

Strategie per ridurre la ripetizione dei test di laboratorio nei pazienti ospedalizzati

Fondazione GIMBE*

Nel 2016 la spesa sanitaria in Italia ha raggiunto € 157,613 miliardi di cui € 112,182 di spesa pubblica e € 45,431 di spesa privata: di questi € 5,601 miliardi sono intermediati da fondi sanitari e polizze assicurative individuali e € 39,830 miliardi a carico dei cittadini¹⁻⁴. La crisi di sostenibilità del Servizio Sanitario Nazionale (SSN) ha determinato anche nel nostro Paese un crescente interesse verso la promozione di un'assistenza ad elevato *value*: tra le aree di miglioramento vi è l'uso di test diagnostici dal basso *value* che possono generare outcome avversi per il paziente⁵. Infatti, la prescrizione inappropriata di test diagnostici è molto diffusa e include prevalentemente esami ripetuti e non necessari^{5,6}: agire su quest'ambito permette sia di risparmiare preziose risorse sia di evitare danni al paziente. Considerato il grande volume di test di laboratorio richiesti nella pratica clinica, una loro complessiva riduzione può generare un notevole recupero di risorse per le strutture di ricovero⁷. Inoltre, prelievi frequenti generano disagi nei pazienti e possono causare anemia correlata all'ospedalizzazione, che si associa ad ulteriori test diagnostici, prolungamento della degenza, trasfusioni non necessarie e aumentata mortalità nei pazienti con patologie cardiopolmonari⁸⁻¹¹.

Il problema non è di facile soluzione considerata la natura multifattoriale dell'eccesso di prescrizione di test di laboratorio: medicina difensiva, incertezza diagnostica, mancata consapevolezza dei costi, assenza di feedback rispetto alla prescrizione dei test, differente background formativo dei professionisti sanitari¹²⁻¹⁴. Molte società scientifiche, tramite l'iniziativa Choosing Wisely, raccomandano di evitare la ripetizione degli esami di laboratorio¹⁵⁻¹⁷, ma tali raccomandazioni non sono sufficienti a modificare la pratica clinica¹⁸. Considerato che in quest'ambito numerosi studi documentano l'efficacia di vari interventi per ridurre i test di laboratorio inappropriati, il presente Position Statement – basato su una recente revisione sistematica della letteratura¹⁹ – ha l'obiettivo di fornire un framework multidisciplinare finalizzato a migliorare l'appropriatezza della prescrizione dei test di laboratorio di routine nei pazienti ospedalizzati e a ridurre le richieste ripetute.

1. Evidenze per la riduzione dei test di laboratorio di routine

Evidenze sempre più consistenti suggeriscono che la continua ripetizione di test di laboratorio nei pazienti

ospedalizzati comporta effetti avversi prevenibili, sia clinici (es. anemia da ospedalizzazione) sia economici (es. esecuzione di ulteriori test diagnostici). In uno studio retrospettivo su 17.676 pazienti, circa il 20% dei pazienti ospedalizzati sviluppa anemia associata all'ospedalizzazione da moderata a severa (emoglobina <11g/dL)¹⁰. Uno studio osservazionale ha trovato una correlazione diretta tra il volume di sangue ottenuto dai prelievi e la riduzione dei livelli di emoglobina. In media, per ogni 100 mL di sangue prelevato, vi è una corrispondente riduzione dell'emoglobina e dell'ematocrito rispettivamente di 0,7g/dL e 1,9%¹¹. Bassi valori di emoglobina spesso determinano l'esecuzione di ulteriori esami inducendo inevitabilmente un'ulteriore anemizzazione. Lo sviluppo di anemia acquisita in ospedale si associa ad aumento delle emotrasfusioni, prolungamento della degenza, aumento dei costi e della mortalità⁹. Inoltre, l'interpretazione dei risultati degli esami quotidiani senza considerare la probabilità pre-test della patologia ne limita il valore predittivo. Houben et al.²⁰ hanno rilevato che i risultati anomali dei test di laboratorio sono frequenti anche con una bassa probabilità pre-test di malattia: di conseguenza l'esecuzione di test di laboratorio senza una ragionevole probabilità pre-test può generare ulteriori interventi a cascata, compresi test diagnostici più avanzati, in particolare quando i risultati dei test diagnostici non rientrano nei limiti di norma²¹. Anche se i costi degli esami di laboratorio rappresentano meno del 5% della spesa ospedaliera, il loro impatto economico è molto più elevato perché i risultati dei test diagnostici influenzano circa il 60-70% di tutte le decisioni cliniche relative ad ulteriori test o procedure²².

