

Détection de la détérioration d'un patient : exemple d'interprofessionnalité

Antonia Blanié^{1,2}, Dan Benhamou^{1,2}

(1) Département d'anesthésie-réanimation, CHU Bicêtre, 78 rue du générale Leclerc, 94275 Le Kremlin Bicêtre.

(2) Centre de simulation LabForSIMS, Faculté de Médecine Paris Sud, 63 rue Gabriel Peri, 94276 Le Kremlin Bicêtre.

Correspondance : antonia.blanie@aphp.fr

Dans une vision globale de la gestion des risques et de la sécurité des soins, les stratégies basées sur la prévention ont été intuitivement et légitimement mises en œuvre. Connaître le risque (par une analyse à priori ou a posteriori) permettrait de l'éviter en instituant des règles de fonctionnement et une standardisation des pratiques qui éviteraient la survenue de complications. Plusieurs décennies d'effort ont montré que cette idéologie ne suffit pas et qu'elle est restée jusqu'ici peu efficace, le taux d'événements indésirables graves ayant peu changé (1). Acceptant le fait que la procéduralisation stricte ne permet pas d'éviter que certains risques ne se concrétisent, il est devenu de logique de changer de paradigme et de porter nos efforts vers une sécurité de soins proactive dans laquelle la résilience des soignants devient centrale (2). Former les professionnels de santé à détecter une évolution inhabituelle, leur donner les moyens de modifier l'évolution et modifier la culture de sécurité en introduisant de nouvelles règles relationnelles et organisationnelles, basées sur la compétence et réduisant le rôle de la hiérarchie devient primordial (3) et semble efficace (4).

I- Détection précoce de la détérioration d'un patient

a. Système de détection précoce et « early warning score »

La dégradation aigue d'un patient est souvent précédée d'une modification des paramètres physiologiques dans les 6 à 24h avant l'événement indésirable (5-7). La triade i) détection précoce ii) rapidité de la réponse et iii) adéquation de la réponse clinique est essentielle au pronostic du patient (8-12). De nombreuses études ont montré que le retard au diagnostic d'une complication augmentait le risque de mauvais pronostic (mortalité notamment) (13). Ghaferi et ses collaborateurs ont bien montré que pour un taux similaire de complications postopératoires, le taux de décès peut varier de façon très importante, traduisant le fait que la prise en charge précoce et adéquate des complications est au moins aussi importante que la prévention de ces mêmes complications (13-15). La défaillance de la récupération (une fois la complication en cours d'installation) (« failure to rescue ») et le retard de la mise en oeuvre de moyens médicaux plus lourds (« escalation of care ») en sont les mécanismes principaux. La détection doit être également « efficace » en détectant les patients qui sont réellement en train de s'aggraver et sans mettre en tension inutilement le système de soins par un appel intempestif.

Il apparaît en pratique que la détection d'une telle aggravation n'est pas toujours aisée car les signes sont incomplets, d'installation progressive et souvent trompeurs (16-17). Des systèmes pour aider à la détection précoce ont donc été élaborés. Un système d'alerte basé sur un seul paramètre physiologique (qui déclenche l'alerte) semble moins précis que l'utilisation d'un ensemble de signes physiologiques (« early warning signs »), éventuellement regroupés sous la forme d'un score de détection précoce (« early warning score ») (9,18-21).

Le concept de « early warning score » consiste en l'utilisation d'algorithme basé sur des paramètres physiologiques simples (pression artérielle, fréquence cardiaque, fréquence respiratoire, température, niveau de conscience), dont les modifications sont soit dans les limites de la normale ou sont devenues anormales (un seul état possible) soit pondérées et permettent alors de stratifier l'aggravation du patient (9,18-21). Ils sont souvent associés à

