

Spot™ Vision Screener 測定時の頭位傾斜や機器の固定の状態が他覚的屈折値に及ぼす影響

稲垣 尚恵¹⁾・望月 浩志¹⁾

Effects of head tilt and instrument fixation on the power of objective refraction during refractive error measurement by Spot Vision Screener

Hisae INAGAKI¹⁾ and Hiroshi MOCHIZUKI¹⁾

Abstract

This study investigated the effect of head position tilt and instrument fixation on refraction results using the Spot Vision Screener (SVS). The subjects included 21 university students (age: 22.10 ± 3.32 years). The conditions required for SVS measurement were hand-held for measuring the SVS and tripod condition for fixing SVS. The three head position conditions were as follows: (1) the free condition, wherein the subjects' head was not positioned in a particular angle, (2) the head position at 0° , and (3) the head position was tilted 15° to the left. The head position was fixed using a modified chin rest. The findings of this study showed a strong correlation and significant difference in the spherical power between all measurement conditions; however, a slightly poor correlation and no significant difference were noted in the cylindrical powers. These findings indicate that SVS is useful as a screening instrument for refractive errors.

Keywords: Health examination for 3-year-old children, Hand-held auto-refractometer, Spot Vision Screener
Head tilt, Table-mounted auto-refractometer

1. 緒言

他覚的屈折検査は、視力検査を効率的に行うのみではなく、自覚的応答が困難な乳幼児や視力検査が不能の症例において非常に有意義な検査であり、現在の小児眼科臨床に不可欠のものとなっている。また、視力および両眼視機能の発達を阻害する因子の早期発見と早期治療を目的として、1990年から実施された3歳児視覚健診¹⁾⁻⁵⁾（以後視覚健診）においても、健診を受診したにも関わらず弱視の見逃しがあったこと⁶⁾などから市区町村が指定する会場で行う二次検査で問診、視力検査に加えて、他覚的屈折検査を併施することが望ましいとされている⁷⁾⁸⁾。

屈折検査の方法としては、検影法、据置型オートレフケラトメータ、手持ち型オートレフケラトメータなどがありそれぞれ一長一短がある⁹⁾。Spot™ Vision Screener（以下SVS）（Welch Allyn製）は、携帯型レフラクトメータで、網膜からの反射光を利用したフォトレフラクション法¹⁰⁾⁻¹²⁾を測定原理とし、非接触下、1mの距離から両眼同時に測定することができる。またSVSは、2013年にアメリカ小児眼科斜視弱視学

1) 愛知淑徳大学健康医療科学部医療貢献学科視覚科学専攻

会が設定した弱視起因要素 amblyopia risk factor (ARF)¹³⁾を検出するプログラムを搭載していることが大きな特徴¹⁴⁾であり良好なスクリーニング性能が報告¹⁵⁾¹⁶⁾されている。林ら¹⁷⁾は眼科受診をした患者を対象にSVSの弱視検出力を調べたところ感度93.3%、陰性反応的中度92.3%と高かったと報告している。これらのことからSVSで陰性であれば弱視を否定でき、三歳児健診などで弱視を除外するには良い方法であるとする一方で、特異度は54.5%と高くないことから偽陽性が多くなることを指摘している。その他に手持ち式レフRACTOMETRAであるレチノマックスK-プラス3[®]や検査法と比較して、SVSでは円柱度屈折値が強く測定されたとする報告がある¹⁸⁾⁻²³⁾。そこで本研究では、検査に協力的な大学生を対象として頭位を傾斜させたり、SVSを三脚に固定したりして測定することにより、手持ち型レフRACTOMETRAであるSVSにおいて手ぶれ等測定時の機器の固定の状態や頭位の傾きが測定結果に影響を与えるかを実験的に検討することとした。また、SVSの結果は球面屈折度数、等価球面值で他機種種のレフRACTOMETRAより自然瞳孔下での球面屈折度数や等価球面值の平均が遠視よりになり、調節介入度が低いという報告¹²⁾¹⁴⁾¹⁶⁾⁻²³⁾があることから、据置型レフRACTOMETRAとも比較することとした。

