibilizada, a análise do *background* restante é efetuada de forma condicionada. A deteção imediata dessa lesão faz com que o observador foque a sua atenção no achado, podendo descurar uma outra alteração. Com lesões menos evidentes, a análise do *background* efetua-se de modo a integrar a alteração identificada no próprio *background* para tentar conciliar a sua percepção. O não relato da segunda lesão pode ser justificado ou por erro de percepção ou de decisão. Pelo contrário, se o observador não identificar de forma imediata uma lesão, o comportamento é diferente. Assim sendo, a identificação mais precoce ou tardia da lesão condiciona a forma como o

Tabela 1: Erros mais comuns na interpretação das imagens na radiologia em geral e na mamografia em particular

Estudo	Temática	Metodologia	Resultados
Krupinski E ⁷	A função da percepção em imagem: passado e futuro.	Revisão bibliográfica focada na evolução tecnológica, metodologias de aquisição da imagem, características do médico e erros de interpretação.	A interpretação de uma imagem consiste em dois processos básicos: inspeção visual da imagem e interpretação. Há variação na leitura dos exames, motivada pelas características cognitivas e visuais de cada leitor, bem como pelas características dos sistemas de leitura (tecnologias). Causas mais comuns de erros: varrimento da imagem inadequado, processos psicofísicos, estratégias de pesquisa. A introdução de novas tecnologias pressupõe uma atualização, educação e treino específicos para potenciar a utilização de novas ferramentas. O desenvolvimento de estratégias sistematizadas e uniformes pode melhorar e homogeneizar os resultados.
Nodine C, Kundel H, Mello-Thoms C, et al. ³⁴	Experiência e o treino em mamografia	19 Médicos internos de radiologia, 3 médicos radiologistas especializados em mamografia e 9 técnicos de radiologia especializados em mamografia, analisaram 150 imagens mamográficas (2 projeções), 1/3 das quais apresentavam lesões malignas. Os observadores interagiram com as ferramentas de visualização para indicarem a presença/ausência de patologia. O tempo de tomada de decisão foi registado.	A <i>performance</i> de resposta foi mais baixa no grupo dos médicos internos de radiologia. Os médicos menos experientes apresentaram mais falsos-positivos, mais erros de diagnóstico e um maior tempo de decisão. A falta de treino em observação e avaliação de imagens mamográficas durante o internato condiciona o desenvolvimento de aptidões na deteção de patologia mamária.
Pinto A, Acampora C, Pinto F, Kourdioukova E ³²	Aprendizagem a partir dos erros	Pesquisa bibliográfica, utilizando a PubMed, para identificação de artigos originais que apresentassem e discutissem erros no diagnóstico em radiologia. Foram analisados e discutidos 75 artigos.	A etiologia dos erros é multifatorial em radiologia: técnica inadequada ou insuficiente; falha na percepção; falta de conhecimento; julgamento inapropriado. A taxa de erro de diagnóstico em radiologia é de aproximadamente 30%. As fontes de erro são várias: história clínica, estudos anteriores, índice de suspeição, presença de anomalias, condições ambientais de leitura de exames e nível de vigilância do observador. A educação e treino específicos em análise de imagens potenciam uma redução nos erros cometidos na leitura das mesmas.
Beam C, Connat E, Sickles E ⁶	Fatores que afetam a consistência na leitura de exames em mamografia de rastreio	110 Médicos radiologistas interpretaram 148 mamografias (43% com diagnóstico de neoplasia, através de biópsia). Os observadores não tinham acesso à informação clínica do doente.	Os observadores caracterizaram as imagens de forma distinta, principalmente em imagens com patologia presente, possivelmente devido à presença multifocal da patologia. As características morfológicas da mama e a idade do paciente afetaram os resultados, bem como o nível de experiência dos profissionais. Educação e treino específicos potenciam melhorias nos resultados pela implementação de análise sistemática das imagens e relatório dos achados imagiológicos com uso de escalas normalizadas.
Mello-Thoms C, Chapman B ¹²	Análise computadorizada da frequência espacial de neoplasias mamárias	Análise da frequência espacial de 70 mamografias em 2 projeções <i>standard</i> da mama e com biópsia comprovativa de patologia (benigna e/ou maligna).	As frequências espaciais das neoplasias diferem significativamente do tecido normal. O estudo sugere que a análise da frequência espacial pode ser uma ferramenta útil, permitindo uma redução dos falsos-negativos.

observador faz o varrimento visual da imagem⁸.