une aide à une décision : augmentation de la surveillance et /ou demande d'avis spécialisé. Dans un système d'alerte complet (« rapide response system »), ces scores peuvent être également couplés à une équipe d'intervention spécialisée parfois multidisciplinaire (infirmières et/ou médecins) (par exemple : « critical care outreach service », « Rapid Response Team », « Patient At Risk Team », « Medical Early Rapid Intervention and Therapy »). En fonction des programmes, les équipes d'intervention quand elles existent, peuvent être alertées par les infirmiers de salle directement ou via un système automatique. En pratique, de nombreux scores et/ou systèmes de détection précoce ont été développés mais ils ne sont pas nécessairement équivalents ou interchangeables (18-21). Cette situation d'aggravation progressive peut se rencontrer dans de très nombreuses situations cliniques, chez des patients médicaux ou chirurgicaux, en unité de soins conventionnelle ou au service d'accueil des urgences. Chez l'adulte, les plus connus sont le score NEWS (« National Early Warning Score ») (22), score MEWS (« Modified early warning score ») (8), score ViEWS (« VitalPAC Early Warning Score ») (23), PAR (« Patient acuity rating ») (24)... Il peut s'agir d'adultes mais également d'enfants. Chez ces derniers, la détection de l'aggravation par les modifications des constantes vitales est encore plus délicate que chez l'adulte, notamment en raison de normes des principales constantes qui varient avec l'âge. De même des scores spécifiques en obstétrique ont été développés.

Les études ont globalement confirmé la valeur prédictive d'une modification d'un tel score sur la capacité de détection précoce de détérioration de l'état des patients (24, 25). Par exemple, en post opératoire, un score (« score VieWS ») plus élevé et une augmentation de ce score les jours précédents ont été associés au développement de complications sévères (25).

b. Exemple d'un système de détection précoce : le score NEWS

Dès 2007, le Royal College of Physicians en Angleterre proposait la standardisation de la surveillance des signes vitaux chez l'adulte dans un score intitulé NEWS (« National Early Warning Score ») (Figure 1) (22) . Ce score s'est généralisé au Royaume-Uni et dans d'autres pays. Le score NEWS est constitué de 7 paramètres vitaux dont:

- i) la fréquence respiratoire
- ii) la saturation en oxygène
- iii) la température
- iv) la pression artérielle systolique
- v) la fréquence cardiaque
- vi) le niveau de conscience
- vii) l'administration ou non d'oxygène

En fonction de la valeur de chaque paramètre, des points sont attribués pour constituer un score. Le score ainsi obtenu va déterminer une réponse clinique adaptée au risque clinique, avec une fréquence de surveillance clinique et/ou avis médical et/ou transfert. (Figure 2)

Figure 1 : Score NEWS (« National Early Warning Score ») (Royal college of physicians 2012) (22)

Paramètres physiologiques	3	2	1	0	1	2	3
Fréquence respiratoire	≤8		9-11	12-20		21-24	≥25
Saturation en oxygène	≤91	92-93	94-95	≥96			
Supplémentation en oxygène		oui		non			
Température	≤35,5		35,1-36	36,1-38	38,1-39	≥39,1	
Pression artérielle systolique	≤90	91-100	101-110	111-219			≥220
Fréquence cardiaque	≤40			51-90	91-110	110-130	≥131
Niveau de conscience				conscient			Grognement, douleur, inconscient

Figure 2 : Score NEWS (« National Early Warning Score ») et réponse clinique (Royal college of physician, 2012) (22)

Scores	Réponse clinique	Risque clinique
0	Pas de changement Surveillance toutes les maximum 12h	faible
1 à 4	Surveillance toutes les 2 à 6h Avis IDE référente pour augmenter la surveillance et/ou décision avis médical	
≥1 score rouge	Surveillance horaire	moyen
5 à 6	Avis médical en urgence	
≥ 7	Surveillance continue Avis médical en extrême urgence Transfert en réanimation	élevé

c. Quel impact de ces scores sur le devenir du patient ?

Ces scores sont capables de détecter l'aggravation d'un patient mais leur impact sur le devenir du patient est moins clair (9,19,26).

L'équipe de Paterson et celle de Moon avaient retrouvé une diminution de la mortalité intrahospitalière (respectivement de 5,8% à 2,8% p=0,046 et de 1,4 à 1,2%, P<0.0001) alors qu'elle n'avait pas été retrouvée dans certaines études (27,28).