Citazione. Fondazione GIMBE. Strategie per ridurre la ripetizione dei test di laboratorio nei pazienti ospedalizzati. Evidence 2018;10(8): e1000185.

Pubblicato 14 settembre 2018

Copyright. © 2018 Fondazione GIMBE. Questo è un articolo open access, distribuito con licenza *Creative Commons Attribution*, che ne consente l'utilizzo, la distribuzione e la riproduzione su qualsiasi supporto esclusivamente per fini non commerciali, a condizione di riportare sempre autore e citazione originale.

Fonti di finanziamento. Nessuna.

Conflitti d'interesse. Nessuno dichiarato.

Provenienza. Non commissionato, non sottoposto a peer-review.

*E-mail: nino.cartabellotta@gimbe.org

Anche se una valutazione accurata dei costi del sovrautilizzo dei prelievi ematici è difficile da stimare per le conseguenze a cascata dei test, alcuni studi hanno cercato di quantificare l'impatto economico della riduzione dei test di laboratorio non necessari. Un intervento di 11 settimane per ridurre i prelievi di routine in un servizio di chirurgia ha ridotto i costi ospedalieri per giorno-paziente da \$ 147,73 a \$ 108,11 ($P=0,002$). Un mese di intervento che prevedeva una checklist, reminder e formazione dei professionisti ha determinato un risparmio di costi stimato di \$ 709.644, prevenendo un eccesso di prelievi di circa 48 litri/anno di sangue²³. Altri studi hanno stimato un risparmio annuo dalla riduzione dei prelievi routinari tra \$ 91.793 e \$ 163.751^{24,25}.

Anche se la riduzione dei test di laboratorio ripetuti può ridurre i costi, la sicurezza dei pazienti rimane comunque la priorità. Molti studi hanno confermato che non c'è alcun aumento di eventi avversi quando vengono ridotti gli esami di laboratorio²⁶⁻²⁸. Attali et al.²⁵ hanno dimostrato che una riduzione significativa dei test di laboratorio su oltre 3 anni non ha determinato un aumento nel tasso di re-ospedalizzazione o mancate diagnosi, come iperpotassiemia o iponatremia. Analogamente Vidyarthi et al.²⁶ hanno rilevato che una riduzione cumulativa dell'8% dei test di laboratorio in un arco temporale di 3 anni non ha influenzato il tasso di re-ospedalizzazione o la mortalità. Questi dati dovrebbero convincere i medici che evitare di ripetere quotidianamente i test di laboratorio non impatta negativamente sulla sicurezza dei pazienti.

2. Interventi per ridurre la ripetizione dei test di laboratorio

Molte organizzazioni sanitarie hanno progettato e implementato interventi per ridurre il numero degli esami di routine quotidiani prescritti ai pazienti ricoverati nelle Unità Operative (U.O.) di Medicina e di Chirurgia²⁵⁻⁵⁴. I test diagnostici da ridurre variavano tra le organizzazioni e gli interventi erano finalizzati sia a test singoli che multipli^{13,25-31,33,34,36,40,45,47,48,52,53}. Le categorie di intervento principali sono focalizzate su una o più strategie: formazione, audit & feedback ai professionisti sull'appropriatezza delle prescrizioni e relative restrizioni tramite la cartella clinica elettronica. Gli interventi più efficaci hanno utilizzato approcci multifattoriali^{26-30,40,41,47,50}.