2. 対象および方法

2.1 被験者

屈折異常以外に眼疾患を有さない大学生21名(平均年齢22.10±3.32歳)42眼を対象とした(表1)。実験への参加は実験内容を説明し参加の同意を得られた者を被験者とした。本研究は、愛知淑徳大学健康医療科学部倫理委員会の承認を得て行った(2020-2)。

表1 被験者の屈折値

被験者	右眼			左眼			等価球面值	
	球面度数	円柱度数	軸	球面度数	円柱度数	軸	右	左
1	0.00	0.00	-	0.00	-0.25	60	0.00	-0.13
2	0.00	0.00	-	1.00	-0.50	177	0.00	0.75
3	0.00	0.00	-	0.50	-0.25	60	0.00	0.38
4	0.00	-0.50	72	0.00	0.00	-	-0.25	0.00
5	0.00	-1.00	105	0.25	-1.00	70	-0.50	-0.25
6	-0.50	0.00	-	-0.75	0.00	-	-0.50	-0.75
7	-0.75	-0.50	45	-0.50	-0.50	96	-1.00	-0.75
8	-1.50	0.00	-	-1.50	-1.25	165	-1.50	-2.13
9	-1.25	-1.00	11	-0.50	-0.75	177	-1.75	-0.88
10	-2.50	0.00	-	-2.25	0.00	-	-2.50	-2.25
11	-2.75	-0.25	180	-1.25	-0.75	175	-2.88	-1.63
12	-3.00	0.00	-	-2.50	-1.00	1	-3.00	-3.00
13	-2.75	-1.00	5	-1.75	-1.25	165	-3.25	-2.38
14	-3.75	0.00	-	-3.75	0.00	-	-3.75	-3.75
15	-4.50	0.00	-	-4.50	-0.25	167	-4.50	-4.63
16	-4.50	-1.00	180	-4.25	-1.00	150	-5.00	-4.75
17	-3.75	-2.75	180	-2.75	-2.00	175	-5.13	-3.75
18	-5.25	-0.25	147	-5.50	0.00	-	-5.38	-5.50
19	-6.50	-2.00	176	-6.50	-1.25	180	-7.50	-7.13
20	-7.50	-1.00	13	-6.25	-1.25	165	-8.00	-6.88
21	-7.50	-0.50	23	-6.75	-0.25	155	-7.75	-6.88

*据置型オートレフRACTOMETRAによって3回測定したものの平均値。

2.2 実験条件

本研究では、SVS 測定において(1)手持ちであることによる手ぶれの影響、(2)頭位の傾斜による影響、(3)顎と前額部を固定する据え置き型との差異を明らかにすることを目的とした。目的ごとに(1)SVS 測定条件として、手持ちで測定する手持ち条件と水平器のついた三脚に SVS を固定する三脚条件、(2)頭位条件として、臨床と同じ条件とも言える頭を被験者に自由にしてもらうフリー条件、顎台を使用し頭位を 0° に保って測定を行う 0° 条件、頭位を 15° (左に傾斜)に保って測定を行う 15° 条件、(3)据え置き型条件を設定した。SVS の測定は両眼の屈折値(球面屈折度数、円柱屈折度数、円柱軸、等価球面值)と瞳孔径、瞳孔間距離、眼位(視線のズレ)である。測定されたデータはSVS 内に保存されるため、本研究ではエクスポートして、検討を加えた。

また、据置型オートレフケラトメータ(KR-8900, TOPCON)を使用して測定した屈折値とSVS を三脚に据え置いた条件とも比較した。

2.3 手続き

SVS 測定は、約300luxの明室(実験で使用した顎台にのせて測定)にて自然瞳孔、裸眼、座位にて行った。使用するSVSは特定の一台に限り一人の検者が全て測定を行った。測定の際に患者に向けるSVSの正面カバーガラス(フロントパネル)部分の輝度は $6.3\sim 12.7\text{cd}/\text{m}^2$ であった。頭位 0° 条件と 15° 条件はデジタル角度計 BEVEL BOX BB-180(新潟精機製)と改良型顎台(竹井機器製)(図1)を用いて設定した。眼科臨床での測定を想定したフリー条件は顎台なしで測定を行なった。全ての条件で背もたれのない椅子を使用した。測定を行う10分前に着座し十分に部屋の明るさに順応してから測定を開始した。