En 2014, une revue de la littérature a été réalisée sur le devenir du patient avant et après l'implémentation de score de détection précoce couplé ou non à la mise en œuvre d'une équipe d'intervention (26). Sur sept études (soit 486237 patients), les résultats sont conflictuels même si une tendance globalement positive sur le devenir des patients est observée. L'hétérogénéité des études qui utilisent différents scores et systèmes et leur caractère rétrospectif, avant-après en limitent les conclusions.

Plus récemment, une étude japonaise a retrouvé une diminution du taux des arrêts cardiaques intra-hospitaliers (de 5,21 à 2,39/1000 admissions) après l'introduction d'un algorithme de prise en charge avec une alerte automatique dès un score MEWS ≥ 7 (29).

De même, l'introduction d'un système de réponse rapide, associant score MEWS,

communication standardisée (SBAR) et équipe d'intervention, a permis de diminuer le score composite d'effets indésirables sévères (arrêt cardiaque, admission non planifiée en USI, mortalité) dans plusieurs hôpitaux en Hollande (30).

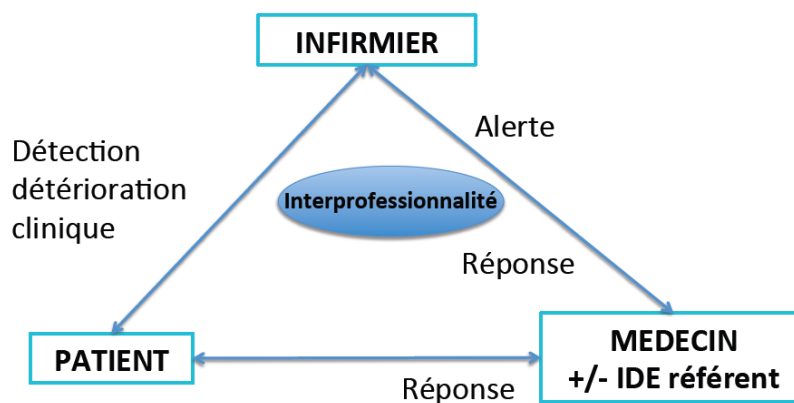
En pratique, ces scores, bien que discutés, peuvent avoir une utilité, en prodiguant une information complémentaire à celle du « *feeling* » du clinicien et faire basculer de l'incertitude d'agir vers une action immédiate. Odell et collaborateurs retrouvent que l'intuition joue un rôle important dans la détection de l'aggravation d'un patient par les infirmières et les signes vitaux ne sont souvent utilisés que pour valider cette intuition (17). Même s'il est impossible aujourd'hui de formuler une recommandation forte quant à l'utilisation de ces scores, leur déploiement aurait probablement une valeur structurante et représenterait une modalité d'amélioration de la qualité et de la sécurité des soins.

II- L'interprofessionnalité au centre du système d'alerte précoce

L'efficacité de ce système de détection précoce nécessite un travail en équipe et une bonne communication interprofessionnelle (Figure 3) (16, 31, 32).

Une fois la reconnaissance de la détérioration effectuée, l'infirmier doit être en mesure de donner l'alerte, de façon précoce et efficace, à une équipe médicale (parfois multidisciplinaire dans les pays anglosaxons) (17). La communication interprofessionnelle qui en résulte entre l'infirmier (ère) et le médecin doit être bien menée. Il a été bien montré que les défaillances de communication sont fréquentes et rencontrées dans tous les types d'institution ou de modèles de soins. Le manque de communication est un facteur de risque de complication ou de mauvaise prise en charge (32). La relation infirmière – médecin est parfois complexe avec parfois une peur d'appeler pour rien, d'attitude négative de la part du médecin (17). Il existe souvent un champ lexical différent entre le médecin et l'infirmier ce qui peut entraîner une mauvaise interprétation de la situation. L'utilisation d'un score, tel que décrit plus haut, pourrait aider à communiquer en utilisant un langage médical simple et objectif (32). Mais surtout, promouvoir l'utilisation de modes de communication standardisée, connus de chaque partenaire favorise la compréhension, le respect mutuel et accélère le processus de soins (33). La méthode SAED, version française de la méthode SBAR (« Situation, Background, Assessment, Recommendation »), publiée par la HAS en 2014, est un exemple d'outil de standardisation pour sécuriser et structurer la communication entre professionnels de santé (34). La formation à ces relations interprofessionnelles est indispensable tout le long du cursus professionnel (33,35).