A análise da estratégia visual utilizada por radiologistas experientes na detecção de lesões malignas assume um papel de relevo no que diz respeito à interpretação da mamografia. De acordo com diferentes estudos efetuados, após o registo dos movimentos oculares com um sistema de *eye tracking*, a atenção visual (processo que permite a extração das informações visuais mais relevantes) é variável e pode estar relacionada com três categorias de erros observados

em análises de imagens de diferentes tipos, incluindo a mamografia^{5,7}: 1) as lesões não são detetadas porque não são fixadas pela fóvea (erros de pesquisa); 2) as lesões são fixadas, mas não durante o tempo suficiente para serem reconhecidas como suspeitas (erros de reconhecimento); e 3) as lesões são fixadas por longos períodos de tempo, mas não identificadas como suspeitas (erros de decisão).

A Tabela 2 sistematiza os resultados de alguns estudos experimentais sobre a estratégia visual utilizada na interpreta-

Tabela 2: Resultados dos estudos experimentais sobre a estratégia visual utilizada na interpretação das imagens mamográficas

Estudo	Temática	Metodologia	Resultados
Mello-Thoms C, Hardesty L, Sumkin J, Ganott M, Hakim C, Britton C, et al. ³⁵	Estratégia visual utilizada por médicos experientes na análise da mamografia	4 Médicos experientes observaram 20 mamografias, das quais 15 continham tumores malignos e 5 não continham lesão. Foram observados os movimentos oculares, tamanho da pupila na localização da lesão, estratégia de pesquisa de lesões e o tempo de detecção da lesão.	66% das lesões malignas atraíram alguma atenção visual. O tempo de detecção da lesão foi contabilizado em 2 segundos. Os radiologistas passaram cerca de 70% do tempo a recolher informação para corroborar a sua hipótese inicial da existência de uma lesão.
Nodine CF, Mello-Thoms C, Weinstein SP, Kundel HL, Conant EF, Hellsavoy RE, et al. ³⁶	Estratégia visual utilizada por médicos experientes na análise da mamografia	4 Médicos experientes observaram 40 mamografias, das quais: 20 continham tumores malignos não detetados inicialmente (casos retrospectivos); 10 continham tumores malignos detetados inicialmente (casos prospetivos); 10 não apresentavam lesões. Foram observados os movimentos oculares, a estratégia de pesquisa de lesões e o tempo de detecção da lesão.	70% das lesões malignas retrospectivas e 50% das lesões prospetivas não atraíram atenção visual.
Nodine CF, Mello-Thoms C, Kundel HL, Weinstein SP ³⁷	Estratégia visual utilizada por técnicos de radiologia e estudantes na análise da mamografia	6 Estudantes de radiologia e 3 técnicos de radiologia observaram 20 mamografias com lesões suspeitas e 20 mamografias sem lesões. Foram observados os movimentos oculares, a estratégia de pesquisa de lesões e o tempo de detecção da lesão.	Os técnicos de radiologia detetaram 71% das lesões em 25s e os estudantes detetaram 46% das lesões em 40s.
Krupinski E ³⁸	Estratégia visual utilizada por radiologistas na análise da mamografia com lesões subclínicas	6 Radiologistas observaram 20 mamografias com pelo menos 2 lesões por imagem. Foram avaliados os movimentos oculares e registados os falsos negativos (FN) e os falsos positivos (FP).	As lesões subclínicas foram detetadas mais tarde do que as lesões evidentes. O número total de fixações aumenta nas lesões subclínicas após serem detetadas.
Andia ME, Plett J, Tejos C, Guarini MW, Navarro ME, Razmilic D, et al. ³⁹	Deteção de microcalcificações em mamografia e nódulos pulmonares na radiografia do tórax através de um algoritmo de pistas dinâmicas e sensibilidade ao movimento flicker com o sistema computacional de visão humano (HVS)	As imagens foram convertidas em sequências de vídeo, com alteração da intensidade dos pixels ao longo do tempo, introduzindo movimento temporal. A curva ROC foi utilizada para comparar a <i>performance</i> de 9 observadores.	A sequência de vídeo gerada aumentou o rácio de deteção.