Anche se i principali destinatari di questi interventi sono i medici, recenti evidenze dimostrano che anche gli infermieri ed altri professionisti sanitari possono essere a disagio nei contesti in cui viene limitata la prescrizione dei test di laboratorio. Di conseguenza il target degli interventi dovrebbe sempre essere costituito da tutti i professionisti sanitari, e non solo dai medici prescrittori.

2.1. Formazione

Gli interventi formativi dei medici sull'appropriatezza e sui costi dei test di laboratorio hanno riportato risultati contrastanti^{13,39,43,44,52,53}. Miyakis et al.¹³ hanno formato i medici sia sui costi che sulle indicazioni appropriate per più di 25 test di laboratorio. Questo intervento formativo ha determinato una riduzione del numero di esami evitabili per giorno-paziente da 2,01 a 1,58 ($P=0,002$), anche se gli effetti dell'intervento non si sono mantenuti nel follow-up. Altri studi hanno valutato solo l'efficacia della formazione relativa ai costi dei test diagnostici, mostrati direttamente nella cartella clinica elettronica tra gli outcome variabili. Una recente revisione sistematica degli effetti della visualizzazione dei costi della prescrizione dei test di radiologia e di laboratorio ha concluso che, nella maggioranza degli studi, fornire informazioni sui costi ai medici modifica i comportamenti prescrittivi⁵⁶. Tuttavia, un successivo trial controllato randomizzato non ha rilevato alcun effetto significativo sulle pratiche prescrittive della visualizzazione degli importi per 30 diversi test di laboratorio nella cartella clinica elettronica⁵².

2.2. Audit & feedback sulle pratiche prescrittive

Diversi studi hanno utilizzato feedback, sia individuale che di team, sulle pratiche prescrittive dei test di laboratorio^{27,30-34,36,37,40}: il confronto tra pari e gli interventi mirati ai "grandi prescrittori" si sono rivelati particolarmente efficaci. Uno studio *before-after* basato sull'invio di e-mail mensili in cui si elencavano i primi 5 medici con la più elevata frequenza di prescrizioni di test di laboratorio ha dimostrato una riduzione del 10,7% ($P<0,01$) di 4 test prescritti su un periodo di oltre 7 mesi²⁷. Uno studio analogo si è focalizzato sui grandi prescrittori e ha dimostrato una riduzione del 66% delle prescrizioni di calcio ionizzato⁴⁰. Il feedback mensile tra pari di un team ospedaliero ha determinato una riduzione del 10% ($P<0,01$) dei costi per i test di laboratorio per giorno-paziente³⁰. La disponibilità di informazioni di confronto sulle pratiche prescrittive dei pari ha determinato una riduzione significativa dei test di laboratorio per giorno-paziente e dei costi associati e, in uno studio, delle re-ospedalizzazioni a 30 giorni^{31,33,34,36}. Gli approcci con feedback diretti a tutti i clinici, con report sia anonimi che individualizzati sulle pratiche prescrittive dei test di laboratorio, hanno determinato significative riduzioni delle prescrizioni^{32,36,37}.

2.3. Restrizione delle prescrizioni tramite cartella clinica elettronica

Altri interventi prevedono modifiche del flusso di lavoro nella cartella clinica elettronica per ridurre in modo immediato, ma sostenibile, i prelievi per il laboratorio^{24,25,28,42,45,46,48}.

In uno studio *before-after*, inibendo la possibilità di prescrivere test di laboratorio ripetuti è stata ridotta di circa il 20% ($P < 0.001$) il numero dei test prescritti per paziente al giorno²⁸. Un intervento simile è stato implementato in due UU.OO. dove i medici avevano la possibilità di richiedere 5 frequenti test di laboratorio solo una volta o dopo almeno 24 ore dalla precedente. Ne è risultata una riduzione del 12% ($P < 0.001$) del numero dei 5 test e del 21% ($P < 0.001$) nel numero complessivo di tutti i prelievi di laboratorio dei pazienti ricoverati che si è mantenuto per tutto l'anno successivo⁴⁵. Complessivamente la strategia basata sulla cartella clinica elettronica per limitare la possibilità dei clinici di richiedere test di laboratorio ripetuti ha determinato una consistente e sostenibile riduzione dei prelievi.

