

POCUS（迅速エコー）総説、 NEJM, Oct. 21, 2021

（付けたり：テルモピレー戦記）

「僻地で世界最先端」 西伊豆健育会病院早朝カンファ 仲田和正 2021. 11

Point-of-Care Ultrasonography (Review Article)

著者

José L. Díaz-Gómez, M.D., the Baylor College of Medicine, Houston

Paul H. Mayo, M.D., Donald and Barbara Zucker School of Medicine, Hempstead

Seth J. Koenig, M.D., Albert Einstein College of Medicine, New York

NEJM, Oct. 21, 2021 の総説が POCUS (Point-of-care Ultrasonography) でした。

POCUS とは放射線科医や心臓専門医によるのではなく、ベッドサイドで臨床医により行われるエコーのことです。ポイントオブケアと言うのはベッドサイドの検査という意味です。POCUS により大きなブレイクスルーが起これつつあるなというのが実感でした。

NEJM 総説「POCUS（迅速エコー）」最重要点は下記6点です。

- ① Lung sliding sign と A line だけで肺正常、B +line と胸水で肺水腫と確定できる。
- ② 呼吸困難や胸痛時、POCUS で判る以上の情報は他の画像診断でも得られない。
- ③ AI の畳み込みニューラルネットワーク (CNN) 深層学習による心エコー独習アプリ出現。
- ④ 診断エコーの学習は 25-50 例の経験を要し、手技用ガイドエコーなら 10 例必要。
- ⑤ 心肺蘇生の 10 秒間 pulse check 時、POCUS により PEA と偽 PEA を鑑別できる。
- ⑥ 扁桃周囲膿瘍は下顎にプローブ、注射針にキャップ付けて膿瘍上に当て位置確認後、穿刺。

エコーは現在、全臨床分野で使用され臨床決断が急速に変化しています。

POCUS により症例の 50%以上で診断が促進され 23%で初期診断が変更されています。

小生の整形外科でも以前は隣の処置室に移動してエコーを行っておりましたが5年程前から診察室にも1台購入して手軽にできるようになり大幅に検査数が増加しました。

今や肩の診断や手術時の腕神経叢ブロックにエコー無しなんて考えられませんし、あらゆる部位にエコーを当てるようになりました。

以前、東京のアスリード社で心エコー講習会を受けたところ隣の机にいたのが慈恵医大の検査技師でした。「えっ、ドクターがエコーをやるのですか？」と驚かれたのに驚きました。

1. Lung sliding sign と A line だけで肺正常、B +line と胸水で肺水腫と確定できる。

この総説にエコーによりどのように外来が劇的に変化するか動画が添付されています。

「運動時呼吸困難、軽度疲労を訴える老婦人。BP172/96、P102 整、R20、S02 96、JVP 正常、軽度の肺底部 crackle+、SI↑、SII↑、SIII gallop+、心雑音なし、軽度下肢浮腫+。」

上記のような心不全が疑われるこの女性に対し POCUS により鑑別診断を絞り込めると言うのです。まず肺エコーを当てて胸膜の sliding sign+ (ripple shadow)、A line があればそれだけで肺に間質浮腫はなく正常 (normal aeration、正常の含気) と判ります。下記肺エコー像を是非ご覧ください。

<https://www.youtube.com/watch?v=WiwZ9AD8TeQ>

(気胸のエコー像：sliding lung signが見えない 43 秒)

[https://www.yodosha.co.jp/rnote/echo\\_juku/echo\\_juku06.html](https://www.yodosha.co.jp/rnote/echo_juku/echo_juku06.html)

(肺エコーアドバンス 旭川医科大学 田中博志先生 羊土社 9 分 6 秒)

もし肺エコーで 1 肋間で縦のラインが 1 つなら B line で正常でもありえます。しかし 1 肋間に 3 つ以上の尾を引くオーロラのような陰影があれば B+line (ビープラスライン) であり、肺が wet であり肺水腫の存在とわかります。むろん胸水の存在もわかります。そう言えば隣町で開業の先生は X 線がないので、いつもエコーで胸水を診断して患者さんを紹介して下さいます。