ção das imagens mamográficas. Num destes estudos, sobre a atenção visual³⁵, os investigadores observaram que 66% das lesões malignas atraem a atenção visual. Nesse estudo foram analisadas imagens de 20 mamografias, das quais 15 continham tumores malignos e 5 não continham lesão. Embora o tempo de deteção da lesão tenha sido contabilizado em 2 segundos, os radiologistas que participaram no estudo passaram cerca de 70% do tempo a recolher informação para corroborarem a sua hipótese inicial da existência de uma lesão. No entanto, a atenção visual despendida na análise pode variar de acordo com o tipo de lesão. Num outro estudo *blinded review*³⁶, os investigadores verificaram que 70% das lesões malignas presentes nas mamografias (n=20), mas não diagnosticadas inicialmente na prática clínica, não atraíram a atenção visual dos observadores. Por outro lado, os investigadores verificaram que 50% das lesões malignas diagnosticadas na prática clínica (n=10) também não atraíram a atenção visual dos observadores participantes no estudo. Como controlo, foram utilizados 10 casos sem lesão.

Neste estudo foi medido o número de fixações que variaram entre os 100-200ms. Mesmo quando as zonas suspeitas foram aumentadas através de ampliação, a média da área abaixo da curva ROC (*Receiver Operating Characteristics*) não melhorou significativamente para a deteção de lesões nas mamografias, não diagnosticadas inicialmente na prática clínica, devido a um rácio de falsos-positivos elevado. No entanto, após a ampliação das zonas de lesão, foi observada uma melhoria na *performance* dos observadores nas mamografias com lesões malignas diagnosticadas inicialmente na prática clínica.

Na busca pela melhor estratégia visual para deteção de lesões suspeitas em mamografias, os investigadores compararam a *performance* de técnicos de radiologia e de estudantes de radiologia. Com uma amostra de 6 estudantes de radiologia e de 3 técnicos de radiologia experientes (observadores de 3.000 a 5.000 casos por ano), observaram a estratégia utilizada na visualização de 20 mamografias com lesões suspeitas e de 20 mamografias sem lesões. Foram estudados os movimentos oculares, a estratégia de pesquisa de lesões e o tempo de deteção da lesão. Os técnicos de radiologia detetaram 71% das lesões em 25s e os estudantes detetaram 46% das lesões em 40s³⁷.

A dificuldade na interpretação da imagem aumenta quando as lesões são subclínicas. Estudos efetuados com 20 mamografias com, pelo menos, duas lesões por imagem demonstram que os 6 radiologistas participantes detetaram as lesões subclínicas mais tarde do que as lesões evidentes³⁸.

O *Human Visual System* (HVS) é uma ferramenta utilizada para melhorar a perceção da imagem e o seu processamento, apresentando possíveis áreas de lesões ao observador. No entanto, é um sistema que tem dificuldades em detetar um objeto se o seu fundo é de textura ou intensidade semelhante, como acontece nas imagens médicas, especialmente as microcalcificações na mamografia³⁹. Um estudo recente avaliou o rácio de deteção de microcalcificações em mamografia e nódulos pulmonares na radiografia do tórax através de um algo-

ritmo de pistas dinâmicas e sensibilidade ao movimento *flicker*. Os investigadores observaram um aumento do rácio de deteção de microcalcificações pela geração de imagens numa sequência de vídeo dinâmica³⁹.