2.4. Interventi multifattoriali

La combinazione di formazione, audit & feedback sulle pratiche prescrittive dei clinici e restrizione delle prescri-

zioni tramite la cartella clinica elettronica ha dato i risultati migliori. Attali et al.²⁵, previa identificazione di un set di test di laboratorio, hanno condotto un'attività formativa sul loro impatto economico e raccomandato ai medici di prescrivere specifici test di laboratorio, piuttosto che richiederli come set predefiniti tramite prescrizione computerizzata. Il numero dei test prescritti per ricovero si è ridotto complessivamente di 97.365 in oltre 3 anni rispetto ai controlli, con un risparmio stimato di \$ 638.050. Un intervento condotto da un medico strutturato per formare i colleghi sulle conseguenze dell'uso inappropriato di test di laboratorio, eliminare la possibilità di richiedere test ripetuti nella cartella clinica elettronica e fornire un feedback sulle pratiche prescrittive ha determinato una riduzione cumulativa dell'8% nelle richieste di test di laboratorio su oltre 3 anni con un risparmio pari a \$ 2.019.000²⁶.

Un intervento simile ha determinato una riduzione dei test di laboratorio del 19% (IC 95%, 18,8%-19,2%)

Box. Piano d'implementazione multifattoriale per ridurre la ripetizione di test di laboratorio nei pazienti ospedalizzati

1. Formazione

- Definire e standardizzare le best practice in maniera condivisa. Assicurarsi che i dati siano forniti e distribuiti da professionisti autorevoli e che hanno la responsabilità di facilitare il cambiamento professionale e organizzativo⁵⁴.
- Coinvolgere un'audience multidisciplinare da tutti i dipartimenti e servizi che assistono i pazienti ospedalizzati. Il materiale educativo dovrebbe essere personalizzato per ogni specialità^{43,47}.
- Includere tutti i professionisti sanitari di tutti i livelli (medici strutturati e specializzandi, infermieri e altri professionisti sanitari) per rafforzare la cultura del cambiamento⁵⁵.
- Coinvolgere esperti senior e opinion leader locali di ogni dipartimento come docenti o almeno per una loro presenza agli eventi formativi⁵⁷. I meeting sono essenziali per rafforzare il commitment e il coinvolgimento degli opinion leader dell'organizzazione⁵⁴.
- Focalizzare i materiali formativi sull'indicazione appropriata dei vari test di laboratorio per i grandi prescrittori, con una formazione specifica sui costi associati ai test di laboratorio^{28,41,48,52,53,55,58}.
- Enfatizzare la formazione sui potenziali effetti avversi dei test ripetuti, tra cui il discomfort del paziente, l'anemia acquisita in ospedale, i costi ed eventuali test successivi^{7,9-11,19-24,37}.
- Fornire una rassicurazione *evidence-based* del fatto che ridurre i test non determina ritardi o errori diagnostici²⁵⁻²⁷.
- Incoraggiare discussioni quotidiane durante le visite per specificare il rationale clinico dei test di laboratorio e chiarire le aspettative di medici e altri professionisti sanitari^{18,33,34}.

2. Audit & feedback sulle pratiche prescrittive

- Fornire ai medici prescrittori dati in tempo reale sui loro comportamenti prescrittivi rispetto al benchmark della U.O. e dell'ospedale^{27,28,32,36,37,41}.
- Fornire ad intervalli regolari dati di confronto anonimizzati, specifici per specialità (es. confronto tra pari sull'utilizzo dei test di laboratorio)^{27,28,33,40,41}.
- Incoraggiare i grandi prescrittori a sviluppare un approccio formativo personalizzato per ridurre le prescrizioni non necessarie^{40,41}.