図1 改良型顎台とデジタル角度計

SVSは連続測定が不能であるため、多くの日常臨床では1回のみ測定されるが、各条件3回測定することとした。各条件における測定で得られた球面屈折度数(D)、円柱屈折度数(D)、等価球面值(D)について比較し検討した。統計学的解析は、IBM SPSS Statistics 27を使用し、Spearmanの順位相関係数、Wilcoxonの符号付順位検定を用いて行なった。有意水準は5%とした。

3. 結果

手持ちであることによる手ぶれの影響を検討するために、頭位を 0° に固定して、手持ちで測定した条件と三脚で固定して測定した条件での球面屈折度数、円柱屈折度数、等価球面值を比較した。それぞれの散布図を図2-a, b, cに示した。球面屈折度数、円柱屈折度数、等価球面值の全てにおいて正の相関を認めた(球面屈折度数: $r=0.98, p<0.05$, 円柱屈折度数: $r=0.58, p<0.05$ 等価球面值: $r=0.98, p<0.05$)。表2に頭位 0° 条件での球面屈折度数、円柱屈折度数、等価球面值の相関係数、中央値と四分位範囲、ならびにWilcoxon符号付順位検定の結果を手持ち条件と三脚条件別に示した。球面屈折度数と等価球面值では、三脚条件の方が手持ち条件より有意にマイナス側に測定された($p<0.05$)が円柱屈折度数では有意差が認められなかった。

頭位の傾斜が測定値に与える影響を検討するために、測定した球面屈折度数、円柱屈折度数、等価球面值を測定条件別に、頭位の傾きのない 0° 条件と頭位を傾けた 15° 条件、フリー条件で比較した。表3に手持ち条件、表4に三脚条件の結果を示した。全ての条件で相関は見られたが、有意差は見られなかった。

表5に据置型レフラクトメータで測定した屈折度と頭位0°でSVSを三脚に据え置いた条件で測定した屈折度を示した。球面屈折度数、等価球面值で据え置き型がSVSより有意にマイナス側に測定された($p < 0.05$)。しかし円柱屈折度数では有意差が認められなかった。

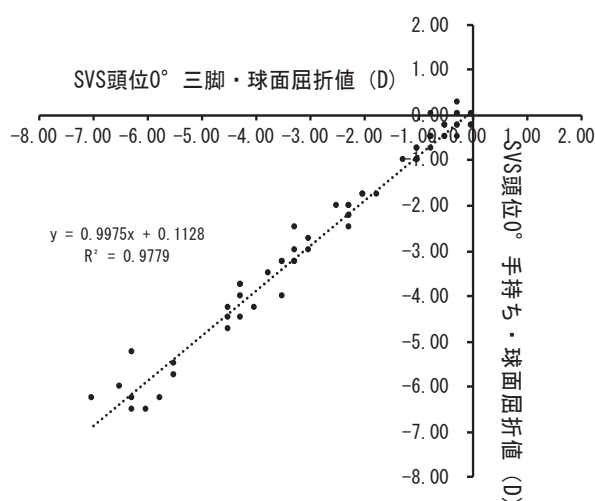


図2-a 頭位0°条件：手持ちと三脚の比較
(球面屈折度数)

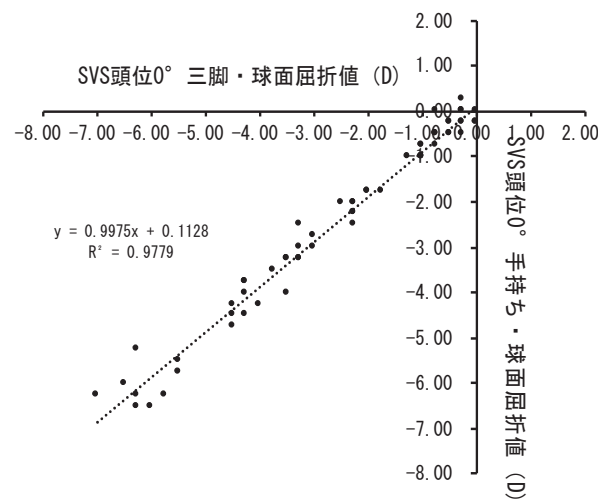


図2-b 頭位0°条件：手持ちと三脚の比較
(円柱屈折度数)