Condições de visualização de uma imagem (iluminância da sala e luminância do monitor)

Na análise dos parâmetros que podem influenciar a qualidade diagnóstica de uma imagem de mamografia são de considerar também os parâmetros relacionados com as condições de visualização. A iluminância da sala e a luminância do monitor são essenciais para a qualidade da imagem a ser analisada e a sua interpretação em mamografia, como se pode constatar na Tabela 3. Estudos recentes efetuados com imagens de um fantoma, adquiridas com o sistema CDMAM (*contrast-detail mammography*), demonstraram que uma elevada iluminância (medida em lux) da sala onde é efetuada a interpretação da imagem é prejudicial quando o monitor apresenta uma luminância (medida em cd/m^2) de 0% a 5% do máximo⁴⁰. Embora seja alcançado um elevado contraste com uma reduzida luminância do monitor, deve utilizar-se uma iluminância igual ou inferior a 5 lux para manter uma boa qualidade da interpretação. O efeito da iluminância da sala é menor quando a luminância do monitor é 20% do máximo, pelo que é mais prático utilizar este último tipo de luminância de cerca de 15 lux para um valor de 1cd/m^2 ⁴⁰.

Outros estudos corroboram a hipótese de diminuição da *performance* dos observadores com um ambiente luminoso mais elevado⁴¹. Ao analisar a *performance* de 4 radiologistas na análise de 86 mamografias (43 com massas malignas e 43 sem lesões), sob reduzidas condições de iluminância (1 lux) e elevadas condições de iluminância (50 lux), detetou-se que a área abaixo da curva ROC diminui (diminui a acuidade diagnóstica) com altos níveis de iluminância da sala.

Fadiga ocular

Estudos recentes preocuparam-se com a influência da fadiga oculomotora na acuidade diagnóstica, relacionada com o uso prolongado e contínuo da visão de perto, dos radiologistas na interpretação de exames radiológicos. A fadiga a nível oculomotor, produzida pela intensidade de trabalho ao perto, pode reduzir a precisão no diagnóstico. Num estudo onde foram medidas as capacidades acomodativas de 3 radiologistas e de 3 internos antes e depois da visualização de um conjunto de imagens digitais⁴², os investigadores detetaram que a capacidade acomodativa diminui após um dia de trabalho de visualização de imagens, o que pode afetar a precisão do diagnóstico.

Discussão e considerações finais

Esta revisão sistemática pretende descrever a importância da perceção visual na análise da mamografia, identificando os principais fatores que contribuem para a perceção visual do radiologista e que condicionam a fiabilidade diagnóstica.

Tabela 3: Resultados dos estudos experimentais sobre condições de visualização das imagens mamográficas

Estudo	Temática	Metodologia	Resultados
Chakrabarti K, Kaczmarek RV, Thomas JA, Romanyukha A. ⁴⁰	Iluminância da sala e luminância do monitor	Foi analisada a capacidade de detecção de objetos de baixo contraste de 5 observadores de acordo com os parâmetros iluminância da sala e luminância do monitor. Foi utilizado um fantoma e o CDMAM (<i>contrast-detail mammography</i>).	Uma alta iluminância da sala é prejudicial quando o monitor apresenta uma luminância máxima de 0% a 5%. O efeito da iluminância da sala é menor quando a luminância do monitor é 20% do máximo.
Pollard BJ, Samei E, Chawla AS, Baker J, Ghate S, Kim C. ⁴¹	Iluminância da sala	4 Radiologistas observaram 86 mamografias (43 com massas malignas e 43 sem lesões) sob baixas condições de luminosidade de 1 lux e altas condições de luminosidade de 50 lux. A curva ROC foi utilizada para analisar a <i>performance</i> dos observadores.	A <i>performance</i> dos observadores diminuiu com o ambiente luminoso mais elevado.