Figure 3: Interprofessionnalité dans le système de détection précoce



III Quelle formation à la détection précoce de l'aggravation d'un patient

a. Programmes de formation

Pour que le système de détection précoce fonctionne, les infirmiers (ères), en première ligne dans les unités de soins, doivent être en mesure de reconnaître la détérioration clinique d'un patient et donner l'alerte à une équipe médicale. Cependant, des études ont bien montrés que la modification des signes cliniques était souvent oubliée ou sous estimée (36). Ce processus très complexe est influencé par de nombreux facteurs comme la connaissance, l'expérience et la formation (17). L'expérience est souvent le principal mode d'apprentissage de telle sorte que les soignants plus anciens ont une meilleure capacité de détection.

Des programmes de formation spécifique des soignants à la reconnaissance de la détérioration sont nécessaires tant en formation initiale que continue (33, 36). Des programmes de formation multidisciplinaire ont ainsi été développés dans les pays anglosaxons: ALERT, MFS, COMPASS, AIM (36,37). Plus spécifiquement pour les infirmiers, un projet national australien de programme de formation à la détection de la détérioration clinique appelé FIRST2ACT (« Feedback Incorporating Review and Simulation Techniques to Act on Clinical Trends ») a été développé (38). La plupart de ces programmes utilisent une approche systématique du patient avec un moyen mnémotechnique tel que ABCDE : « Airway, breathing, circulation, disability and exposure » et sont souvent couplés à la formation à une communication interprofessionnelle standardisée (par exemple la méthode SBAR). En fait, les scores de détection précoce comme décrit précédemment sont plus rarement utilisés en tant que tels dans ces programmes de formations et l'apprentissage de leur utilisation se fait lors de l'implémentation de ces systèmes d'alertes dans les hôpitaux. Mais l'éducation régulière à ce type de score est indispensable pour améliorer l'adhésion des soignants. Par exemple, un pourcentage élevé d'erreurs de calcul du score NEWS (18,9%) a été retrouvé dans l'étude de Kolic et al, impliquant alors une réponse clinique non adaptée (39).

b. La simulation comme outil d'apprentissage

En complément de la formation théorique, des sessions pratiques utilisant la simulation permettent un apprentissage expérientiel à la fois des compétences techniques (connaissances, performance clinique) mais aussi non techniques (communication, travail en équipe).

Les jeux de rôle et/ou la simulation avec mannequin haute fidélité permettent au soignant d'être immergé dans un scénario où le patient va s'aggraver (33). Dans le cadre du projet de l'université de Singapour « RAPIDS » (« Rescuing A Patient In Deteriorating Situations »), une amélioration des compétences des étudiants infirmiers était observée après des séances de simulation sur mannequin haute fidélité (40). Cependant, une des limites majeur de ce type d'outil est le temps, le grands nombre de formateur et un équipement important nécessaire tout en ne faisant passer qu'un faible nombre d'apprenant.

La simulation numérique semble être une solution, permettant une formation plus « industrielle ». L'université de Singapour a ainsi développé un outil numérique avec un patient virtuel appelé « eRAPIDS ». Il permet un apprentissage en 3 étapes sur un ordinateur avec i) des animations vidéo de dégradation de patient, ii) un guide théorique présentant les moyens mnémotechniques ABCDE et SBAR puis iii) des cas avec patients virtuels. Cet outil numérique eRAPIDS s'est avéré aussi efficace dans l'amélioration des performances des étudiants infirmiers que la formation sur mannequin (41). Cette même équipe a montré une amélioration des connaissances mais également des pratiques professionnelles infirmières (42).