胸水と B+line があれば急性肺水腫ですから、更に心エコーで心臓の収縮能低下を確認すれば、心不全による急性肺水腫とほぼ迅速に確定できるわけです。

米国 222 の医学校の 35%でエコーのトレーニングプログラムが始まったそうです。米国とカナダの心エコー学会では医学校で心血管 POCUS のカリキュラムを作りました。今、自治医大から student doctor が来ています。5 年生で学年で上位 10 位以内に入ると 6 年生では全ての卒業試験が免除され国内、海外どこにでも研修に行つてよいのです。いつも恐ろしく優秀な学生が来るので医局では皆びびります。彼女に尋ねたら sliding sign、A line、B line も普通に知っていました。

2. 呼吸困難や胸痛時、POCUS で判る以上の情報は他の画像診断でも得られない。

驚くのは ER で 2,683 人の呼吸困難患者で、冠症候群、肺炎、胸水貯留、心嚢水、気胸などの診断で POCUS と、その他胸部 X 線を含む画像診断との比較で、正確さ (accuracy) に有意差はなかったと言うのです。

128 例の prospective study でも ER での呼吸困難、胸痛に対し POCUS で判った以上の情報は胸部 X 線では得られなかったのです。ガーン！

Delphi 法による多科の専門家識者 (panel) の聴取で POCUS は COVID 診療の 9 つの領域で有効と評価しました。すなわち COVID での重症肺炎診断、初期トリアージと重層化、肺炎診断、心血管疾患診断、VTE 診断、補助呼吸の戦略決定、輸液計画、患者のモニター、周囲感染拡大予防や health care provider の感染リスク予防などです。

COVID と言えば先日、息子さん夫婦がグーグル社に勤務しているという方が外来にいらっしゃったのですが、20 年の 3 月から 1 年半以上、一切出社しておらずすべてリモート勤務だということには驚きました。日経新聞によると企業の 7 割が今後ともリモート勤務を永続させるとのことです。

田舎生活を楽しみながら働ける時代が始まりました。  
しかし医師の生活はなかなかそうもいきませんなあ。

上記のデルファイ (Delphi) 法とは予測技法の一つで複数の専門家にアンケート調査を行い、その結果を互いに参照した上で解答を繰り返すと集団の意見が収斂 (しゅうれん) していくというものです。

Delphi (Δ ε λ φ ο ι) はギリシャのアテネ西方 120 km、パルナッソス山中腹にある古代の神殿でアポロン神の神託で有名でした。小生、学生の時訪れました。ギリシャ悲劇、オイディプス王を読んでからは是非、行ってみたかったのです。

父を殺し母と交わるという Delphi のアポロン神の予言を避けようとすればするほど確実に神意は遂げられていくのです。

そしていつの間にか予言が遂げられていたことを知ったオイディプスは絶望のあまり我が手で自分の目をくり抜き放浪の旅に出ます。

エディプス・コンプレックス (男子が父親に敵意、母に愛情を持つ) はこれから来ています。

Delphi は深い緑の谷を見下ろす神秘的なところでした。神殿入口に γ ν ῶ θ ι σ ε α υ τ ὀ ν (gnōthi seauton、汝自身を知れ) という格言があると聞いていたのですが見つかりませんでした。ここからパルナッソス山を徒歩で西に降り広大なオリーブ畑を歩いていたら近所の農家の方がトヨタのトラックの荷台にアンフィサまで乗せてくれました。一緒にいた子供に「空手を知っているか？」と聞かれました。

彼等はモスラやゴジラも知っていました。

ここから更に北上シラミアを経て古戦場テルモピレーを訪ねました。

テルモピレーは紀元前 480 年ペルシャとギリシャ連合軍との古戦場でヘロドトスの「歴史」に詳細に描かれています。

現在は急峻な山の下に平野が広がっていますが、かつてはこの山の麓まで海が迫っており、通路は狭いところで 15m 位しかありませんでした。ペルシア軍 210 万 (21 万?)、

ギリシャ連合軍 7000 人前後です。しかし天然の要害の隘路でギリシャ軍は重装歩兵による密集隊形 (phalanx) で戦いました。左手に円形の大盾を、右手に 2.5m 以上の槍を持ち、