As causas mais comuns dos erros de diagnóstico em mamografia estão relacionadas com as características do paciente, do observador e da técnica mamográfica. Para minimização dos erros de diagnóstico, podem ser aplicadas várias estratégias. Uma delas envolve a melhoria do conhecimento sobre cada paciente, nomeadamente história clínica, sintomas, comparações com estudos anteriores e a observação cuidadosa das mamografias³². A melhoria das capacidades individuais é outra das estratégias que pode ser implementada e desenvolvida. Esta pode ser conseguida através de educação e treino específicos para aquisição de experiência e capacidade de identificação de vários padrões que uma lesão pode assumir^{7,32}. Neste processo deve enfatizar-se o treino da memória para que os casos mais evidentes fiquem registados e, posteriormente, se consigam identificar situações idênticas³². As sessões de treino e de aprendizagem devem ser contínuas e periódicas, permitindo que os observadores tenham um *feedback* imediato da sua *performance* para que possam aprofundar as suas capacidades de reconhecimento visual³².

O número de casos que cada observador analisa também é importante e, por isso, aconselha-se a que haja um número mínimo de exames que se devem realizar anualmente⁷.

Outra das estratégias que pode ser aplicada relaciona-se com a melhoria dos sistemas e das condições de trabalho. O diálogo com outros clínicos e outros radiologistas deve ser estimulado³².

Na avaliação diagnóstica em mamografia, a percepção visual está intimamente relacionada com os parâmetros visuais (e.g., acuidade visual, sensibilidade ao contraste e campo visual atencional) e a motilidade ocular (movimentos oculares), com condições ambientais de visualização de uma imagem (iluminância da sala e luminância do monitor) e fadiga ocular provocada pelo número de imagens observadas^{7,35-37,40-42}.

Os estudos apresentados sobre percepção visual, atenção visual e estratégia visual, bem como os estudos sobre condições de visualização, não apresentam dados de avaliação dos parâmetros visuais dos utilizadores, nomeadamente a sua função visual. Embora a maioria dos estudos^{32,35-38} refira que foram utilizados observadores experientes, não referem se a função visual desses observadores seria normal, nomeadamente a sua sensibilidade ao contraste, à luminância, entre outros parâmetros, como, por exemplo, o campo visual atencional. Assim, julga-se que estudos futuros de avaliação da percepção visual de mamografia deverão descrever de forma exaustiva os diferentes parâmetros que compõem o sistema visual e as suas funções. Por outro lado, não se consegue identificar se existem diferenças entre os observadores que utilizam correção ótica e os que não utilizam, no que diz respeito à sua percepção visual e à influência na precisão diagnóstica. A medição da sensibilidade ao contraste em radiologia parece assumir um papel de extrema relevância. Estudos recentes demonstram que a sensibilidade ao contraste pode estar reduzida devido a condições oftalmológicas e neurológicas mesmo quando a acuidade visual se encontra dentro dos parâmetros normais para a idade. A sensibilidade ao contraste fornece também dados essenciais sobre a *performance* do indivíduo²⁹.

De acordo com os diferentes estudos analisados^{5,35-36}, a atenção visual despendida na leitura dos exames mamográficos é variável e pode estar relacionada com o tipo de lesão. Podem ser referidas três categorias de erros observados em análises de imagens de diferentes tipos, incluindo a mamografia^{5,7}: erros de pesquisa (lesões não são fixadas pela fóvea), erros de reconhecimento (lesões fixadas, mas não durante o tempo suficiente) e erros de decisão (lesões fixadas, mas não identificadas como suspeitas).

Na leitura de imagens mamográficas com lesões multifocais, a identificação de uma primeira lesão condiciona a

forma como o observador faz o varrimento visual da imagem⁸. Se o observador focar a sua atenção exclusivamente no achado poderá descurar outras lesões presentes na mesma imagem.

As condições ambientais de visualização das imagens mamográficas, como a luminância do monitor e a iluminação da sala, devem ser adaptadas para não comprometerem o diagnóstico. Além disso, devem considerar-se igualmente as características físicas do monitor e as ferramentas de *software* disponíveis, já que estas também podem contribuir para uma melhor identificação de lesões⁷.