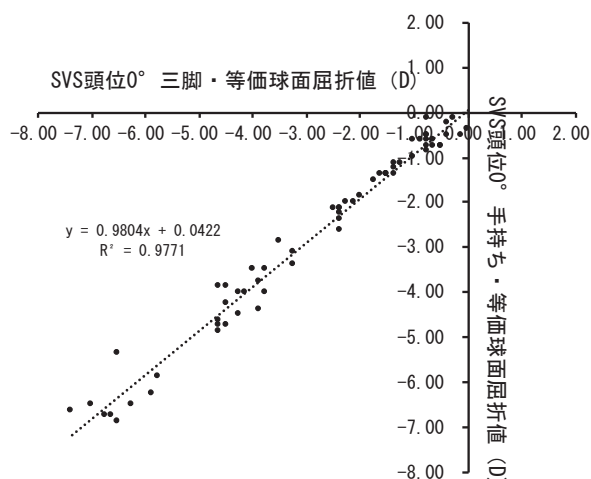


図2-c 頭位0°条件：手持ちと三脚の比較
(等価球面值)

表2 頭位0°条件での手持ち測定条件と三脚条件の結果

	測定条件	相関係数	中央値 (D)	四分位範囲 (D)	Wilcoxon 符号付順位検定
球面屈折度数	頭位0° 手持ち	0.98	-2.00	-4.00 ~ -0.50	$p < 0.05$
	頭位0° 三脚		-2.00	-4.25 ~ -0.75	
円柱屈折度数	頭位0° 手持ち	0.58	-0.50	-0.75 ~ -0.25	n. s
	頭位0° 三脚		-0.50	-1.00 ~ -0.25	
等価球面值	頭位0° 手持ち	0.98	-2.13	-4.28 ~ -0.88	$p < 0.05$
	頭位0° 三脚		-2.38	-4.50 ~ -0.97	

表3 手持ち条件における各頭位条件でのSVSの測定結果

	頭位条件	相関係数	中央値 (D)	四分位範囲 (D)	Wilcoxon 符号付順位検定
球面屈折度数	0°	0.98	-2.00	-4.00 ~ -0.50	n. s
	15°		-2.00	-3.75 ~ -0.75	
	0°	0.91	-2.00	-4.00 ~ -0.50	
	フリー		-2.00	-4.25 ~ -0.69	
円柱屈折度数	0°	0.50	-0.50	-0.75 ~ -0.25	n. s
	15°		-0.50	-0.75 ~ -0.25	
	0°	0.58	-0.50	-0.75 ~ -0.25	
	フリー		-0.50	-0.75 ~ -0.25	
等価球面值	0°	0.91	-2.13	-4.28 ~ -0.88	n. s
	15°		-2.13	-4.16 ~ -0.84	
	0°	0.90	-2.13	-4.28 ~ -0.88	
	フリー		-2.19	-4.41 ~ -0.84	

表4 三脚条件における各頭位条件でのSVSの測定結果

	頭位条件	相関係数	中央値 (D)	四分位範囲 (D)	Wilcoxon 符号付順位検定
球面屈折度数	0°	0.92	-2.00	-4.25 ~ -0.75	n. s
	15°		-2.00	-4.00 ~ -0.75	
	0°	0.91	-2.00	-4.25 ~ -0.75	
	フリー		-2.00	-3.75 ~ -0.69	
円柱屈折度数	0°	0.60	-0.50	-1.00 ~ -0.25	n. s
	15°		-0.50	-0.75 ~ -0.25	
	0°	0.52	-0.50	-1.00 ~ -0.25	
	フリー		-0.50	-0.75 ~ -0.25	
等価球面值	0°	0.91	-2.38	-4.50 ~ -0.97	n. s
	15°		-2.38	-4.25 ~ -0.88	
	0°	0.98	-2.38	-4.50 ~ -0.97	
	フリー		-2.38	-4.25 ~ -0.88	