露出した右半身を右隣の兵士の盾に隠して普通は8列縦深、打撃力を要する場合はその倍の横隊を構成しました。Phalanxは指骨の意味ですが盾の間から出る槍が指のように見えるためにそう言うようです。

ペルシャ側は不死部隊 (athanatoi、アタトイ) を投入しましたが突破できません。スパルタ側は敵前で背中を見せて敗走、ペルシア軍が追撃したところで向き直り正面攻撃を行いました。しかしペルシャ側はついに山の迂回路の存在を知り迂回部隊を送ります。ギリシャ側では占師が暁とともに死の至ることを告げます。スパルタ王レオニダスは他の全同盟軍の撤退を命じスパルタ兵300名のみここに留まることとしました。

300名全員は死出の旅路に出で立つ覚悟を決め当初より遙か前方に出撃して戦います。新手のペルシャ迂回軍の来着を知るに及んで再び狭隘な地帯に退き小丘のある地点で一団となりここに陣を敷きます。まだ手に短剣を残したものは短剣を揮い武器なきものは素手や歯を用いてまで防衛に努めましたがペルシア軍はこれに矢の雨を降らせ空が暗くなるほどだったと言います。

古来この小丘には石碑がありました。小生が行った時にはこの石碑は古いものではなく新しく建てられたものでしたが古来からの同じ文が刻まれていました。

Ἦ ξ εἶν', ἀγγέλλειν Λακεδαιμονίοις ὅτι τῆδε  
κείμεθα, τοῖς κείνων ῥήμασι πειθόμενοι.  
行く人よ ラケダイモン (スパルタ) の国びとに  
ゆき伝えてよ この里に 御身らが言のままに 我等死にきと

小丘の下には現在、高速道路が通りその脇にスパルタ王レオニダスの像が立っています。像の下には *μολὼν λαβέ* (モローン ラベ) と刻まれていました。レオニダスが降伏を勧告するペルシアの使者に言った「欲しければ取れ、come and take them」という意味です。この同じ碑はスパルタの町の中央にもありました。

2015年、先の天皇皇后両陛下がペリリュー島 (パラオ) に慰霊訪問されました。1944年ペリリュー島で日本軍と米軍の死闘がありました。南北9km、東西3kmの小さな島です。米軍48,740名、日本軍10,500名で米軍は当初2、3日で片付くと見ていました。

しかし日本軍はそれまで1年に亘り硬いサンゴ礁で出来た島中に洞窟陣地を完備しており陥落までに73日かかりました。日本軍の戦死者10,022~10,695名、米軍の戦死1,684~2,336名、戦傷7,160~8,450名でした。戦死傷者は日米ほぼ1対1の比です。司令長官中川州男 (しまお) 大佐の最期の電文が「サクラ、サクラ、サクラ、我が集団の健闘を祈る」でした。サクラは「軍旗、機密書類全て焼却」を前もって取り決めた

暗号でした。日本軍の生き残りは捕虜 302 名（その多くは朝鮮出身軍属）と、戦後 1947 年 4 月までゲリラ戦を続けた 34 名だけです。

このペリリュー島に、ニミッツ太平洋艦隊司令長官により慰霊碑が建てられました。その碑文は以下の通りでテルモピレーの碑文にほぼ倣ったものであることがわかります。

Tourists from every country who visit this island should be told how courageous and patriotic were the Japanese soldiers who all died defending this island.

Pacific fleet commander in chief (USA) C.W. Nimitz

諸国からの旅人よ この島を守るため日本軍兵士がいかに勇敢かつ愛国心を持って戦い そして死んでいったかを伝えられよ  
米太平洋艦隊司令長官 C.W. ニミッツ

このペリリュー島の戦いは下記「ペリリュー 楽園のゲルニカ 全 11 巻」で漫画化されておりとても感動します。是非お読みください。小生も一気読みしてしまいました。

[https://www.amazon.co.jp/gp/product/B01IUP3YCW?ref=dbs\\_m\\_mng\\_rwt\\_calw\\_pa\\_tkin\\_0&storeType=ebooks](https://www.amazon.co.jp/gp/product/B01IUP3YCW?ref=dbs_m_mng_rwt_calw_pa_tkin_0&storeType=ebooks)