Outro dos aspetos a considerar é a fadiga a nível oculomotor produzida pela intensidade de trabalho ao perto, que pode reduzir a precisão no diagnóstico.

Referências Bibliográficas

- de Gelder R, Bulliard JL, de Wolf C, Fracheboud J, Draisma G, Schopper D, et al. Cost-effectiveness of opportunistic versus organised mammography screening in Switzerland. *Eur J Cancer*. 2009;45(1):127-38.
- Broisman A, Schlesinger T, Alfassi ZB. Measurement of the radiation dose and assessment of the risk in mammography screening for early detection of cancer of the breast, in Israel. *Radiat Prot Dosimetry*. 2011;143(1):113-6.
- Schopper D, de Wolf C. How effective are breast cancer screening programmes by mammography? Review of the current evidence. *Eur J Cancer*. 2009;45(11):1916-23.
- Baldelli P, McCullagh J, Phelan N, Flanagan F. Comprehensive dose survey of breast screening in Ireland. *Radiat Prot Dosimetry*. 2011;145(1):52-60.
- Krupinski EA. The importance of perception research in medical imaging. *Radiat Med*. 2000;18(6):329-34.
- Beam CA, Conant EF, Sickles EA. Factors affecting radiologist inconsistency in screening mammography. *Acad Radiol*. 2002;9(5):531-40.
- Krupinski EA. The role of perception in imaging: past and future. *Semin Nucl Med*. 2011;41(6):392-400.
- Mello-Thoms C. How does the perception of a lesion influence visual search strategy in mammogram reading? *Acad Radiol*. 2006;13(3):275-88.
- Manning DJ, Gale A, Krupinski EA. Perception research in medical imaging. *Br J Radiol*. 2005;78(932):683-5.
- Kundel HL. History of research in medical image perception. *J Am Coll Radiol*. 2006;3(6):402-8.
- Burgess AE. Visual perception studies and observer models in medical imaging. *Semin Nucl Med*. 2011;41(6):419-36.
- Mello-Thoms C, Chapman B. A preliminary report on the role of spatial frequency analysis in the perception of breast cancers missed at mammography screening. *Acad Radiol*. 2004;11(8):894-908.
- Bochud FO, Abbey CK, Eckstein MP. Search for lesions in mammograms: Statistical characterization of observer responses. *Med Phys*. 2004;31(1):24-36.
- Schulz-Wendtland R, Fuchsjaeger M, Wacker T, Hermann KP. Digital mammography: an update. *Eur J Radiol*. 2009;72(2):258-65.
- Dromain C, Balleyguier C, Adler G, Garbay JR, Delaloge S. Contrast-enhanced digital mammography. *Eur J Radiol*. 2009;69(1):34-42.
- Kang BJ, Kim SH, Choi BG. Comparison of full-field digital mammography workstation and conventional picture archiving and communication system in image quality and diagnostic performance. *Clin Imaging*. 2011;35(5):336-40.
- Pisano ED, Hendrick RE, Yaffe MJ, Baum JK, Acharya S, Cormack JB, et al. Diagnostic accuracy of digital versus film mammography: exploratory analysis of selected population subgroups in DMIST. *Radiology*. 2008;246(2):376-83.
- Nees AV. Digital mammography: are there advantages in screening for breast cancer? *Acad Radiol*. 2008;15(4):401-7.
- Williams MB, Yaffe MJ, Maidment AD, Martin MC, Seibert JA, Pisano ED. Image quality in digital mammography: image acquisition. *J Am Coll Radiol*. 2006;3(8):589-608.
- James JJ. The current status of digital mammography. *Clin Radiol*. 2004;59(1):1-10.
- Cowen AR. A tutorial on digital mammography imaging equipment. Part 1: Advances in image acquisition and display. *Radiography*. 1998;4(3):159-71.
- Fischer U, Hermann KP, Baum F. Digital mammography: current state and future aspects. *Eur Radiol*. 2006;16(1):38-44.
- Zanca F, Van Ongeval C, Jacobs J, Marchal G, Bosmans H. A quantitative method for evaluating the detectability of lesions in digital mammography. *Radiat Prot Dosimetry*. 2008;129(1-3):214-8.
- Cole EB, Pisano ED, Zeng D, Muller K, Aylward SR, Park S, et al. The effects of gray scale image processing on digital mammography interpretation performance. *Acad Radiol*. 2005;12(5):585-95.
- Haegerstrom-Portnoy G, Schneck ME, Brabyn JA. Seeing into old age: vision function beyond acuity. *Optom Vis Sci*. 1999;76(3):141-58.
- Ferrand L. *Psicologia cognitiva da leitura: reconhecimento das palavras escritas no adulto*. Lisboa: Instituto Piaget; 2007. ISBN 978-989-659-070-3.
- Graham CH. *Vision and visual perception*. New York: John Wiley & Sons; 1965. ISBN 978-0471321705.
- Charles KL. The organization of the retina and visual system [Internet]. *Webvision*; 2007 [cited 2012 Feb 20]. Available from: <http://webvision.med.utah.edu/book/part-viii-gabac-receptors/visual-acuity/>.
- Owsley C. Contrast sensitivity. *Ophthalmol Clin N Am*. 2003;16(2):171-7.
- Sickles EA. Breast calcifications: mammographic evaluation. *Radiology*. 1986;160(2):289-93.
- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, The PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med*.

