

心電図 -自動診断と潜在リスク可視化への活用-

◎松本 悠真¹⁾
市立四日市病院¹⁾

近年機械学習や深層学習の研究の進展、コンピュータ計算性能の向上、ビッグデータと呼ばれる大規模データの活用が可能となってきたことなどの理由により、人工知能（AI）技術が世界中に注目を集めている。我々が従事する医療分野も例外ではなく、日本国内でもすでに複数の AI 搭載医療機器が承認を受けている。今回は、医療の現場で頻繁に用いられる心電図に AI を応用した取り組みについて焦点を当てていきたい。

心電図は日常診療において不可欠な診断ツールであり、幅広い疾患の診断において極めて重要な役割を果たしている。心電図の自動診断は、導入から 50 年以上が経過し、現在では多くの臨床現場で診断を補助する重要な役割を担っている。しかしながら、既存の心電図解析アルゴリズムは、いまだにかなりの割合で誤診を招くことが報告されている。心電計に搭載されている自動診断機能における解析の精度と信頼性は、雑音の除去と波形の認識、計測の精度に大きく依存する。そのため、P 波や R 波の波高が低い場合や、筋電図や交流障害などのノイズが混入した場合には波形認識が正確に行われず、診断精度が低下することがある。現在の解析精度は健診では 95%、臨床では 80%程度の精度を誇り、正常範囲の診断に関しては高い性能を誇るが、もちろん確定的なものではない。実際に不適切な自動診断が生じる状況や頻度が「心電図自動診断を考える会」によって報告されている。こうした背景から自動診断精度の向上のためにも、適切な心電図所見のビッグデータを用いた AI の導入など、より精度の高い自動診断システムの構築が期待される。

心電図自動診断に AI を導入した研究はすでに複数報告されている。2019 年 Awni らはホルター心電図の単誘導波形を用いて、53,549 人の患者の 91,232 波形の心電図波形を 10 種類の不整脈に加えて洞調律とノイズを含む、合計 12 種類のリズムに分類する研究を報告している。性能評価は専門医と比較して同等の性能を示した。また 2021 年に Hughes らは 12 誘導心電図波形を用いて、365,009 人、合計 992,748 症例の心電図波形を 38 種類の診断に分類する研究を報告している。心電図の調律だけでなく、伝導障害や心筋梗塞にまで及び様々な診断分類が行われており、38 分類のうち 32 分類において専門医と同等の診断精度が示された。さらにこの研究では AI による自動解析は、既存の自動解析システムの性能を上回る結果が得られた。

このように、これまでは不整脈の診断や虚血性心疾患の診断などを目的として利用されてきたが、疾患の発症前にその兆候を捉える AI の研究も行われている。例として、心房細動は臨床上頻回に遭遇する不整脈の一つであり、カテーテルアブレーション治療の進歩に伴って、その臨床的重要性が再認識されている。そのため心房細動を検出する意義は高いが、特に発作性心房細動の場合では無症候性や発作頻度が低く、症状があっても心電図検査では洞調律しか捉えられないことがある。しかし、洞調律時の心電図から心房細動のリスクを推定する AI モデルが、2024 年に Wu H らによって報告された。この研究における患者は 40 歳以上で、定義された除外リスト（ペーシングリズム、カテーテルアブレーション後、不整脈など）が含まれていないことと厳密な基準が設けられている。心房細動検出における研究結果は AUC が 0.80、感度 72.3%、特異度 77.7%と高い性能を示した。洞調律中であっても、心房細動リスクの検出を実現したことは臨床的に大きな意義がある。

他にも心電図から心不全早期検出など AI 技術は発展してきているが、今後さらに膨大な心電図データから様々な病態の早期発見の可能性が期待される。また心電図自動診断においても、AI 導入によって更なる精度の向上が期待されるが、診断を AI に全て任せるわけではない。あくまでも補助的役割として活用し、AI だけでなく我々も心電図の読影力は高めていかなければならない。

連絡先：市立四日市病院 059-354-1111

AI による自動計測を心エコー図検査で活かす

◎花井 甲太郎¹⁾地方独立行政法人 知多半島総合医療機構 知多半島総合医療センター¹⁾

近年，われわれの身の回りのあらゆるところに人工知能（AI）が搭載されてきている。

心エコー図検査も例外ではなく，医用画像解析におけるディープラーニングを含む AI の発展は，新たな局面の幕開けと言える。また，心エコー図学の発展に伴い多くの指標が得られるようになり，ルーチン検査で計測する項目が増え，検査手技が複雑になった。そのような背景の中で自動計測を含む AI 技術の活用は必要不可欠であるが，誤った使用や安易な判断はエコー診断においてリスクと隣り合わせであることも理解する必要がある。本講演では，主に B モード画像を使用した自動計測の活用法やその限界をお伝えしていきたい。

心エコー図検査において心腔サイズや壁厚，Volume といった計測項目は診断する上で必要不可欠な項目である。これらを自動計測することで大幅な検査時間の短縮が期待できる。また，精度管理にも AI 自動計測機能は有用であり，検査者間でのばらつきを軽減できるほか，検査精度の向上と検査者の負担軽減にも寄与できる。

特に **biplane disk summation** 法における LVEF は必須の計測項目であり，多くの治療効果判定に使用されることから，補助ツールとしては有用である。AI 自動計測は計測時相や計測箇所を示してくれることから，初心者の教育的サポートツールとしての有用性も示唆されている。自動計測によるランドマークを学ぶことにより，計測技術の向上が期待できる。このようにメリットに目を向けると非常に有用な AI 技術であるが，一方でデメリットを理解していなければ，有効活用できないどころか誤った評価をしてしまう。