（ペリリュー 楽園のゲルニカ 武田一義、全 11 巻、Kindle 版）

### 3. AI の畳み込みニューラルネットワーク (CNN) 深層学習による心エコー独習アプリ出現。

今回、小生特に「スゲー！」と感動したのはこの総説に紹介されていた下記の JAMA Cardiology の論文です。この中の驚きの動画を是非ごらんください。

<https://jamanetwork.com/journals/jamacardiology/fullarticle/2776714>

Utility of a Deep-Learning Algorithm to Guide Novices to Acquire Echocardiograms for Limited Diagnostic Use.

このサイトの中の「MULTIMEDIA」をクリックすると下記の動画が始まります。

「Machine Learning-Guided Echocardiogram Image Acquisition 56 秒」

この論文では心エコーをマスターするためのアプリを AI による深層学習で完成させたのです。心臓専門医や検査技師の心エコープローブの動きと撮影像 500 万例を AI に深層学習で学ばせたのです。そして 8 人の素人ナースに 30 例の患者の心エコー検査を行わせ専門家とほぼ同じクオリティの 10 枚ずつの代表的画像を得ることができたというのです。

まず左傍胸骨にプローブを当てると画面右側に胸壁上のプローブの位置が表示され「反時計回りに回せ」等の指示が出ます。turn-by-turn instructions (カーナビのように分岐点で次の方向を示す)によりプローブを動かしていけば良いのです。理想的画像に近づくと画面左のメーター (quality meter) が上がります。メーターが黄色から緑になったところで自動的に撮像されます。

心エコーの独習は容易な事ではありません。

小生も心エコーはほとんど独習なのでE/A だの、E/E'、Simpson 法だのまるで自信がありません。上記の教材はアプリのみでハードは必要ありません。おそらく来年くらいからは心エコーに上記のアプリが標準装備されていくんだらうなあと思いました。今後、エコー計測からの深層学習で左・右室収縮能、心嚢液貯留、肺水腫に対する輸液の反応、腹水など、全自動化機械学習アルゴリズムの発展が期待されるとのことです。AI の深層学習の可能性はすごいなあと、ほとんど感心しました。

痛覚神経は末梢から脊髄後角に入り、ここでニューロンを乗り換えて視床に達し、さらにここでニューロンを乗り換えて大脳にいたります。

この途中に介在する脊髄後角から視床までの入力、出力は見えません。

この神経部分のことをニューラルネットワークでは隠れ層 (hidden layer) と言います。情報処理のニューラルネットワークで入力、出力の見えない隠れ層が1つ以上あるものを深層学習 (deep learning) と言います。

深層学習も年々進歩しています。従来のニューラルネットワークでは前後のニューロン同士を網羅的に結線で繋いでいました。上記アプリはCNN (convolutional neural network、畳み込みニューラルネットワーク) という深層学習で作製されました。CNN ではニューロンの結合を網羅的でなく上手に制限しかつウェイトをかけます。

CNN では例えばプーリング層と言ってあまり重要でない情報は削除します。

画像に犬が写っている場合、1枚目は画面の左に犬が、2枚目は画面の右に同じ犬が写っていたら、2枚目は必要ないので削除します。

また従来、ニューラルネットワークではS字型の logistic sigmoid 曲線の関数が使われましたが線形の rectified linear unit (正規化線形ユニット) を使うことで深層学習の学習速度は6倍程度まで高速化したとのことです。

また学習の一部を他のネットワークに転移させて行うことを転移学習 (transfer learning) と言います。

2012年に世界的な画像認識コンテスト (Image Net Large Scale Visual Recognition Challenge, ILSVRC) が行われトロント大学のヒントン氏のチームの AlexNet が圧倒的性能を発揮し、翌年以降、この大会の上位のアルゴリズムの多くが「畳み込みニューラル

ネットワーク、CNN」の手法となりました。100 万枚以上の画像データの学習に重要なのは GPU (Graphic Processing Unit: 3D グラフィックなどの画像処理を行う際の計算に特化した半導体チップ) の演算スピードだそうです。