Sur le même principe, l'équipe australienne FIRST2ACT a développé un programme de

simulation numérique FIRST2ACTWeb (43, 44) avec des cas virtuels de patients. Ce programme a permis, chez les étudiants infirmiers, une amélioration des connaissances et de leur confiance à reconnaître et gérer la situation (43).

En France, à notre connaissance, il n'existe pas de programme spécifique national de formation à la détection de la détérioration d'un patient. Certains instituts en soins infirmiers (IFSI) mettent en place des séances de simulation avec mannequins haute fidélité ou jeux de rôle avec des scénarios d'aggravation de patient. Notre centre de simulation LabForSIMS de la Faculté de Médecine Paris Sud en collaboration avec 4 IFSI (Sud Francilien, Paul Guiraud, Perray vauclose et Etampes) développe actuellement un jeu sérieux « LabForGames Warning » dont l'objectif est la détection de l'aggravation d'un patient. Dans ce jeu vidéo à visée pédagogique, le joueur est un infirmier qui va surveiller un patient et détecter une aggravation en l'interrogeant, relevant les signes vitaux et en surveillant d'autres paramètres. Puis un appel au médecin suivant l'approche de la méthode SAED peut être réalisé selon le degré de gravité observé. A la fin du jeu, l'étudiant a accès à son score global et détaillé ainsi qu'à un débriefing du cas. Ce jeu sérieux initialement développé pour les étudiants en soins infirmiers pourra également être utilisé pour de la formation continue.

Conclusion

La dégradation aigüe d'un patient est souvent précédée d'une modification des paramètres physiologiques. Une détection précoce avec une réponse clinique rapide et adéquate est essentielle au pronostic du patient. De nombreux scores et/ou systèmes de détection précoce (« early warning score ») ont donc été développés. Bien que l'impact clinique de ces scores soit discuté, ils peuvent avoir une utilité, en prodiguant une information complémentaire à celle du « *feeling* » du clinicien et faire basculer de l'incertitude d'agir vers une action immédiate. L'efficacité de ce système nécessite un travail en équipe et une bonne communication interprofessionnelle. Des programmes de formation spécifique à cette thématique existent mais sont encore rares en France.

REFERENCES

1. **Michel P**, Minnodier C *et al.* Réédition de l'Enquête Nationale sur les Evénements Indésirables liés aux Soins observés en établissement de santé (ENEIS 2). 2009. <http://social-sante.gouv.fr/soins-et-maladies/qualite-des-soins-et-pratiques/securite/securite-des-soins-securite-des-patients/article/publications-etudes>
2. **Braithwaite J**, Wears RL, Hollnagel E. Resilient health care : turning patient safety on its head. *Int J Qual Safety Health Care* 2015 ;27(5)/ 418-420.
3. **Schnittker R** Marshall SD. Safe anaesthetic care: further improvements require a focus on resilience. *Br J Anaesth* 2015 ;115(5) : 643-645.
4. **Young-Xu Y** et al. Association between implementation of a medical team training program and surgical morbidity. *Arch Surg.* 2011;146(12):1368-1373.
5. **Buist M**, Bernard S, Nguyenb TV, Moorea G, Anderson J. Association between clinically abnormal observations and subsequent in hospital mortality : a prospective study. *Resuscitation* 2004 ; 62 : 137-141
6. **Hillman KM**, Bristow PJ, Chey T, et al. Duration of life-threatening antecedents prior to intensive care admission. *Intensive Care Med* 2002;28:1629–34 34.
7. **Hogan H**, Healey_F, Neale G, Thomson R, Vincent C, Black N. Preventable deaths due to problems in care in english acute hospitals: a retrospective cas record review study. *BMJ Qual Sfa* 2012; 21: 737-45.

