

論文内容の要旨

Automatic Diagnosis of Diabetic Retinopathy Stage Focusing Exclusively on Retinal Hemorrhage

網膜出血に着目した糖尿病網膜症病期自動診断

生体制御再生医学領域 眼科学
研究生 徳田芳浩

Medicina (Kaunas) 20 卷 58 号 (2022 年 11 月 20 日発行)掲載

網膜出血に着目した糖尿病性網膜症病期自動診断

序文

糖尿病網膜症(Diabetic Retinopathy, DR)は、視覚障害の主な原因として知られる。世界的 DR の年間発生率は 2.2%~12.7%、進行率は 3.4%~12.3%と報告があり、本邦では 1997 年の糖尿病調査(厚労省)から、糖尿病患者は 690 万人と推定された。糖尿病と診断された患者の中で男女ともに約 7 割が眼底検査を受けていたが、残り約 3 割は眼科を受診していなかった。

近年、深層学習アルゴリズムを適用した画像処理技術は非常に高い分類性能を有し、医療画像への応用は数多く報告されている。本研究では糖尿病内科受診患者を対象に、無散瞳眼底カメラと糖尿病網膜症眼底出血同定人工知能(Artificial Intelligence,以下 AI モデル)および糖尿病網膜症病期分類 Support Vector Machine (SVM モデル)を組み合わせて糖尿病網膜症病期診断を行いその性能を評価した。

対象

ツカザキ病院糖尿病内科を 2021 年 5 月 12 日から 2021 年 7 月 30 日まで受診した 293 人の糖尿病患者の内、年 1 回の眼科受診を予定していない 89 例(30.4%)を対象とした。眼底写真は、無散瞳眼底カメラ(Retina Station)を用いて無散瞳状態の右眼を撮影した。89 眼分の画像の内、不鮮明な画像であると糖尿病網膜症専門眼科医が判断した 19 例(19 枚)が除外され、70 例 70 眼の眼底画像が分析された。DR の病期分類は 3 人の糖尿病網膜症専門医が多数決方式で診断した。

AI モデル

Retina Station の画像での糖尿病網膜症出血箇所識別用の AI モデルを構築した。トレーニングデータは、糖尿病性網膜症の 300 枚の Retina Station 画像で構成され、出血点のアノテーションは網膜病専門医の指導のもとに 1 人の視能訓練士が行った。

SVM モデル (糖尿病網膜症病期診断)

AI モデルにより糖尿病網膜症出血の数を出血数、総ピクセル数を出血面積として抽出した。SVM は軽度以上の非増殖性 DR(non-proliferative DR, NPDR)および中等度以上の NPDR との分類の精度を比較するために使用した。この SVM モデルは、87 枚の糖尿病網膜症データセット(DR を認めない 11 枚、軽度 NPDR25 枚、中等度 NPDR32 枚、重度 NPDR11 枚、および PDR8 枚)の眼底画像から作成した。

結果

70人70眼の病期は、DR無し(Non apparent Diabetic Retinopathy, NDR; n = 51、76.1%)、軽度 NPDR (n = 16、23.9%)、中等度 NPDR (n = 1、1.5%)、重度 NPDR (n = 1、1.5%)、増殖型 DR (Proliferative DR, PDR; n = 1、1.5%)であった。セグメンテーションモデルの各ピクセルの精度と再現値は、それぞれ 0.504 および 0.558 であった。出血の平均(SD)個数は、NDRで1.18(1.68)個、軽度 NPDRで5.07(3.86)個、中等度 NPDRで36(0)個、重度 NPDRで58(0)個、PDRで67(0)個であった。出血範囲のピクセルの総平均(SD)数は、NDRで183.44(400.67)px、軽度 NPDRで145.05(1,687.15)px、中等度 NPDRで10,956(0)px、重度 NPDRで21,278(0)px、およびPDRで35,237(0)pxであった。

SVMモデルの性能は糖尿病網膜症未発症、軽度 NPDR、中等度 NPDR、および重度 NPDR の上限の曲線下面積(AUC)は、それぞれ 0.897、0.955、0.944、および 0.913 であった。

AIモデルで抽出した網膜出血の数と総面積(px)および SVMモデルを用いて対象70眼の糖尿病網膜症病期診断をした結果、軽度またはそれ以上の NPDR の検出は、感度が 0.812(95%信頼区間、0.729-0.895)、特異度が 0.888(95%信頼区間、0.821-0.955)、および AUC が 0.884(95%信頼区間、0.775-0.993)であり、中等度またはそれ以上の NPDR の検出は、感度、特異度、および AUC の値がすべて 1.0 であった。

結論

今研究の手法により、実際の糖尿病内科外来通院中の患者に対して行った無散瞳眼底写真による診断性能は、軽度またはそれ以上の NPDR の検出は AUC が 0.884 であり、中等度またはそれ以上の NPDR の検出は、すべての感度、特異度、および AUC の値が 1.0 であった。スクリーニングのガイドラインでは、通常、感度および特異度の値が 80%以上であることが推奨されている。その観点から中等度以降の DR を検出するための実際の臨床実践で使用できる精度であったと言える。