心エコーの 10 枚の標準画像のように、エコー画像の基準 (benchmark) を作ることは畳み込みニューラルネットワーク (CNN: Convolutional Neural Network) の発展に必須です。上記の心エコー学習アプリは CNN による深層学習の成果なのです。

4. 診断エコーの学習は 25-50 例の経験を要し、手技用がドエコーなら 10 例必要。

専門家の consensus からはたいていの診断エコーの手技は 25 から 50 例の経験が必要であり、手技のガイドとしてのエコー利用なら 10 例程度の経験が必要とのこと。

放射線科医や心臓専門医が危惧しているのは未熟な臨床医による診断の質の低下です。米国心臓超音波学会 (the American Society of Echocardiography) は診断の質を担保するため、心臓エコーを行う臨床医のトレーニングを推奨しています。

2015 年の段階で POCUS を直接臨床医が行うようになり専門医へのコンサルト業務が減少しています。POCUS を行った患者でエコー精査に出されるのは 10.7% です。しかしこれは診断の質の低下や放射線科医、心臓専門医の診療報酬 (reimbursement) の減少につながる懸念されています。

NEJM, April 4, 2019 にグーグル社の医師達による「医学での機械学習」の総説がありました。  
[http://www.nishiizu.gr.jp/intro/conference/2019/conference\\_2019\\_08.pdf](http://www.nishiizu.gr.jp/intro/conference/2019/conference_2019_08.pdf)  
Machine Learning in Medicine、NEJM, April 4, 2019 西伊豆早朝カンファ

この主著者 Isaac Kohane (ハーバード大) は、「今後、特に画像診断 (放射線、病理、皮膚科) では 5 年以内に機械学習が実用化されていくだろう」と予測しています。現在の治療が将来どう変わっていくか、症例を提示しています。次の通りです。まず「現在ありそうな皮膚科診察」そして次に「将来の皮膚科診察」です。

#### 【現在ありそうな皮膚科診察】

49 歳男性が肩の無痛性発疹に気付いた。数カ月後妻に勧められ皮膚科受診、脂漏性角化症と診断。後に検診で大腸ファイバーを受けた際、ナースに 肩の斑状疹に気付かれ皮膚科再受診を勧められた。1 カ月後皮膚科で生検を受け 良性色素沈着と診断。しかし皮膚科医は疑問を持ち生検材料の second opinion を 病理医に求め、浸潤性メラノーマと確定診断。腫瘍専門医が全身化学療法を 開始したが、友人が「なぜ免疫療法を受けないのか？」と忠告した。

### 【将来の皮膚科診察】

49 歳男性、肩の発疹に気づきスマホのアプリで写真を撮ったところ即座の皮膚科受診をスマホは勧めた。保険会社も自動的に承諾、アプリにより 2 日以内に経験ある皮膚科医が予約されこの予約は自動的に患者のカレンダーにもチェックが入った。皮膚科医により生検が行われ病理医により stage I メラノーマと診断、皮膚科医により切除が行われた。

実際、既に下記の論文のように 2017 年には皮膚がん診断のアプリが実用化されています。皮膚科診断はスマホで可能な時代に入っているのです。

Esteva A et al, Dermatologist-level classification of skin cancer with deep Neural networks.

Nature, 2017; 542: 115-8

### 5. 心肺蘇生の 10 秒間 pulse check 時、POCUS により PEA と偽 PEA を鑑別できる。

POCUS に慣れると急性呼吸不全、頭蓋内圧亢進、外傷性ショックなど急速に進行する病態に対応できるようになります。

ER での重症外傷、低血圧で心エコーを POCUS で使うことにより死亡率は減少、手術までの時間が短縮されます。

COVID19 でも POCUS により意思決定までの時間短縮、トリアージ、疾患活動度のフォロー (tracking) ができました。

また CPR (心肺蘇生) のモニターにも POCUS は利用できます。

CPR 中の 10 秒間の pulse check と同時に心臓にプローブを当てれば PEA (pulseless electrical activity : 心電図は出るのに心収縮がない) の有無が判ります。