表5 据置型レフラクトメータと頭位0° 条件三脚条件でのSVSの結果

	測定条件	相関係数	中央値 (D)	四分位範囲 (D)	Wilcoxon 符号付順位検定
球面屈折度数	据置	0.98	-2.38	-4.25 ~ -0.55	$p < 0.05$
	頭位0° 三脚		-2.00	-4.25 ~ -0.75	
円柱屈折度数	据置	0.33	-0.50	-1.00 ~ ±0.00	n. s
	頭位0° 三脚		-0.50	-0.75 ~ -0.25	
等価球面值	据置	0.98	-2.50	-4.88 ~ -0.50	$p < 0.05$
	頭位0° 三脚		-2.38	-4.50 ~ -0.97	

4. 考按

フォトレフラクション法は乳幼児の屈折検査法として、1974年にHowland²⁴⁾らにより開発された。魚里¹¹⁾によると光源の位置から2つに分類され、Howlandらによって開発されたものは、On-axis型(軸上光源)とされ、カメラ光軸上に配置された光源を用いて被験眼の網膜から反射する像のぼけの大きさと形状を求めるものである。それに対してKaakinen¹⁰⁾が示した方法はOff-axis型とされ、カメラの光軸を外して取り付けられた光源からの光を用い眼底からの反射光の瞳孔内での分布から屈折を測定し、角膜反射像の位置から眼位の状態を測定するものでSVSはOff-axis型である。

SVSについては、円柱屈折度数が他の機種で測定したものより大きく測定されるという報告があり^{16) 23)}、その理由として頭位の傾きや装置の傾きがあげられている。そこで本研究では、実際に実験的に頭位を傾けた条件等を作り実際に測定することにより、頭位の傾きや装置の測定時の機器の固定の状況がSVSでの屈折値測定に影響を与えるかを検討した。頭位の傾きによる測定値への影響について調べるために、手持ち条件、三脚条件において、頭位 0° に保った条件と 15° に傾斜させた条件、頭位 0° に保った条件と臨床で測定されている条件を想定したフリー条件について、球面屈折度数、円柱屈折度数、等価球面值を比較したところ統計的に有意な差は見られなかった。手持ちであることによる機器の固定の影響について調べるために、頭位を 0° に保った状態で、SVSを手持ちした条件と三脚に取り付けた条件を比較した。球面屈折度数と等価球面值では、手持ち条件と三脚条件の間に統計的に有意な差があり、三脚条件の方がより近視側に測定された。しかし、円柱屈折度数には有意な差はなかった。

Off-axisフォトレフラクション法の原理は検影法であり、被験者の眼の網膜共役点の位置から、眼底からの反射光の明るい部分(crescent)の位置で近視か遠視を決定し、乱視については複数個の光源を使用して複数角度から測定する必要がある^{11) 25)}。SVSは、中心1個と 0° 、 60° 、 120° の経線上に6個、計7個の赤外線LEDを組み込んでおり、3つの経線から円柱屈折度数と円柱軸を決定している^{12) 25)}。林ら¹⁷⁾は、偽陽性だった症例10例中6例は乱視の異常検出であったと報告し、この理由を検者が機器を傾けたり被験者が顔を傾けたりすることが理由だと考察しているが、SVSは測定時、両眼を液晶画面に映すため大きな頭位の傾きは容易に気がつく。測定時間は1秒と早く、頭位傾斜や測定時の機器の固定の状況により円柱屈折度数の軸には影響を与えることは考えられるが、円柱屈折度数が大きく増えるまで影響を与えるとは考えにくい。羅ら¹²⁾は、こども園、小学校、特別支援学校(肢体不自由)においてSVSを用いて眼科健診を行ったところ、SVS測定不能となるのは、障がいがあるこどもで注視不良が多く、原疾患と投薬(瞳孔径への影響等)などの問題があるとしている。筆者も特別支援学校(肢体不自由)でSVSを測定すると測定時間が長くなり、乱視を強く測定することがある。乱視が異常検出された場合「頭位の傾き」「機器の固定保持の悪さ」と片付けてしまうのではなく、何によって異常検出されたのかの原因を解明する必要がある。

また、多くのレフラクトメータは連続測定を行い、検査結果のばらつきを見たり、平均値を参考にしたりするがSVSは連続測定を行うことができない。1回の測定値でスクリーニングを行うため偽陽性が多くなる。Satou et al.²⁶⁾は、未就学児85例170眼(平均月齢 63 ± 7)にSVSを3回測定し、級内相関係数を求め再現性を評価した。等価球面屈折度数、円柱屈折度数の級内係数は順に0.77、0.80で再現性は中等度であったとしている。異常判定が出た場合は複数回測定し、確認することによって偽陽性を減らすことができると考える。