3. Restrizione delle prescrizioni tramite cartella clinica elettronica

- Limitare la possibilità di richiedere test di laboratorio quotidianamente. Rimuovere la funzionalità dalla maschera di richiesta quando possibile (es. identificare e rimuovere le opzioni per ripetere la richiesta di test di laboratorio da tutti i set di esami). Ove non fattibile, limitare i test predefiniti, ripetuti quotidianamente per un periodo breve e definito (es. 48 o 72 ore)^{24,25,28,29,38,42,45,46}.
- Creare alert che mostrino i risultati precedenti dei test nella norma o stabili all'atto della richiesta^{33,43,47}.
- Incoraggiare i medici verso una pratica prescrittiva riflessiva basata sull'analisi delle indicazioni cliniche, al fine di aumentare i test mirati piuttosto che ridurre complessivamente i test di laboratorio.

rispetto ai 3 anni prima dell'intervento⁴⁷. Un intervento educativo della durata di 14 mesi ha inibito anche la possibilità di richiedere test di laboratorio per oltre 2 giorni e modificato il sign-out pomeridiano al fine di includere un "time-out" per valutare la prescrizione degli esami per il giorno successivo²⁹. Questo intervento ha ridotto del 32% i costi ospedalieri per paziente ($P < 0,01$) e la durata della degenza mediana durante l'intervento da 7 a 5 giorni ($P < 0,001$)²⁹. Complessivamente, gli interventi più efficaci per ridurre la ripetizione dei test di laboratorio richiedono un approccio combinato di formazione dei professionisti, feedback sulle performance e restrizioni dei sistemi di prescrizione informatizzata.

3. Programma di implementazione

Il presente Position Statement propone un programma di implementazione multifattoriale per ridurre la ripetizione di test di laboratorio nei pazienti ospedalizzati. Le componenti di questo programma (box) devono essere consolidate attraverso la disponibilità al cambiamento all'interno dell'organizzazione⁵⁴, perché iniziative ben progettate rimangono spesso non attuate quando non vengono valutati fattori organizzativi non in linea con il cambiamento proposto (es. politiche aziendali, sistemi premianti, etc). Il programma per la riduzione dei test di laboratorio deve essere implementato nelle diverse organizzazioni tenendo conto della cultura locale rispetto a *value*, sicurezza ed efficienza. Le priorità aziendali hanno un ruolo ugualmente importante nel modificare un comportamento, così come approcci logistici ben pianificati per la messa in pratica di tali iniziative⁵⁴. Gli interventi di maggior successo descritti in letteratura hanno utilizzato un approccio multifattoriale con il coinvolgimento di opinion leader clinici e stakeholder chiave per supportare gli sforzi formativi e promuovere i cambiamenti istituzionali.

4. Conclusioni

Ridurre la ripetizione quotidiana di test di laboratorio nei pazienti ospedalizzati può prevenire effetti avversi e ridurre i costi. Gli interventi multifattoriali che comprendono formazione, audit & feedback e restrizione delle prescrizioni tramite cartella clinica elettronica hanno dato i risultati migliori per una riduzione significativa e prolungata delle richieste di test di laboratorio. Anche se la riduzione dei test di laboratorio rappresenta un solo aspetto dell'assistenza ospedaliera, un cambiamento in tal senso può avere un impatto rilevante a livello culturale. Questo intervento può catalizzare l'impegno a promuovere pratiche ad *high value* nell'intera azienda, migliorando la sicurezza, la soddisfazione e la costo-efficacia per tutti gli stakeholder.