もし偽 PEA (pseudo-pulseless electrical activity) であれば治療可能です。

現在 ACLS では継続的 CPR を促すため pulse check は 10 秒間に限定しています。

POCUS により 10 秒以上となる可能性があります。逆に pulse check の時間が減少したという研究もあります。

多施設 793 例の観察研究では POCUS による心活動検出により初期蘇生から退院までで生存率が向上しました。POCUS で心活動がなければ生存確率は低くなります。

心嚢穿刺後の心嚢液確認もできます。

また CPR の際、capnography で CO<sub>2</sub> 低値 (CPR 時、呼気 CO<sub>2</sub> < 10mmHg は予後不良です)

あるいは肝静脈にエアがある場合、心臓の POCUS による確認により心肺蘇生を中止するガイドにもなります。

肝静脈のエアは下記のように見えます。

[E.PI.CA: portal venous gas - YouTube](#)

心停止後のPOCUSによる肝静脈のガス（白い点々で見え acoustic shadow を曳く）は死亡率と相関します。肝実質内のガスは関係ありません。

6. 扁桃周囲膿瘍は下顎にプローブ、注射針にキャップ付けて膿瘍上に当て位置確認後、穿刺。

この総説に紹介されていた下記論文も小生、大興奮でした。

小生、今まで扁桃周囲膿瘍穿刺は頸動脈を刺すのではと、恐る恐る穿刺していました。

下記論文中の動画を是非ご覧ください。10分程の動画ですが3分50秒位から8分位まで見れば良いです。

<http://www.emdocs.net/unlocking-common-ed-procedures-peritonsillar-abscess-drainage/>  
(telescopic submandibular approach PTA: peritonsillar abscess)

上記動画では顎下にプローブを当て注射器にキャップを付けた針を付けて穿刺場所を探り粘膜から膿瘍までの距離を測り、キャップからその距離の分だけ先端をハサミで切り落とし、そのキャップを付けてその距離以上に針が入らぬようにして、粘膜を麻酔して穿刺すればよいというのです。なるほどなあ小生、感心しきりでした。

扁桃腺周囲膿瘍でPOCUSはより効率的な穿刺、耳鼻科コンサルトの減少、CT利用の減少、再診減少、入院期間の減少につながったとのこと。

7. 小型エコーでもフルスペックのドップラー搭載が可能となったがネット接続による情報流出に注意。

POCUS技術では最近、低コストでハンディなエコーが出現、スマートフォンやタブレットにも接続可能となり、また画像を遠隔でリアルタイムでコンサルトできるようになりました。

従来のプローブは piezoelectric crystal（圧電結晶：水晶やセラミックに圧を加えると比例した電荷が現れる現象）を使用したものでしたが silicon-chip array microsensors の出現により 1つのプローブで血管、体組織の両方の画像が得られるようになりコストも下がりました。

2020年FDA (Food and Drug Administration) は小型エコー (handheld ultrasound) のフルスペック (full-spectrum) のドップラー機能搭載を許可し、これにより多彩な計測が可能となりました。左室駆出率、胸水貯留量、膀胱容量、弁膜疾患検出などが可能です。POCUSは遠隔医療、トリアージに有効で入院日数を減少させます。

ただしインターネットとの接続が可能なことから個人情報が流出して HIPAA 法 (Health Insurance Portability and Accountability Act) に抵触する場合がありますので注意とこのことです。

それでは NEJM 総説「POCUS (迅速エコー)」最重要点 6 点の怒涛の反復です。

- ① Lung sliding sign と A line だけで肺正常、B +line と胸水で肺水腫と確定できる。
- ② 呼吸困難や胸痛時、POCUS で判る以上の情報は他の画像診断でも得られない。
- ③ AI の畳み込みニューラルネットワーク (CNN) 深層学習による心エコー独習アプリ出現。
- ④ 診断エコーの学習は 25-50 例の経験を要し、手技用ガイドエコーなら 10 例必要。
- ⑤ 心肺蘇生の 10 秒間 pulse check 時、POCUS により PEA と偽 PEA を鑑別できる。
- ⑥ 扁桃周囲膿瘍は下顎にプローブ、注射針にキャップ付けて膿瘍上に当て位置確認後、穿刺。