乳幼児は、調節力が強く調節の介入により、遠視であるにもかかわらず、屈折値が正視または近視と測定されることがあり、弱視が見逃される可能性がある。SVSは他のオートレフラクトメータよりも遠視側に測定され、調節の介入が少ない^{13) 16) -22)}という報告は多い。本研究の結果においても従来の据置型よりSVSを三脚に据え置いた条件の方が調節の介入が少なく遠視寄りに測定された。SVSは測定距離が1mであること、覗き込む必要がないことから自然瞳孔下では遠視寄りに測定できることは容易に予想できる。藤田ら²⁷⁾は、斜視・弱視外来を受診した患者を対象にSVSを暗室でオートレフトポグラファーTR-700(株トーメーコーポ

レーション) を使用し比較したところ、調節麻痺なしでも調節麻痺下でも両機器で測定された球面屈折度数と円柱屈折度数に有意な差はなかったと報告している。オートレフトボグラファーRT-7000 は、赤外線光を光源としており調節麻痺なしの状態でも他のレフラクトメータより遠視寄りに測定されたと考えられるが、そのレフラクトメータと有意差がなかったことから SVS の性能の高さが裏付けられる。一方、固視目標がランダムな視覚的パターンと可聴音であるため、調節は介入しにくい、固視点がはっきりしないため、注視不良をおこしてしまう可能性がある。今後は連続測定と固視目標、音の選択変更ができるようになることを期待したい。今回の実験では、円柱軸については検討しておらず、今後の課題としたい。

SVS は「簡単な操作性-最低限のトレーニングで測定でき、わかりやすい結果の表示で 97% の信頼性」とうたわれ、眼科以外の小児科医や産婦人科医にも広まっている。測定値の正確性、特に調節の介入については従来の屈折値のスクリーニング機器を凌ぐものとされ^{13) 16) 26)}、今後眼科の健診や診療にも一層導入されることが予想されるが検査者や評価者が屈折についての理解と機器の特性を理解して使用する必要がある。

引用文献

- 1) 日本眼科医会公衆衛生部 (1990) . 三歳児健康診査における眼科検診の手引き, 日本の眼科, 61 別冊, 1-12.
- 2) 日本視能訓練士協会健診業務委員会 (2009) . 三歳児健診マニュアル. J. A. C. O. NEWS, 112, 1-8.
- 3) 湖崎克 (1993) . 三歳児健康診査の目的. あたらしい眼科, 10 (3) , 351-354.
- 4) 川瀬芳克 (2010) . 3 歳児健康診査視覚検査における視力検査の基準, 方法と効果について, 日本視能訓練士協会誌, 39, 61-65.
- 5) 丸尾敏夫・神田孝子・久保田伸枝・湖崎克・須賀純之助・宮本吉郎 (1993) . 三歳児健康診査の視覚検査ガイドライン, 眼科臨床医報, 87, 303-307.
- 6) 渡邊央子・河津愛由美・大淵有里・森山早春・佐藤みゆき・佐藤真由美・野村代志子 (2007) . 三歳児健診での弱視の見逃しについて. 日本視能訓練士協会誌, 36, 125-131.
- 7) 内海隆 (2007) . 三歳児健診の屈折検査について, 眼科臨床医報, 101 (1) , 22-25.
- 8) 日本弱視斜視学会. 三歳児健康診査における視覚検査について <https://www.jasa-web.jp/general/3sai-guide>
- 9) 八子恵子 (2020) . 「三歳児健診を見直そう !!」 3 歳児眼科健診における屈折検査. 日本視能訓練士協会誌, 39, 67-70.
- 10) Kaakinen, K. (1979). A simple method for screening of children with strabismus, anisometropia or ametropia by simultaneous photography of corneal and the fundus reflexes. *Acta Ophthalmologica*, 57, 161-171.
- 11) 魚里博 (1989) . 小児の屈折検査. VISION, 1 (1), 62-72.
- 12) 羅 錦營・森 啓太・黒崎 祥平・小澤 香穂・千葉 美穂 (2017) . 小児眼科領域における Spot Vision Screener の使用経験. 眼科臨床紀要, 10 (6) , 476-481.
- 13) Donahue, S.P., Arthur, B., Nelly, D.E., Arnold, R.W., Silbert, D., Ruben, J.B. (2013). Guidelines for automated preschool vision screening: a 10 year, evidence-based update. *JAAPOS*, 17(1), 4-8.
- 14) 佐藤司・新井田孝裕 (2019) . 機器・薬剤紹介 Spot Vision Screener. 眼科, 61 (2) , 171-178.
- 15) Peterseim, M.M.W., Papa, C.E., Wilson, M.E., Davidson, J.D., Shtessel, M., Husain, M., Cheeseman, E.W., Wolf, B.J., Trivedi, R. (2014). The effectiveness of the Spot Vision Screener in detecting amblyopia risk factors. *J AAPOS*. 18(6), 539-542.
- 16) Arana Mendez, M.M., Arguello, L., Martinez, J., Vargas, M.S., Alvarado Rodriguez, AM., Papa, C.E., Peterseim, C.M., Otárola Víquez, M., Trivedi, R.H., Peterseim, M.M. (2015). Evaluation of the Spot Vision Screener in young children in Costa Rica. *JAAPOS*, 19(5), 441-444.
- 17) 林思音・枝松瞳・沼倉周彦・川崎良・三井哲夫・山下英俊 (2017) . 小児屈折スクリーニングにおける Spot Vision Screener の有用性. 眼科臨床紀要, 10 (5) , 399-404.