AI 自動計測は撮像した断層像やドプラ波形のイメージクオリティに依存し，大きな影響を与える。すなわち，描出不良な画像は AI が計測ポイントを識別できなくなり，得られた値を鵜呑みにしてしまうと誤った結果を報告してしまうことにつながる。ここで重要なのは，良好な画像描出と正しく計測できているかを判断する力を身につけることである。つまり，「AI が正確な計測をできていない」のは，裏を返せば「検査者の描出が不十分である」と考えることができ，より良好な画像を取得することにつながる。

私個人の考え方としては，初心者のうちは自動計測を多用するのではなく，手動で計測し補助的に利用することをお勧めしたい。その理由としては，エコー機の操作に関する理解を深める必要があると感じているからである。最近のエコー機は画質調整を AI が自動で行ってくれるため，検査者自身で設定を変更することは多くない。ところが，例えば心尖部血栓を疑った場合，フォーカス位置や深度，周波数などを任意で設定し，イメージクオリティを向上させる必要がある。計測に関しても同様で，AI による自動計測が普及しても検査者による微調整が必要であると考え

る。とはいえ，今まで自動計測が搭載されたエコー機を使用できるにもかかわらず活用されていなかった方は，ぜひ使用を検討してほしいと思う。最初は慣れが必要であるが，経験を積むことによって自動計測の傾向や正しい計測ができていないかを理解できるようになる。そして今では，心エコー図検査において必要不可欠なツールであると進言できる。

最後に，AI 技術の導入により心エコー図検査の正確性や再現性が飛躍的に向上することは間違いない。しかしながら，そのリスクマネジメントを十分に理解した上で使用を検討していただきたい。AI 技術を活用しながら，最終的には自らで答えを導き出せるようなソノグラファーでありたいと思う。

連絡先：0569-89-0515

AI との付き合い方 ドプラとストレイン計測

◎鈴木 駿輔¹⁾地方独立行政法人 静岡県立病院機構 静岡県立総合病院¹⁾

近年、人工知能（AI）技術は循環器領域の画像診断においても進展を遂げており、特に心エコー図検査におけるドプラ計測やストレイン解析の自動化が急速に進んでいる。これにより、検査時間の短縮や再現性の向上が実現し、臨床検査技師の業務を大きく支援している。本講演では、AI 技術の臨床応用の実態と、それに伴うリスクマネジメントについて自験例を含めて報告する。

ドプラ計測では、AI 技術の導入によりドプラ波形のエンベロープの自動トレースで血流速度や圧較差の即時算出が可能になり、検査時間の短縮と再現性の向上が期待されている。特にこの機能の恩恵が期待できるのが心房細動例である。心房細動の場合、用手計測では 10 心拍以上の波形の平均値を求めることが推奨されている。また、簡易法として平均的な RR 間隔の 3 心拍を見極めて、最後の心拍（3 心拍目）を採用する方法もある。いずれにしても用手法では時間と労力がかかる作業ではあるが、自動計測を行うことでこの計測はワンクリックで可能となる。非常にタイムパフォーマンスに優れた機能である。

ストレイン解析では、駆出率算出時と同様に心内膜のトレースに自動計測が主に応用されている。特に臨床上ニーズが高い評価項目は Global Longitudinal Strain（GLS）である。用手法では最適な心尖部 3 断面を選び、それぞれの心内膜をトレースして GLS を算出する。最新の装置では画像サムネイル上から最適な心尖部 3 断面の画像を抽出してストレイン解析までこちらもワンクリックで算出が終了する。波形解析と比べると時間は多少必要だが、用手法で行うよりも圧倒的に時短となる。これら自動計測の現状と当院での自動計測を用いた検査フローの検討を提示したい。

非常に有用な AI 技術ではあるが、利用には慎重な対応が求められる。特に注意すべき点としてはトレースラインの確認である。通常、波形をトレースする際は「ひげ」と言われるエンベロープのアーチファクトを含めないように注意しながら行う。「ひげ」を含めてトレースしてしまうと流速を過大評価してしまう。心エコー図検査は形態学的検査でもあるため見た目の印象（評価）も重要である。弁膜症では見た目の印象により重症度評価を行うかどうかを決めることもある。そのような時に、見た目の印象と過大評価した弁口面積や逆流量では超音波所見として辻褄が合わず検査者は困ってしまう。同様にストレイン解析もトレースラインが左室壁をしっかりと追従しているかが重要な確認項目である。追従が上手くできていないときは必ず修正するべきである。経験則ではあるが追従が不十分な自動計測の GLS 値は過小評価する傾向にあると考えている。GLS は抗がん剤治療関連心筋障害の診療における心エコー図検査の評価項目の一つであり、前回値との比較が重要視されている。確認不足により GLS を過小評価してしまい患者不利益を生むようなことは絶対に避けなくていけない。当院では GLS 解析について内部精度管理の評価項目の一つとして昨年度から技師間差の検定を行っている。この内部精度管理について提示したい。

本講演で提示した AI 技術の活用や内部精度管理の取り組みは、日常診療における検査の質の向上に貢献することが期待される。しかし、AI 技術はあくまでも我々の業務を支援するツールであり、最終的な判断は臨床検査技師の専門性に委ねられる。今後も技術の進歩に柔軟に対応しながら、信頼される正確な検査と安全な医療の提供に努めていきたい。

静岡県立総合病院検査部：054-24-6111(内線 2243)