BIBLIOGRAFIA

1. 3° Rapporto GIMBE sulla sostenibilità del Servizio Sanitario Nazionale. Fondazione GIMBE: Bologna, giugno 2018. Disponibile a: www.rapportogimbe.it. Ultimo accesso: 14 settembre 2018
2. ISTAT. Il sistema dei conti della sanità per l'Italia: anni 2012-2016. Disponibile a: www.istat.it/it/files//2017/07/CS-Sistema-dei-conti-della-sanit%C3%A0-anni-2012-2016.pdf. Ultimo accesso: 14 settembre 2018
3. Ministero dell'Economia e delle Finanze. Dipartimento della Ragioneria Generale dello Stato. Il monitoraggio della spesa sanitaria. Rapporto n° 4. Roma, luglio 2017. Disponibile a: www.rgs.mef.gov.it/_Documenti/VERSIONE-I/Attivit--i/Spesa-soci/Attivit-monitoraggio-RGS/2017/IMDSS-RS2017.pdf. Ultimo accesso: 14 settembre 2018
4. Corte dei Conti. Rapporto 2018 sul coordinamento della finanza pubblica. Roma, 12luglio 2018. Disponibile a: www.corteconti.it/export/sites/portalecdc/_documenti/controllo/sezioni_riunite/sezioni_riunite_in_sede_di_controllo/2018/rapporto_coordinamento_fp_2018.pdf. Ultimo accesso: 14 settembre 2018
5. vanWalraven C, Naylor CD. Do we know what inappropriate laboratory utilization is? a systematic review of laboratory clinical audits. *JAMA* 1998;280:550-558.
6. Winkens R, Dinant GJ. Evidence base of clinical diagnosis: rational, cost effective use of investigations in clinical practice. *BMJ* 2002;324:783-785.
7. Stuebing EA, Miner TJ. Surgical vampires and rising health care expenditure: reducing the cost of daily phlebotomy. *Arch Surg*. 2011;146(5):524-527.
8. Languasco A, Cazap N, Marciano S, et al. Hemoglobin concentration variations over time in general medical inpatients. *J Hosp Med* 2010;5:283-288.
9. Koch CG, Li L, Sun Z, et al. Hospital-acquired anemia: prevalence, outcomes, and healthcare implications. *J Hosp Med* 2013;8:506-512.
10. Salisbury AC, Reid KJ, Alexander KP, et al. Diagnostic blood loss from phlebotomy and hospital-acquired anemia during acute myocardial infarction. *Arch Intern Med* 2011;171:1646-1653.
11. Thavendiranathan P, Bagai A, Ebidia A, Detsky AS, Choudhry NK. Do blood tests cause anemia in hospitalized patients? the effect of diagnostic phlebotomy on hemoglobin and hematocrit levels. *J Gen Intern Med* 2005;20:520-524.
12. Wong ET, McCarron MM, Shaw ST Jr. Ordering of laboratory tests in a teaching hospital: can it be improved? *JAMA* 1983;249:3076-3080.
13. Miyakis S, Karamanof G, Liontos M, Mountokalakis TD. Factors contributing to inappropriate ordering of tests in an academic medical department and the effect of an educational feedback strategy. *Postgrad Med J* 2006;82:823-829.
14. Sedrak MS, Patel MS, Ziembra JB, et al. Residents' self-report on why they order perceived unnecessary inpatient laboratory tests. *J Hosp Med* 2016;11:869-872.
15. Society of Hospital Medicine—Adult Hospital Medicine: five things physicians and patients should question. Choosing Wisely website. www.choosingwisely.org/societies/society-of-hospital-medicine-adult. Published February 21,2013. Accessed July 7, 2017.