8. **Subbe CP**, Kruger M, Rutherford P, Gemmel L. Validation of a modified early warning score in medical admissions. *QJM* 2001;94:521–6.
9. **Gao H**, McDonnell A, Harrison DA et al. Systematic review and evaluation of physiological track and trigger warning systems for identifying at-risk patients on the ward. *Intensive Care Med* 2007;33:667–79.
10. **Smith GB**, Prytherch DR, Schmidt P et al. Hospital-wide physiological surveillance – a new approach to the early identification and management of the sick patient. *Resuscitation* 2006;71:19–28.
11. **Australian Commission on Safety and Quality in Healthcare**. Recognising and responding to clinical deterioration: use of observation charts to identify clinical deterioration. Australian Commission on Safety and Quality in Healthcare, 2009.
12. **Jansen JO**, Cuthbertson BH. Detecting critical illness outside the ICU: the role of track and trigger systems. *Curr Opin Crit Care* 2010;16:184–90.
13. **Ghaferi AA**, Birkmeyer JD, Dimick JB. Complications, failure to rescue, and mortality with major inpatient surgery in medicare patients. *Ann Surg* 2009;250:1029-34.
14. **Ghaferi AA**, Birkmeyer JD, Dimick JB. Variation in hospital mortality associated with inpatient surgery. *N Engl J Med* 2009;361:1368-75.
15. **Taenzer AH**, Pyke JB, McGrath SP. A review of current and emerging approaches to address failure-to-rescue. *Anesthesiology* 2011; 115:421–31.
16. **Johnston M**, Arora S, King D, Stroman L, Darzi A. Escalation of care and failure to rescue: a multicenter, multiprofessional qualitative study. *Surgery* 2014;155(6):989-94.
17. **Odell M**, Victor C, Oliver D. Nurses' role in detecting deterioration in ward patients : systemic literature review. *Journal of advanced Nursing*. 2009;65:1992-2006.
18. **Winters BD**, Pham JC, Hunt EA, Guallar E, Berenholtz S, Pronovost PJ. Rapid response systems: a systematic review. *Crit Care Med*. 2007 May;35(5):1238-43.
19. **McNeill G**, Bryden D. Do either early warning systems or emergency response teams improve hospital patient survival? A systematic review. *Resuscitation*. 2013 Dec;84(12):1652-67.
20. **Churpek MM**, Yuen TC, Edelson DP. Risk stratification of hospitalized patients on the wards. *Chest*. 2013 Jun;143(6):1758-65.
21. **Tirkkonen J**, Olkkola KT, Huhtala H, Tenhunen J, Hoppu S. Medical emergency team activation: performance of conventional dichotomised criteria versus national early warning score. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2014 Apr;58(4):411-9.
22. **Royal College of Physicians**. National Early Warning Score (NEWS): Standardising the Assessment of Acute-Illness Severity in the NHS. Report of a Working Party. London, UK: Royal College of Physicians; 2012.
23. **Prytherch DR**, Smith GB, Schmidt PE, Featherstone PI. ViEWS--Towards a national early warning score for detecting adult inpatient deterioration. *Resuscitation*. 2010 Aug;81(8):932-7.
24. **Goldhill DR**, McNarry AF, Mandersloot G, McGinley A. A physiologically-based early warning score for ward patients: the association between score and outcome. *Anaesthesia*, 2005 ; 60 :547–553.
25. **Hollis RH**, Graham LA, Lazenby JP, Brown DM, Taylor BB, Heslin MJ, Rue LW and Mary T. Hawn MT. A Role for the Early Warning Score in Early Identification of Critical Postoperative Complications. *Annals of surgery* 2015.
26. **Alam N**, Hobbelenk EL, van Tienhoven AJ, van de Ven PM, Jansma EP, Nanayakkara PW. The impact of the use of the Early Warning Score (EWS) on patient outcomes: a systematic review. *Resuscitation*. 2014 May;85(5):587-94.