- 18) 石井雅子・生方北斗・白柏麻子 (2018) . 幼児の他覚的屈折検査 -Spot ビジョンスクリーナーとレチノマックス K-プラス 3[®]との比較. 新潟医学会雑誌, 132 (5), 193-201.
- 19) 西田朋夏・高木満里子・上野重文・野村代志子・藤井京子・山口素・三池祐美・山口房子・山口省之 (2017). Spot[™] Vision Screener を導入した小児科と眼科の連携. 日本視能訓練士協会誌, 46, 137-146.
- 20) 多々羅俊哉・石井雅子・生方北斗・水野展子・小笠原朱美・大石志保・西村真衣香・野口敦司・阿部春樹 (2018) . 3歳児健診で要精密検査となった児の Spot[™] Vision Screener と据え置き型オーとレフケラトメータとの屈折値の比較. 日本視能訓練士協会誌, 47, 141-146.
- 21) 鈴木美加・比金真菜・佐藤千尋・松野希望・齋藤章子・森隆史・橋本禎子・石龍鉄樹 (2017) . 3歳児健康診査での Spot[™] Vision Screener の使用経験. 日本視能訓練士協会誌, 46, 147-153.
- 22) 林泰子・松井佳奈子・三木淳司・田淵昭雄 (2018) . 他覚的屈折検査を併用した三歳児健康診査における視覚健診. 川崎医療福祉学誌, 28, 105-112.
- 23) 比金真菜・鈴木美加・渡辺愛美・西戸知佳・森隆史・齋藤章子・石龍鉄樹 (2019). レチノマックスと Spot[™] Vision Screener で測定した小学校1年生の屈折値. 日本視能訓練士協会誌, 48, 145-151.
- 24) Howland, H.C. (2009). Photorefraction of eyes: history and future prospects. *Optometry and Vision Science*, 86(6), 603-606.
- 25) Wesemann, W., Norcia, A.M., Allen, D. (1991). Theory of eccentric photorefraction(photo retinoscopy):astigmatic eyes. *Journal of the Optical Society of America*, 8(12), 2038-2047.
- 26) Satou, T., Nogami, T., Takahashi, Y., Ito, M., Niida, T. (2019). The repeatability of values Measured using the spot vision screener in healthy children and children with refractive errors. *Journal of binocular Vision and Ocular Motility*, 69(2), 82-86.
- 27) 藤田和也・掛上謙・三原美晴・林篤志 (2018) . 小児における Spot vision screener と RT-7000 の屈折検査結果の比較. 眼科臨床紀要, 11 (2), 112-116.

(2021年 1月 22日 受付)
(2021年 2月 15日 受理)