16. Internal Medicine: five things physicians and patients should question. Choosing Wisely Canada website. www.choosingwiselycanada.org/internal-medicine. Published April 2, 2014. Accessed July 7, 2017.
17. Critical Care Societies Collaborative—Critical Care: five things physicians and patients should question. Choosing Wisely website. www.choosingwisely.org/societies/critical-care-societies-collaborative-critical-care. Published January 28, 2014. Accessed 7 July 2017.
18. Rosenberg A, Agiro A, Gottlieb M, et al. Early trends among seven recommendations from the Choosing Wisely campaign. *JAMA Intern Med* 2015;175:1913-1920.
19. Eaton KP, Levy K, Soong C, Pahwa AK, Petrilli C, Ziemba JB, Cho HJ, Alban R, Blanck JF, Parsons AS. Evidence-Based Guidelines to Eliminate Repetitive Laboratory Testing. *JAMA Intern Med*. 2017;177:1833-1839.
20. Houben PH, Winkens RA, van derWeijden T, Vossen RC, Naus AJ, Grol RP. Reasons for ordering laboratory tests and relationship with frequency of abnormal results. *Scand J Prim Health Care* 2010;28:18-23.
21. Bruce CR, Fetter JE, Blumenthal-Barby JS. Cascade effects in critical care medicine: a call for practice changes. *Am J Respir Crit Care Med* 2013;188:1384-1385.
22. Forsman RW. Why is the laboratory an afterthought for managed care organizations? *ClinChem* 1996;42:813-816.
23. Ko A, Murry JS, Hoang DM, et al. High-value care in the surgical intensive care unit: effect on ancillary resources. *J Surg Res* 2016;202:455-460.
24. Procop GW, Yerian LM, Wyllie R, Harrison AM, Kottke-Marchant K. Duplicate laboratory test reduction using a clinical decision support tool. *Am J ClinPathol* 2014;141:718-723.
25. Konger RL, Ndekwe P, Jones G, et al. Reduction in unnecessary clinical laboratory testing through utilization management at a US government Veterans Affairs Hospital. *Am J ClinPathol* 2016;145:355-364.
26. Attali M, Barel Y, Somin M, et al. A cost-effective method for reducing the volume of laboratory tests in a university-associated teaching hospital. *Mt Sinai J Med*. 2006;73(5):787-794.
27. Vidyarthi AR, Hamill T, Green AL, Rosenbluth G, Baron RB. Changing resident test ordering behavior: a multilevel intervention to decrease laboratory utilization at an academic medical center. *Am J Med Qual* 2015;30:81-87.
28. Corson AH, Fan VS, White T, et al. A multifaceted hospitalist quality improvement intervention: decreased frequency of common labs. *J Hosp Med*. 2015;10:390-395.
29. Sadowski BW, Lane AB, Wood SM, Robinson SL, Kim CH. High-value, cost-conscious care: iterative systems-based interventions to reduce unnecessary laboratory testing. *Am J Med* 2017;130:1112e1-1112e7.
30. McDonald EG, Saleh RR, Lee TC. Mindfulness-based laboratory reduction: reducing utilization through trainee-led daily "time outs." *Am J Med*. 2017;130:e241-e244.
31. Lee VS, Kawamoto K, Hess R, et al. Implementation of a value-driven outcomes program to identify high variability in clinical costs and outcomes and association with reduced cost and improved quality. *JAMA* 2016;316:1061-1072.
32. Iams W, Heck J, Kapp M, et al. A multidisciplinary house staff-led initiative to safely reduce daily laboratory testing. *Acad Med* 2016;91:813-820.
33. Salman M, Pike DC, Wu R, Oncken C. Effectiveness and safety of a clinical decision rule to reduce repeat ionized calcium testing: a pre/post test intervention. *Conn Med* 2016;80:5-10.
34. Yarbrough PM, Kukhareva PV, Horton D, Edholm K, Kawamoto K. Multifaceted intervention including education, rounding checklist implementation, cost feedback, and financial incentives reduces inpatient laboratory costs. *J Hosp Med* 2016;11:348-354.
35. Tawfik B, Collins JB, Fino NF, Miller DP Jr. House officer-driven reduction in laboratory utilization. *South Med J* 2016;109:5-10.
36. Algaze CA, Wood M, Pageler NM, Sharek PJ, Longhurst CA, Shin AY. Use of a checklist and clinical decision support tool reduces laboratory use and improves cost. *Pediatrics* 2016;137:e20143019.
37. Minerowicz C, Abel N, Hunter K, Behling KC, Cerceo E, Bierl C. Impact of weekly feedback on test ordering patterns. *Am J Manag Care* 2015;21:763-768.
38. Silvestri MT, Bongiovanni TR, Glover JG, Gross CP. Impact of price display on provider ordering: a systematic review. *J Hosp Med* 2016;11:65-76.
39. Krasowski MD, Chudzick D, Dolezal A, et al. Promoting improved utilization of laboratory testing through changes in an electronic medical record: experience at an academic medical center. *BMC Med Inform Decis Mak* 2015;15:11.
40. Thakkar RN, Kim D, Knight AM, Riedel S, Vaidya D, Wright SM. Impact of an educational intervention on the frequency of daily blood test orders for hospitalized patients. *Am J ClinPathol* 2015;143:393-397.
41. Newman DB, Siontis KC, Chandrasekaran K, Jaffe AS, Kashiwagi DT. Intervention to reduce inappropriate ionized calcium ordering practices: a quality-improvement project. *Perm J* 2015;19:49-51.
42. Erlingsdóttir H, Jóhannesson A, Ásgeirsdóttir TL. Can physician laboratory-test requests be influenced by interventions? *Scand J Clin Lab Invest* 2015;75:18-26.
43. Levick DL, Stern G, Meyerhoefer CD, Levick A, Pucklavage D. Reducing unnecessary testing in a CPOE system through implementation of a targeted CDS intervention. *BMC Med Inform Decis Mak*. 2013;13:43.
44. Ellemdin S, Rheeder P, Soma P. Providing clinicians with information on laboratory test costs leads to reduction in hospital expenditure. *S Afr Med J* 2011;101:746-748.
45. Vegting IL, van Beneden M, Kramer MH, Thijs A, Kostense PJ, Nanayakkara PW. How to save costs by reducing unnecessary testing: lean thinking in clinical practice. *Eur J Intern Med* 2012;23:70-75.
46. May TA, Clancy M, Critchfield J, et al. Reducing unnecessary inpatient laboratory testing in a teaching hospital. *Am J ClinPathol* 2006;126:200-206.
47. Rosenbloom ST, Chiu KW, Byrne DW, Talbert DA, Neilson EG, Miller RA. Interventions to regulate ordering of serum magnesium levels: report of an unintended consequence of decision support. *J Am Med Inform Assoc* 2005;12:546-553.
48. Calderon-Margalit R, Mor-Yosef S, Mayer M, Adler B, Shapira SC. An administrative intervention to improve the utilization of laboratory tests within a university hospital. *Int J Qual Health Care* 2005;17:243-248.
49. Bates DW, Kuperman GJ, Jha A, et al. Does the computerized display of charges affect inpatient ancillary test utilization?