- 2009;6(7): e1000097.
32. Pinto A, Acampora C, Pinto F, Kourdioukova E, Romano L, Verstraete K. Learning from diagnostic errors: a good way to improve education in radiology. *Eur J Radiol.* 2011;78(3):372-6.
 33. Krupinski E, Johnson J, Roehrig H, Lubin J. Using a human visual system model to optimize soft-copy mammography display: influence of display phosphor. *Acad Radiol.* 2003;10(2):161-6.
 34. Nodine CF, Kundel HL, Mello-Thoms C, Weinstein SP, Orel SG, Sullivan DC, et al. How experience and training influence mammography expertise. *Acad Radiol.* 1999;6(10):575-85.
 35. Mello-Thoms C, Hardesty L, Sumkin J, Ganott M, Hakim C, Britton C, et al. Effects of lesion conspicuity on visual search in mammogram reading. *Acad Radiol.* 2005;12(7):830-40.
 36. Nodine CF, Mello-Thoms C, Weinstein SP, Kundel HL, Conant EF, Heller-Savoy RE, et al. Breast imaging blinded review of retrospectively visible unreported breast cancers: an eye-position analysis. *Radiology.* 2001;221(1):122-9.
 37. Nodine CF, Mello-Thoms C, Kundel HL, Weinstein SP. Time course of perception and decision making during mammographic interpretation. *AJR Am J Roentgenol.* 2002;179(4):917-23.
 38. Krupinski EA. Visual search of mammographic images: influence of lesion subtlety. *Acad Radiol.* 2005;12(8):965-9.
 39. Andia ME, Plett J, Tejos C, Guarini MW, Navarro ME, Razmilic D, et al. Enhancement of visual perception with use of dynamic cues. *Radiology.* 2009;250(2):551-7.
 40. Chakrabarti K, Kaczmarek RV, Thomas JA, Romanyukha A. Effect of room illuminance on monitor black level luminance and monitor calibration. *J Digit Imaging.* 2003;16(4):350-5.
 41. Pollard BJ, Samei E, Chawla AS, Baker J, Ghate S, Kim C, et al. The influence of increased ambient lighting on mass detection in mammograms. *Acad Radiol.* 2009;16(3):299-304.
 42. Krupinski EA, Berbaum KS. Measurement of visual strain in radiologists. *Acad Radiol.* 2009;16(8):947-50.

Artigo recebido em 30.03.2012 e aprovado em 19.06.2012.