27. **Paterson R**, MacLeod DC, Thetford D, Beattie A, Graham C, Lam S, Bell D. Prediction of in-hospital mortality and length of stay using an early warning scoring system: clinical audit. *Clin Med (Lond)*. 2006 May-Jun;6(3):281-4.
28. **Moon A**, Cosgrove JF, Lea D, Fairs A, Cressey DM. An eight year audit before and after the introduction of modified early warning score (MEWS) charts, of patients admitted to a tertiary referral intensive care unit after CPR. *Resuscitation*. 2011 Feb;82(2):150-4.
29. **Nishijima I**, Oyadomanri S, Maedomari S, Toma R, Kobata S et al. Use of modified early warning score system to reduce in-hospital cardiac arrest. *Journal of intensive care* 2016 4 :2.
30. **Ludikhuizen J**, Brunsveld-Reinders AH, Dijkgraaf MG, Smorenburg SM, de Rooij SE, Adams R, de Maaijer PF, Fikkers BG, Tangkau P, de Jonge E; Cost and Outcomes of Medical Emergency Teams Study Group. Outcomes Associated With the Nationwide Introduction of Rapid Response Systems in The Netherlands. *Crit Care Med*. 2015 Dec;43(12):2544-51.
31. **Nagpal K**, Arora S, Vats A, Wong HW, Sevdalis N, Vincent C, et al. Failures in communication and information transfer across the surgical care pathway: interview study. *BMJ Qual Saf* 2012;21:843-9.
32. **Mackintosh N**, Sandall J. Overcoming gendered and professional hierarchies in order to facilitate escalation of care in emergency situations : The role of standardised communication protocols. *Social Science & Medicine* 2010;71: 1683e1686.
33. **Liaw SY**, Scherpbier A, Klainin-yobas P, Tethans JJ. A review of educational strategies to improve nurses' roles in recognizing and responding to deteriorating patients. *International Nursing Review* 2011 ; 58 :296-303.
34. http://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_1776178/fr/saed-un-guide-pour-faciliter-la-communication-entre-professionnels-de-sante.
35. **Liaw SY**, Zhou WT, Lau TC, Siau C et al. An interprofessional communication training using simulation to enhance safe care for a deterioration patient. *Nurse education today*. 2014 ;259-264.
36. **Chua WL**, Mackey S, Ng EK, Liaw SY. Front line nurses' experiences with deteriorating ward patients: a qualitative study. *Int Nurs Rev*. 2013 Dec;60(4):501-9.
37. **Smith GB**, Osgood VM, Crane S. ALERT--a multiprofessional training course in the care of the acutely ill adult patient. *Resuscitation*. 2002 Mar;52(3):281-6.
38. **Bogossian F**, Cooper S, Cant R, Beauchamp A, Porter J, Kain V, Bucknall T, Phillips NM; FIRST2ACT Research Team. Undergraduate nursing students' performance in recognising and responding to sudden patient deterioration in high psychological fidelity simulated environments: an Australian multi-centre study. *Nurse Educ Today*. 2014 May;34(5):691-6.
39. **Kolic I**, Crane S, McCartney S, Perkins Z, Taylor A. Factors affecting response to national early warning score (NEWS). *Resuscitation*. 2015 May;90:85-90.
40. **Liaw SY**, Rethans JJ, Scherpbier A, Klainin-Yobas P. Rescuing A Patient In Deteriorating Situations (RAPIDS): a simulation-based educational program on recognizing, responding and reporting of physiological signs of deterioration. *Resuscitation*. 2011 Nov;82(11):1224-30.
41. **Liaw SY**, Chan SWC, Chen FG, Hooi SC, Siau C. Comparison of virtual patient simulation with mannequin-based simulation for improving clinical performances in assessing and managing clinical deterioration : randomized controlled trial. *J Med Internet Res*. 2014 Sept ; 16(9).
42. **Liaw SY**, Wong LF, Lim EY, Ang SB, Mujumdar S, Ho JT, Mordiffi SZ, Ang EN. Effectiveness of a Web-Based Simulation in Improving Nurses' Workplace Practice With

Deteriorating Ward Patients: A Pre- and Postintervention Study. *J Med Internet Res.* 2016 Feb 19;18(2):e37.

43. **Bogossian** FE, Cooper SJ, Cant R, Porter J, Forbes H; FIRST2ACT™ Research Team. A trial of e-simulation of sudden patient deterioration (FIRST2ACT WEB) on student learning. *Nurse Educ Today.* 2015 Oct;35(10):e36-42.
44. **Cooper** 2014 <http://first2actweb.com>