Arch Intern Med 1997;157:2501-2508.

50. Hollingworth GR, Bernstein RM, Viner GS, Remington JS, Wood WE. Prompting for cost-effective test ordering: a randomized controlled trial. *Proc AnnuSympComputAppl Med Care* 1995;635-639.

51. Spiegel JS, Shapiro MF, Berman B, Greenfield S. Changing physician test ordering in a university hospital: an intervention of physician participation, explicit criteria, and feedback. *Arch Intern Med* 1989;149:549-553.

52. Cummings KM, Frisof KB, Long MJ, Hryniewicz G. The effects of price information on physicians' test-ordering behavior: ordering of diagnostic tests. *Med Care* 1982;20:293-301.

53. Sedrak MS, Myers JS, Small DS, et al. Effect of a price transparency intervention in the electronic health record on clinician ordering of inpatient laboratory tests: the PRICE randomized clinical trial. *JAMA Intern Med* 2017;177:939-945.

54. Feldman LS, Shihab HM, Thiemann D, et al. Impact of providing fee data on laboratory test ordering: a controlled clinical trial. *JAMA Intern Med* 2013;173:903-908.

55. Gonzales R, Boscardin C, Auerbach A. Communicating context in quality improvement reports. *JAMA Intern Med* 2017;177:817-818.

56. Roman BR, Yang A, Masciale J, Korenstein D. Association of attitudes regarding overuse of inpatient laboratory testing with health care provider type. *JAMA Intern Med* 2017;177:1205-1207.

57. Smith WR. Evidence for the effectiveness of techniques to change physician behavior. *Chest* 2000;118(suppl):8S-17S.

58. Goetz C, Rotman SR, Hartoularos G, Bishop TF. The effect of charge display on cost of care and physician practice behaviors: a systematic review. *J GenInternMed* 2015;30:835-842.